

Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi
“Azərbaycan Hava Yolları” QSC-nin Milli Aviasiya Akademiyası
Azərbaycan Respublikası Rəqəmsal İnkişaf və Nəqliyyat Nazirliyi
Azərbaycan Respublikasının Kosmik Agentliyi (Azərkosmos)
Azərbaycan Mühəndislik Akademiyası

“Fevral məruzələri 2025: Aviakosmik məsələlərin həllində gənclərin yaradıcı potensialı”
X Beynəlxalq elmi-praktiki gənclər konfransının

MATERİALLARI

Bakı, Milli Aviasiya Akademiyası, 4-6 fevral 2025-ci il

Ministry of Science and Education Republic of Azerbaijan
National Aviation Academy "Azerbaijan Airlines" CJSC
Ministry of Digital Development and Transport of the Republic of Azerbaijan
Azerbaijan Space Agency (Azercosmos)
Azerbaijan Engineering Academy

PROCEEDINGS OF

X International Scientific and Practical Youth Conference “February Readings 2025 Creative
Potential of the Youth in Solving of Aerospace Problems”

Baku, National Aviation Academy, 4-6 February 2025

ISBN: 978-9952-582-03-1

DOI: 10.71108/februaryreadings.2025

Redaktor: ***F.M. Mirzəyev***

“Fevral məruzələri 2025: Aviakosmik məsələlərin həllində gənclərin yaradıcı potensialı” X Beynəlxalq elmi-praktiki gənclər konfransının materialları. Bakı, Azərbaycan, 4-6 fevral 2024-ci il.

“Azərbaycan Hava Yolları” QSC, Hava Limanlarının İstismarı Baş İdarəsinin Poliqrafiya Mərkəzi.

Konfransın sədri:

Akademik R.Z. Saqdeyev

Konfransın həmsədri:

Akademik A.M. Paşayev

Təşkilat komitəsinin sədri:

Professor Ə.S. Səmədov

Konfransın məsul katibləri:

Dosent F.H. Dadaşov (fdadashov@naa.edu.az)

Dosent F.M. Mirzəyev (fmirzayev@naa.edu.az)

ISBN: 978-9952-582-03-1

DOI: 10.71108/februaryreadings.2025

Editor: ***F.M. Mirzəyev***

Proceedings of IX International Scientific and Practical Youth Conference “February Readings 2025 Creative Potential of the Youth in Solving of Aerospace Problems”. Baku, Azerbaijan, 4-6 February 2025.

“Azerbaijan Airlines” CJSC, Polygraphy Center of the General Directorate of Operation of Airports.

Chair of the conference:

Academician R.Z. Sagdeev

Co-chair of the conference:

Academician A.M. Pashayev

Chair of the organizing committee:

Professor A.S. Samadov

Responsible secretaries:

Assoc. Prof. F.H. Dadashov (fdadashov@naa.edu.az)

Assoc. Prof. F.M. Mirzəyev (fmirzayev@naa.edu.az)

BÖLMƏ 1. PERSPEKTIV AVIASIYA VƏ KOSMİK TEXNOLOGİYALAR



ЭКСПЛУАТАЦИЯ И БЕЗОПАСНЫЙ РЕСУРС ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Назаров А.А., Джанахмедов А.Х.

amrali-nazarov@mail.ru

Национальная Академия Авиации, Азербайджан

Аннотация. В работе проводится анализ и оценка ресурса элементов конструкций воздушных судов. Показано, что как дефект материала оказывает влияние на величину коэффициента концентрации напряжения и предела усталости деталей.

Ключевые слова: авиационная техника, ресурс, предотказное состояние, дефект материала, усталостная трещина, концентрация напряжений.

Введение. Эксплуатация воздушных судов (ВС) по принципу их безопасного повреждения связана с оценкой их технического состояния по различным критериям и подразумевает определение предельного состояния по выработке ресурса до предотказного состояния и до безопасного отказа. Оценка уровня накопления повреждений в материале до момента возникновения усталостной трещины в настоящее время не может быть получена с требуемой для практики достоверностью. Имеет место рассеяние экспериментальных данных для конструкционных материалов по определяемому моменту возникновения трещины, в том числе в результате экспериментальной процедуры проведения испытаний, включая и технологию изготовления образцов. Это связано с поведением самого материала, имеющего неоднородное состояние в наиболее напряжённых зонах конструкции разных воздушных судов [1,2,3]. Наличие в материале несплошностей разной глубины и формы создает предпосылку для оценки поведения материала с усталостной трещиной. Её размер, как и размер интернируемой в материал несплошности, может составлять в глубину 5-10 мкм и при этом длительность эксплуатации элемента конструкции должна быть оценена уже исходя из того факта, что такой малый по размерам дефект материала имеет место. Малые по размеру трещины не оказывают влияния на величину предела усталости до достижения ими определённой величины, как это следует из диаграммы Китагава-Такахаша (рис. 1) [4].



Рис.1. Диаграмма Китагава – Такахаша, указывающая, схематически области: 1-независимости; 2-слабой и 3-сильной зависимости «предела усталости» (ступенчатый брус, подвергающийся σ_{w2} от глубины трещины – a)

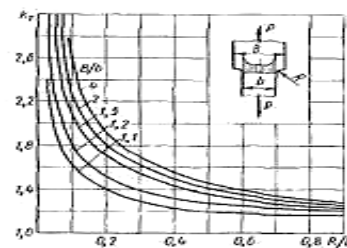


Рис.2. Теоретический коэффициент концентрации напряжений (ступенчатый брус, подвергающийся растяжению)

Рассматриваемая зависимость отличается от выявленной ранее зависимости предела усталости материала от коэффициента концентрации напряжений K_T (рис. 2). На основе развитых к настоящему времени подходов, используемых в описании закономерностей роста трещин от начальных дефектов в элементах конструкции, представляется возможным рассчитать период роста трещины и на его основе определять долговечность [5]. Испытания из алюминиевых сплавов по специально разработанным программам, моделирующим условия нагружения крыла самолёта, показывают высокое соответствие прогноза с результатами эксперимента. Эти результаты подтверждают справедливость предположения о развитии усталостных трещин в течение всего периода нагружения конструкции даже от незначительных по величине дефектов. Начало распространения трещины является критической ситуацией для материала и тем более для элемента конструкции. Она отвечает точке неустойчивости, после которой снижается рассеивание в оценках усталостной прочности по критерию зарождение усталостной трещины. Однако степень неопределённости в оценках ресурса ВС остаётся, в том числе и потому, что после достижения критической длины трещины происходит быстрое, неуправляемое развитие процесса разрушения. Опыт эксплуатации ВС гражданской авиации показал, что в пределах существующих ресурсов в отдельных элементах конструкции возникают и развиваются усталостные трещины на значительную длину и глубину [6,7]. Это может происходить по разным причинам. Появление усталостных трещин может приводить к различным последствиям, в том числе и катастрофам ВС, например из-за разрушений несущих элементов конструкции крыла. Трещины возникают на разных этапах эксплуатации ВС и ГТД и по своей природе принципиально разделяются на три класса [8,9].

К первому классу относятся трещины, которые зарождаются от производственных дефектов различного типа. Избежать появления производственных дефектов очень сложно даже при самом высоком уровне технологии. Очевидно, что в процессе производства авиатехники возникают и другие часто встречающиеся дефекты материала.

Второй класс повреждений материала деталей возникает в процессе эксплуатации. Наиболее типичным эксплуатационным дефектом материала является коррозия. От неё успешно защищаются с помощью нанесения всевозможных антикоррозионных покрытий. Однако при эксплуатации могут возникать механические повреждения деталей или не соблюдаться в полной мере в условиях хранения элементов конструкции, когда нет достаточных условий для защиты материала от коррозии и прочее. Поэтому на разных стадиях эксплуатации в элементах конструкции могут появляться коррозионные повреждения. Например, случай имел место с самолётом «Boeing-737-200» на высоте 800 м и был связан с разрушением по вертикали на длине 5,4 м обшивки и далее конструкции крыльев [10]. Инцидент произошёл после налета самолётом 354967 ч или 89680 часов. Обшивка фюзеляжа была повреждена коррозией, от которой ожидалось развитие трещины суммарно для всех отверстий под заклёпки не более чем на 50 см. Однако на самом деле произошло проскальзывание трещины от первоначальных очагов коррозии на длину 5,4 м. Естественного торможения или остановки трещины не произошло. Система обеспечения безопасности при наличии повреждений была на месте, но она оказалась неработоспособной.

Третий класс эксплуатационных повреждений, вызывающих преждевременное разрушение детали, связан с неполным учётом условий эксплуатации воздушных судов. Это соответствует указанному случаю, когда при испытаниях ВС не были учтены реальные условия его эксплуатации. Рассматриваемая ситуация относится к недостаточной усталостной прочности деталей в пределах существующего ресурса. Так, например, в аэропорту города Екатеринбург при посадке самолёта «Boeing-757» произошло разрушение правой стойки шасси. После того, как пассажиры покинули самолёт, его начали буксировать на стоянку. Во время буксировки произошло разрушение второй – левой стойки шасси. Причина развития разрушения в общих стойках была в проворачивании бронзовой втулки в отверстии под ось. В результате этого на

поверхности отверстия возникали прижоговые межзёрные трещины. Далее происходило медленное подрастание трещины, также межзёрной, при активном коррозионном воздействии окружающей среды с переходом к быстрому разрушению деталей после достижения критической длины трещины. Ещё один пример, связанный с разрушением вилки крепления двигателя через клапан самолёта «Boeing-747-200», которое произошло в полёте, что привело к отделению двигателя №3, который ударил по двигателю №4 и вызвал также и его отделение от крыла ВС. Выполненный анализ показал, что болт крепления вилки был рассчитан на прочность классическим методом без учёта реального действия сдвиговых нагрузок. Выполненные расчёты методом конечных элементов выявили это несоответствие реализуемого и предполагавшегося нагружения, что сделало необходимым доработку узла крепления двигателя к крылу самолёта с целью его усиления. Есть ещё один источник возникновения повреждения элементов конструкции, который связан с проведением некачественного сервиса. Он выражается в повреждении деталей путём случайного нанесения рисок, вмятин, создания прижогов и др. Так, например, в полёте самолёта «Boeing-747» японской компании «Jal» произошла разгерметизация хвостового отсека. Она явилась следствием разрушения ёмкости, находящейся под небольшим давлением, которая прилегалла к стенке, имевший заклепки с полусферической головкой [11]. В процессе последнего ремонта заклёпки были установлены таким образом, что по контуру отверстий возникла высокая концентрация напряжений и от отверстий стали распространяться усталостные трещины. Таким образом, возникновение в элементе конструкции повреждения, дефекта или усталостной трещины рассматривается как возможное.

Для анализа взяты сведения о повреждениях, выявленных в ходе дефектации конструкции планера самолета при проведении регламентных работ по сервисному обслуживанию ВС и работ по продлению назначенных и межремонтных ресурсов и сроков службы.

В качестве классификационных групп выбраны агрегаты конструкции планера: фюзеляж, крыло, хвостовое оперение, мотогондолы, шасси. Классифицируемыми признаками являлись повреждения, вызванные износом, коррозией, механическим воздействием и усталостью. При систематизации не учитывались повреждения, не влияющие на несущую способность элементов конструкции планера ВС [12].

Результаты систематизации представлены в виде диаграмм и таблиц.

Из диаграммы (рис. 3) видно, что на коррозионные повреждения приходится 86% всей совокупности обнаруженных повреждений в конструкции планера, на усталостные повреждения приходится 6%, на износ – 6%, на механические повреждения – 2%.

Распределение повреждений по агрегатам конструкции планера самолета показано на (рис. 4.) Наибольшее количество повреждений приходится на фюзеляж самолета - 88%, остальное на крыло - 8%, хвостовое оперение и мотогондолы – 2% и 2% соответственно.

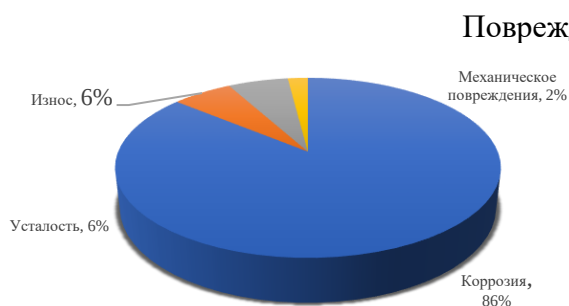


Рис. 3. Эксплуатационные повреждения планера самолета Ту-154

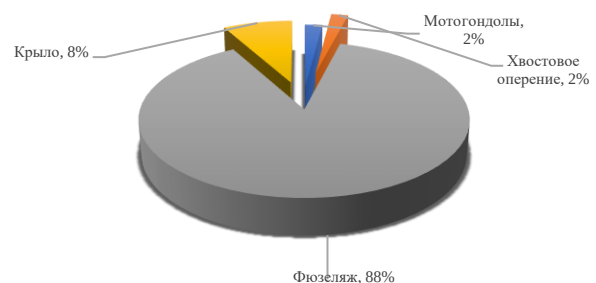


Рис. 4. Распределение повреждений по агрегатам самолёта Ту-154

Рассмотрим результаты классификации видов повреждений на агрегатах планера.

Фюзеляж. Из диаграммы (рис. 5) видно, что преобладающим эксплуатационным повреждением фюзеляжа является коррозия. На усталостные повреждения приходится 2%, на повреждения от износа - 2%. Механических повреждений на фюзеляже не выявлено.

Крыло. Основными видами повреждений крыла являются усталостные трещины, износ кинематических пар агрегатов механизации крыла и коррозия (рис. 6).

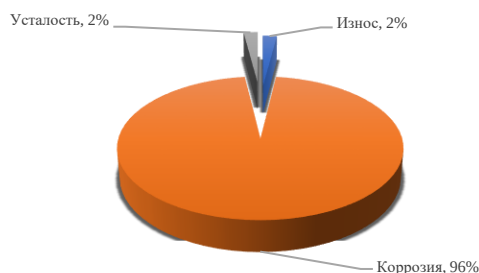


Рис. 5. Эксплуатационные повреждения фюзеляжа самолета Ту-154

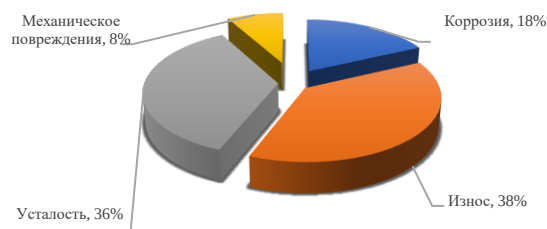


Рис. 6. Эксплуатационные повреждения крыла самолета типа Ту-154

Хвостовое оперение. Основными видами повреждений хвостового оперения, как и крыла являются усталостные трещины, износ кинематических пар агрегатов механизации и механические повреждения (рис. 7).

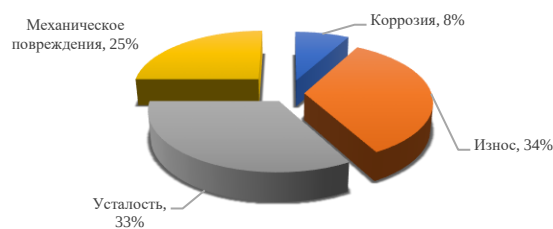


Рис. 7. Эксплуатационные повреждения хвостового оперения самолета типа Ту-154

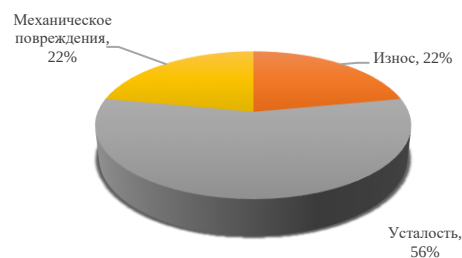


Рис. 8. Эксплуатационные повреждения мотогондол самолета Ту-154

Мотогондолы. Среди повреждений мотогондол отсутствуют коррозионные повреждения (рис. 8) [13].

Закключение. На основе анализа рассмотренных материалов по отказам воздушных судов (ВС) показал, что существующие мероприятия, связанные с эксплуатацией длительно эксплуатируемых самолетов, основаны на использовании статистического материала по наблюдаемым в эксплуатации коррозионным и другим повреждениям. Как показывает анализ материалов в настоящее время не существует единого подхода к нормированию коррозионных повреждений, основанного на изменении прочностных характеристик материалов.

Литература

- [1] Bishop N.W.M. and Sherrat F. // Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures, 1990, V. 13 (4), pp. 311-326.
- [2] Коллинз Дж. Повреждение материалов в конструкциях. М: Мир, 1984.
- [3] Когаев В.П. Расчёты на прочность при напряжениях, переменных во времени. М.: Машиностроение. 1977.

- [4] Kitagawa H., and Takahashi S. // In Proc. Second International Conference on Mechanical Behavior of Materials, Boston, USA, 1976, pp. 627-631
- [5] Макаревский А.И., Корчемкин Н.М, и др. Прочность самолёта. М.: Машиностроение, 1975.
- [6] Броек Д. Основы механики разрушения. М.: Высшая школа. 1980,
- [7] Gato M. // Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures, 1992, V.15 (10), pp. 953-963.
- [8] Goranson U.G. Continuing Airworthiness Assessments of Jet Transport Structures (Boeing CAG) // Paper was presented to Second ICA, August 31-September 5, 1997. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia.
- [9] NTSB Aircraft Accident Report PB89-910404, NTSB/AAR, 89/03, US, Government, 1989.
- [10] Лапаев А.В., Семин А.В. и др Анализ коррозионного состояния самолетов Ту-154М ОАО авиакомпании “Аэрофлот-РАЛ” по данным технического обслуживания в объеме формы “2” // Научный Вестник МГТУ ГА, серия Аэромеханика и прочность. - 2007. - № 119. - С. 24-29.
- [12] Бутушин С.В., Семин А.В., Шапкин В.С., Шупляков В.В. Экспериментальная оценка влияния длительности эксплуатации самолетов Ту-154Б, М на усталостную долговечность типового клепанного соединения “обшивки-стрингер” фюзеляжа // Научный Вестник МГТУ ГА, серия Аэромеханика, прочность, поддержание летной годности. - 2004. - № 73(2). - С. 10-16.
- [13] Метелкин Е.С., Ковалевский С.А. Анализ и обобщение документирования технического состояния самолетов Ил-76Т, ТД // Научный Вестник МГТУ ГА. - 2002. - № 53. - С.35-42.
- [14] Регламент технического обслуживания самолета Ил-86. Регламент. - М.: Редиздат МГА, 1980.

MAINTENANCE AND SAFE SERVICE LIFE OF AIRCRAFT STRUCTURAL ELEMENTS

Nazarov A.A., Dzhanakhmedov A.Kh.

Abstract. The paper analyzes and estimates resource of aircraft structural elements. It is shown that as a defect material influences on the value of stress concentration factor and fatigue limit of parts.

Keywords: aviation equipment, resource, pre-failure state, material defect, fatigue crack, stress concentration.



KOSMİK APARATLARIN SƏMTLƏŞDİRMƏ SİSTEMLƏRİNDƏ MAQNİTOREZİSTİV EFFEKTƏ ƏSASLANAN HMC5883L MAQNİTOMETRİNİN TƏTBİQİ

Əsgərov İ.M., Ramazanov K.Ş.

ilhamaskerov64@gmail.com

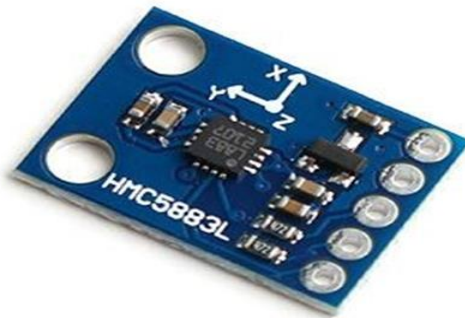
Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Maqnit sahə sensorları maqnit materiallardan istifadə edərək tətbiq olunduğu sistemdə maqnit sahəsi yaradır. Cihazın tətbiqində kosmik aparatın mövcud maqnit sahəsi Yer in maqnit sahəsi ilə qarşılıqlı təsir edərək kosmik aparatın mövqeyini və orbitdəki trayektoriyasından sapmalarını tənzimləyir. Təyin olunan mövqe və ölçülən bucaq istiqamətləri idarəetmə sisteminə göndərilir.

Bu məqalədə kosmik aparatın səmtləşdirilmə sistemində tətbiq olunan HMC5883L maqnitorezistiv vericisindən bəhs olunmuşdur. Maqnitorezistiv vericilərin və oxşar tipli maqnit sahə sensorlarının mövcud tipləri, üstün və çatışmayan cəhətləri, həmçinin tətbiq sahələri araşdırılıb, təhlil olunmuşdur. Maqnitorezistiv effektdə əsaslanan bu istiqamət təyin etmə sensorunun analizi, tətbiq prosesi, həmçinin verici əsasında Arduino mikrokontrollerinin və Servo mühərrikin tətbiqi ilə istiqamətin təyin edilməsi, bucaq xətalrı və kalibrənməsi verilmişdir.

Açar sözlər: maqnitorezistiv sensor, maqnit interferensiyaları, ferromaqnit elementlər, meyl bucağı, peyk oriyentasiyası.

Giriş. Kosmik fəzada maqnit sahəsinin istiqamətini ölçmək üçün maqnitometr istifadə olunur. Əksər naviqasiya sistemləri istiqaməti təyin etmək üçün elektron kompaslardan istifadə edir. Onun bir neçə növü var, məsələn, maqnitorezistor, maqnit-induktiv və başqaları.



Şəkil 1. HMC5883L Maqnitometri

Kosmik fəzada cərəyan keçirən element yerləşdirildikdə, o, yer in maqnit sahəsinin bu keçiricidən elektronların axınına təsir edən təsirini yaşayır. Elektronların axınındakı bu dəyişikliklər maqnit sahəsinin istiqamətini və ya istiqamətini müəyyən etmək üçün istifadə olunur. Bu maqnitometrin əsas iş prinsipidir.

3-Oxlu Rəqəmsal Kompas IC HMC5883L

- HMC5883L Nikel-Dəmir (Ni-Fe maqni) materialından hazırlanmış maqnit müqavimətli sensordan istifadə edir.

- Onun elektrik müqaviməti tətbiq olunan maqnit sahəsinin dəyişməsi ilə dəyişir.

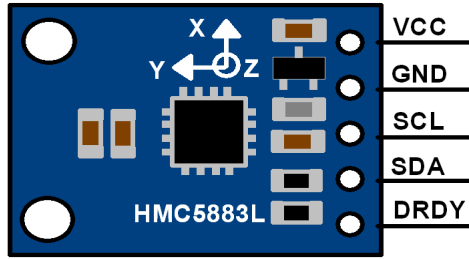
- Kosmik aparatın hərəkəti zamanı Nikel-Dəmir materialından hazırlanan maqnit sensorunun müqaviməti Yer in maqnit sahəsinə uyğun olaraq dəyişir və nəticədə gərginlik dəyişiklikləri əldə edirik.

Beləliklə, HMC5883L-in bəzi xüsusiyyətlərini nəzərdən keçirək:

- Aşağı dəyərə malik kompas və maqnitometr kimi istifadə edilə bilər.

- O, 12-bitlik ARC-yə malikdir və kompas istiqamətinin dəqiqliyi 1°-dən 2°-ə qədərdir.

- Oxa həssaslıq və xətti dəqiqliyi təmin edən Honeywell-in Anizotropik Maqnit Rezistiv (AMR) texnologiyasına malikdir.
- Mikrokontrollerlərlə əlaqə üçün I2C rabitə protokolundan istifadə edir.



Şəkil 2. HMC5883l maqnitometri

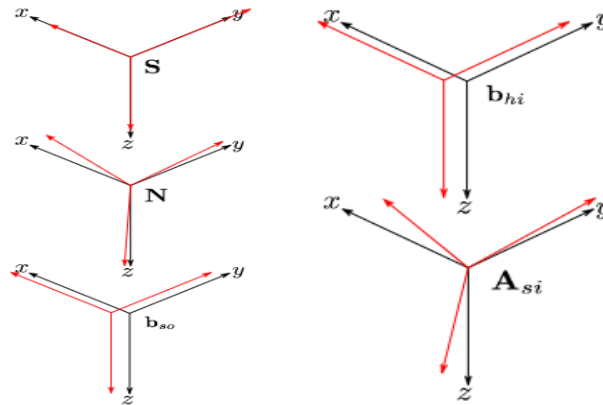
HMC5883L modulunda yuxarıdakı şəkildə göstərildiyi kimi beş çıxış (pin) mövcuddur.

HMC5883L Maqnitometrin xüsusiyyətləri:

1. Təchizat gərginliyi: 2,16 - 3,6 V DC
2. Rabitə: I2C
3. Sahə diapazonu: $\pm 8,1$ Gauss
4. Məlumat Çıxış Tezliyi: 0,75, 1,5, 3, 7,5, 15 Hz

Cihazla ölçmə:

Maqnit interferensiyasına ətrafdakı ferromaqnit elementlər səbəb olur. Bunlar daimi (bərk dəmir) və induksiya edilmiş maqnetik (yumşaq dəmir) kimi iki yerə ayrılır. Burada biz qeyri sabit maqnit interferensiyalarını nəzərə almırıq.



Şəkil 3(a) və 3(b). Cihaz xətlərinin və maqnit interferensiyalarının sxematik təsviri

$$\begin{array}{c}
 \text{Kalibrənən Maqnitometrin verilənləri} \\
 \text{Kalibrənməyən maqnitometrin verilənləri} \\
 \left[\begin{array}{c} X_c \\ Y_c \\ Z_c \end{array} \right] = \left[\begin{array}{ccc} M_{11} & M_{12} & M_{13} \\ M_{21} & M_{22} & M_{23} \\ M_{31} & M_{32} & M_{33} \end{array} \right] \times \left(\left[\begin{array}{c} X_{nc} \\ Y_{nc} \\ Z_{nc} \end{array} \right] - \left[\begin{array}{c} B_x \\ B_y \\ B_z \end{array} \right] \right) \\
 \text{Transformasiya matrisi} \quad \text{Meyl}
 \end{array}$$

Şəkil 4. Cihaz xətlərinin kalibrasiyası

Maqnit interferensiyasına ətrafdakı ferromaqnit elementlər səbəb olur. Maqnit interferensiyası xarici maqnit sahəsinin ferromaqnit materiallarla qarşılıqlı əlaqəsindən yaranır və aşağıdakı şəkildə modelləşdirilir:

$$A_{si} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{12} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} \quad (1)$$

Cihaz xətaları – sabit olub, hər bir cihaz üçün dəyişməz qalır və üç komponent vasitəsilə modelləşdirilə bilər. Birinci miqyas amilidir (scale factor) ki, diaqonal matrislə modelləşdirilir:

$$S = \begin{pmatrix} sx & 0 & 0 \\ 0 & sy & -\sin Rt \\ 0 & 0 & sz \end{pmatrix} \quad (2)$$

İkinci, sensor oxunun qeyri ortoqonallığıdır ki, o da modelləşdirilir:

$$N = (nx, ny, nz) \quad (3)$$

Nəhayət sensor meyl bucağı aşağıdakı şəkildə modelləşdirilir:

$$b_{so} = [b_{so_x} \ b_{so_y} \ b_{so_z}]^T \quad (4)$$

Yuxarıda verilmiş kalibrlənməyən maqnitometrin verilənlərini daxil etdikdən sonra maqnitometrin kalibrlənmə modelini alırıq. Kalibrlənmə modelini aşağıdakı şəkildə yazı bilərik:

Kalibrasiya və hesabat nəticəsi:

The screenshot shows the 'Magnetometer Device' software interface. At the top, there's a 'Serial Port' dropdown set to 'COM6' with 'Open' and 'Close' buttons. Below this, three large digital displays show the current readings: X = 12, Y = -278, and Z = -613. The interface is divided into six sections for axis calibration, each with 'Point 0°' and 'Point 180°' buttons and input fields for X, Y, and Z values. At the bottom, there's a section titled 'Transformasiya matrisinin və meylin hesabı' (Calculation of the transformation matrix and tilt) which contains a 'Transformation Matrix' table and a 'Bias' section.

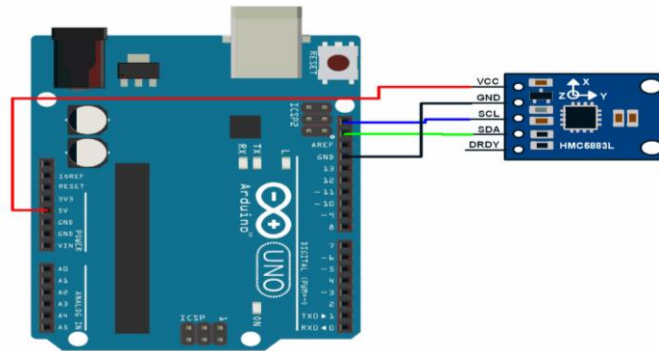
Transformation Matrix		
M11=	0.97	M12= 0.007
M21=	-0.018	M22= 0.974
M31=	0.01	M32= 0.018
M13=	0.001	M23= -0.088
M33=	1.12	

Bias	
Bx=	-29.315
By=	-113.405
Bz=	-68.358

HMC5883L ilə əlaqə:

HMC5883L üçün alternativ variantlar:

- LSM303D - Qarışıq akselerometr və I2C interfeysli maqnitometr
- BMM150 - I2C/SPI interfeysli çoxoxlu aşağı güclü geomaqnit sensor
- AK8963 - I2C/SPI interfeysli 3 oxlu maqnit sensoru
- STMicroelectronics LIS3MDL - I2C interfeysi ilə aşağı güc, yüksək performanslı 3 oxlu maqnitometr
- AS5047D - SPI interfeysi ilə təmassız yüksək ayırdetməli maqnit mövqe sensoru.



Şəkil 5. Arduino ilə əlaqə quran HMC5883L Maqnitometr

Bu sensorların kiçik ölçülü peyklərdə tətbiqlərinə nəzər salsaq, müşahidə, elmi tədqiqat peyklərində naviqasiya və vəziyyətə nəzarət sistemlərində necə istifadə olunduğunu görmüş olarıq.

- *JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency) - Himawari-8 layihəsi:* Bu meteoroloji peyk yüklü hissəciklərin Yerin maqnit sahəsi ilə qarşılıqlı təsirləri də daxil olmaqla, atmosfer hadisələrini müşahidə etmək üçün maqnit müqavimətli sensorlar tətbiq olunmuşdur və peykdən alınan məlumatlar nəticəsində hava proqnoz modelləri daha da təkmilləşdirildi.

- *NASA (National Aeronautics and Space Administration) - MMS 4 layihəsi:* NASA-nın 2015-ci ildə başladığı 4 eyni peykdən ibarət olan bu layihənin əsas məqsədi maqnetosferin dinamikasını, günəş küləklərinin yerin maqnit sahəsi ilə qarşılıqlı təsirini və geomaqnit qasırğalarını öyrənmək idi. Layihədəki 4 peykə maqnitorezistiv sensorlar tətbiq olunmuşdur. Bu sensorlar vasitəsilə maqnit sahəsinin parametrlərini dəqiqliklə ölçmək, geomaqnit qasırğaları zamanı meydana gələn dəyişiklikləri izləmək mümkün oldu. Həmçinin 4 əkiz peykə quraşdırılan sensorlardan məlumatların sinxron şəkildə toplanması ilə müxtəlif bölgələrdə maqnit sahəsinin parametrlərinin dəyişkənliklərini müqayisə və analiz etmək daha da asanlaşdı.

- *ESA (European Space Agency)- GOCE (Gravity Field and Ocean Circulation Explorer) layihəsi:* Avropa Kosmik Agentliyinin qravitasiya sahəsinin dəqiq ölçülmələri üçün orbitə çıxardığı bu peykə qravitasiyalı səmtləşdiricilərlə yanaşı maqnit müqavimətli sensorlarda quraşdırılmışdır. Bu layihə Yerin qravitasiya sahəsinin dəqiq ölçülməsini təmin edərək, okean sirkulyasiyası və dəniz səviyyəsinin qalxması ilə bağlı yeni anlayışlar yaratdı.

Nəticə. Məqalədə kosmik aparatların səmtləşdirilməsində istifadə olunan əsasən maqnitorezistiv vericilərin və səmtləşdirmə cihazlarının üstünlükləri və mənfi cəhətlərini araşdırdıq və belə nəticəyə gəldik ki:

Maqnitorezistiv sensorlar aşağıdakı üstünlüklərə malikdir:

- Həssaslıq. Maqnitorezistiv sensorlar yüksək həssaslığa malikdir və maqnit sahələrindəki kiçik dəyişiklikləri yüksək dəqiqliklə aşkar edə bilər.
- Aşağı enerji istehlakı. Bu sensorlar işləmək üçün minimum güc tələb edir, bu da onları passiv səmtləşdirmə sistemi üçün üçün ideal edir.
- Geniş Ölçmə Aralığı: Onlar həm kiçik, həm də böyük sahələri ölçə bilən geniş və xətti ölçmə diapazonuna malikdirlər.
- Kompakt ölçü. Bu sensorlar kiçik ölçülüdür və müxtəlif cihazlara integrasiya oluna bilər, bu da onları bir çox tətbiqlərdə faydalı edir.
- Xarici qüvvə toxunulmazlığı: onlar elektromaqnit qüvvəsinə qarşı dayanıqlıdır və iş şəraiti onların dəqiqliyinə təsir göstərmir.
- Maqnitorezistiv sensorların mənfi cəhətləri:
 - Ətraf mühitə həssaslıq. Maqnitorezistiv sensorlar rütubət və vibrasiya kimi ətraf mühit amillərindən təsirlənə bilər ki, bu da ölçmə xətalara səbəb ola bilər.

- Yuxarı həddlər. Maqnitorezistiv sensorlar ölçə bildikləri maqnit sahəsinin diapazonunda müəyyən sərhədə malik ola bilər ki, bu da bəzi hallarda onların tətbiqini məhdudlaşdırır.

- Qiymət: MR sensorları bəzi digər sensor növləri ilə müqayisədə baha ola bilər.

Buna görə də, maqnitorezistiv sensorların məhdudiyyətlərini və onların xüsusi tətbiqlər üçün uyğunluğuna necə təsir edə biləcəyini nəzərə almaq vacibdir. Bununla belə, düzgün istifadə edildikdə, onlar hələ də bir çox fayda təmin edir və bir çox tətbiqlər üçün faydalı sayıla bilən xüsusiyyətlərə malikdir.

Ümumiyyətlə, maqnit müqavimətli sensorlar yüksək həssas, dəqiq, etibarlı və kosmik aparat, avtomobil, və hərbi tətbiqlər də daxil olmaqla müxtəlif tətbiqlər üçün uyğundur.

Ədəbiyyat

- [1] M.R. Johnson et al.: “The Challenges in Applying Magnetoresistive Sensors on the Curiosity Rover” 12th MR Symposium 2013, Wetzlar.
- [2] R. Hahn, B. Olberts: “Feasibility Study Magneto-resistive Sensors for Space Applications – Final Report” MRS-HTS-RP-001, ESA Contract No. 4000109333.
- [3] <https://www.electronicwings.com/arduino/magnetometer-hmc5883l-interfacing-with-arduino-uno>
- [4] <https://mms.gsfc.nasa.gov>

APPLICATION OF THE HMC5883L MAGNETOMETER BASED ON THE MAGNETORESISTIVE EFFECT IN SPACECRAFT ORIENTATION SYSTEMS

Askerov I.M., Ramazanov K.Sh.

Abstract. Magnetic field sensors use magnetic materials to create a magnetic field in the system in which they are applied. In the application of the device, the existing magnetic field of the spacecraft interacts with the Earth's magnetic field to regulate the position of the spacecraft and its deviations from the trajectory in orbit. The determined position and measured angular directions are sent to the control system.

This article discusses the HMC5883L magnetoresistive transmitter used in the spacecraft orientation system. The existing types of magnetoresistive transmitters and similar types of magnetic field sensors, their advantages and disadvantages, as well as their application areas, are investigated and analyzed. The analysis of this direction determination sensor based on the magnetoresistive effect, the application process, and the direction determination, angular errors and calibration using the Arduino microcontroller and Servo motor based on the transmitter are given.

Keywords: magnetoresistive sensor, magnetic interferences, ferromagnetic elements, inclination angle, satellite orientation.



АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКОГО НАГРУЖЕНИЯ КОНСТРУКЦИИ РАКЕТОНОСИТЕЛЕЙ СВЕРХЛЕГКОГО КЛАССА

Ахмедова Х.Х., Искендеров М.Г.

khanima@list.ru

Национальная Академия Авиации, Азербайджан

Аннотация. Анализ динамического нагружения конструкции ракетополетов сверхлегкого класса (РСЛК) представляет собой ключевую задачу при проектировании и эксплуатации таких ракет. РСЛК подвергаются различным динамическим воздействиям, включая вибрации, ударные нагрузки и колебания, возникающие во время старта, в полете и при возвращении. Эти воздействия могут негативно сказаться на прочности, долговечности и точности работы отдельных элементов ракеты.

Цель анализа — оценить влияние динамических нагрузок на конструкцию РСЛК, определить критические участки и провести оптимизацию проектных решений для повышения устойчивости и надежности ракетополетов. В процессе анализа используются современные методы численного моделирования, которые учитывают аэродинамические, термические и механические воздействия. Результаты анализа позволяют корректировать конструктивные параметры, обеспечивая безопасную эксплуатацию РСЛК при высоких динамических нагрузках. Эффективность таких анализов напрямую влияет на успех запуска и дальнейшую эксплуатацию ракетополетов сверхлегкого класса, что особенно важно в условиях растущей конкуренции на рынке космических услуг.

Ключевые слова: анализ динамического нагружения, конструкция ракетополетов, нагрузки на корпус ракетополетов, РСЛК, конструкция ракетополетов сверхлегкого класса.

Введение. Ракетополеты сверхлегкого класса (РСЛК) занимают важное место в современном космическом транспорте. Эти ракеты предназначены для вывода малых спутников на орбиту, что делает их востребованными для коммерческих и научных задач. Преимущества РСЛК включают низкую стоимость, компактность и возможность быстрого запуска, однако их эксплуатация сопряжена с рядом сложных задач, таких как вибрации, удары, аэродинамические и гидродинамические нагрузки, сейсмические воздействия и другие.

Ракетные системы, как правило, работают в условиях значительных изменений динамических воздействий, которые могут быть вызваны различными факторами, включая работу двигателей, изменение давления и температуры в атмосфере, а также взаимодействие с внешней средой. Это требует применения методов динамического анализа, которые имеют ключевое значение для предсказания поведения конструкции при различных условиях эксплуатации, но и обеспечить безопасность и долговечность конструкции.

1. Динамическое нагружение конструкций РСЛК

Конструкции РСЛК подвергаются множеству динамических нагрузок, которые можно разделить на несколько основных типов:

1. *Вибрационные нагрузки.* Эти нагрузки возникают в процессе работы двигателей ракеты, особенно на старте, когда ракета начинает движение через плотные слои атмосферы. Эти вибрации могут быть вызваны как механическими колебаниями системы, так и взаимодействием с воздушными потоками.
2. *Аэродинамические воздействия.* В процессе полета ракета сталкивается с различными аэродинамическими силами. При изменении скорости, направления и давления воздушных потоков возникают колебания и вибрации, которые воздействуют на конструкцию ракеты.

3. *Импульсные нагрузки.* Такие нагрузки могут возникать, например, при столкновении ракеты с внешними объектами или в случае разделения её частей. Это также может включать силы, возникающие при старте и разделении ступеней ракеты.
4. *Гравитационные и сейсмические воздействия.* Гравитационные колебания при старте и посадке ракеты могут быть усилены сейсмическими воздействиями, особенно в тех районах, где ракеты запускаются с платформ, расположенных в сейсмически активных зонах.
5. *Массовая нагрузка.* Массовая нагрузка это распределенная по поверхности или объему масса, оказывающая воздействие на элементы конструкции. Она учитывается при расчетах прочности, устойчивости и динамического поведения конструкции под действием внешних сил.

Для обеспечения надежности конструкций необходимо провести подробный анализ воздействия этих нагрузок, а также оценить их влияние на прочностные характеристики и устойчивость элементов ракеты.

2. Методы анализа динамических нагрузок

Для анализа динамических нагрузок на конструкции РНСЛК широко используются различные методы математического моделирования. Рассмотрим наиболее часто применяемые из них:

1. *Метод конечных элементов (МКЭ).* Этот метод позволяет разбить сложную структуру на маленькие элементы, что позволяет точно моделировать динамическое поведение конструктивных элементов. С его помощью можно рассчитать отклик конструкции на различные динамические воздействия, такие как вибрации, удары, и другие виды нагрузок.
2. *Моделирование с использованием дифференциальных уравнений движения.* Этот метод применяется для решения задачи динамики системы, в которой анализируются скорости, ускорения и силы, действующие на конструкцию. Важно учитывать пограничные условия, такие как жесткость материалов и особенности взаимодействия частей ракеты.
3. *Спектральный анализ.* Этот метод используется для анализа откликов конструкции на периодические нагрузки, такие как вибрации. Он помогает вычислить возможные резонансные частоты конструкции и предотвращать разрушение при совпадении внешней частоты с собственной частотой колебаний конструкции.
4. *Частотно-временной анализ.* Когда нагрузка имеет случайный характер или изменяется во времени, используется частотно-временной анализ. Это позволяет учитывать динамическую реакцию конструкции на изменяющиеся внешние условия.

3. Расчет динамического нагружения конструкции РНСЛК

Для демонстрации применения этих методов на практике проведем расчет динамического нагружения конструкции ракетного носителя (например, корпуса ракеты) с учетом различных внешних воздействий. Рассмотрим цилиндрический корпус ракеты, который подвергается вибрациям и механическим колебаниям.

Исходные данные:

- Длина цилиндрического корпуса ракеты $L = 15$ м,
- Диаметр корпуса $d = 1,5$ м,
- Модуль упругости $E = 7,4 \times 10^{10}$ Па,
- Плотность материала $\rho = 2770$ кг/м³,
- Частота внешнего воздействия $f = 100$ Гц,
- Толщина стенки $\delta = 2$ мм,
- Расстояние между шпангоутами $d_{\text{шп}} = 300 - 400$ мм,
- Расстояние между стрингерами $d_{\text{стр}} = 250 - 300$ мм.

Расчет массы ракеты. В ходе расчетов была определена количество силовых элементов, стартовая масса, масса двигателя, количество топлива и общая масса ракетопосителя. Полученные данные занесены в таблицу ниже.

Таблица 1. Результаты расчета массы ракеты

Параметр	Значение, кг
Стартовая масса	25314
Масса двигателя	6328,5
Количество топлива	15188,4

$$M_{\text{общ}} = M_T + M_{\text{дв}} + M_c = 25314 + 6328,5 + 15188,4 = 46,8 \text{ т.} \quad (1)$$

Расчет момента инерции. Момент инерции цилиндрического корпуса по оси вращения, проходящей через его центральную ось, рассчитывается по формуле:

$$I = \frac{\pi d^4}{64}. \quad (2)$$

Подставляем значения:

$$I = \frac{\pi(1,5)^4}{64} = 0,248 \text{ м}^4. \quad (3)$$

Определение собственной частоты колебаний. Собственная частота колебаний корпуса ракеты f_0 определяется по формуле для цилиндрической оболочки:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{EI}{ML^4}}. \quad (4)$$

Подставляем значения:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{7,4 \times 10^{10} \cdot 0,248}{46830,9 \cdot 15^4}} \approx 0,443 \text{ Гц.} \quad (5)$$

4. Сравнение частоты внешнего воздействия и собственной частоты.

Частота внешнего воздействия $f = 100$ Гц значительно выше собственной частоты колебаний $f_0 \approx 0,443$ Гц. Это говорит о том, что конструкция ракеты может подвергаться резонансным колебаниям, что может привести к разрушению. Следовательно, необходимо предусмотреть меры по снижению амплитуды, такие как изменение формы конструкции или применение амортизирующих материалов.

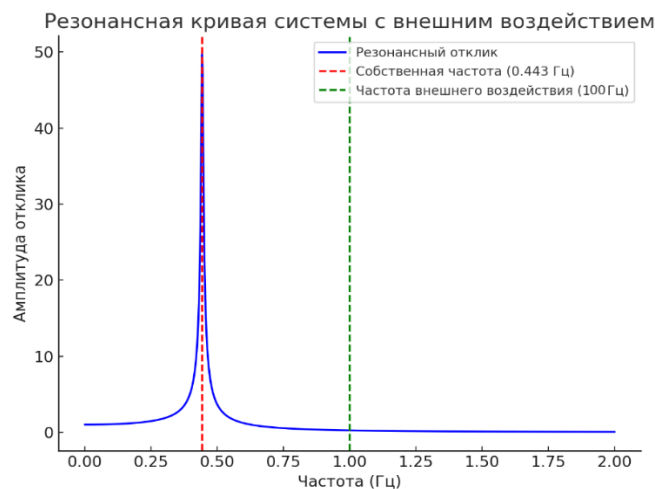


График 1. Частотный отклик цилиндрического корпуса

График частотного отклика цилиндрического построен (график 1)

- Красная линия указывает на собственную частоту конструкции $f_0 \approx 0,443$ Гц.
- Зеленая линия показывает частоту внешнего воздействия $f = 100$ Гц
- Амплитуда отклика максимальна, если внешняя частота близка к собственной частоте, что может вызвать резонанс.

Результат. Анализ динамического нагружения конструкций РНСЛК является важнейшей частью проектирования, так как он позволяет обеспечить безопасность и надежность ракеты в условиях воздействия различных внешних факторов. Использование методов конечных элементов, спектрального и импульсного анализа позволяет эффективно моделировать поведение конструкции при различных динамических нагрузках. Важно проводить тщательное моделирование и расчет динамических характеристик, чтобы предотвратить возможные разрушения и повысить долговечность конструкций.

Для повышения устойчивости конструкций РНСЛК необходимо:

1. Использовать амортизирующие системы. Введение в конструкцию амортизаторов и других устройств, снижающих амплитуду колебаний, помогает предотвратить разрушение конструкции в условиях вибрационных и импульсных нагрузок.
2. Применять материалы с высокой прочностью и устойчивостью к динамическим воздействиям. Использование специальных легких и прочных материалов, таких как композиты, может значительно улучшить динамическую устойчивость конструкции.
3. Оптимизировать геометрические характеристики конструкции. При проектировании ракеты необходимо учитывать формы и размеры её элементов таким образом, чтобы минимизировать резонансные явления и повысить жесткость конструкции.
4. Провести комплексные испытания и мониторинг в реальном времени. Проведение испытаний на статические и динамические нагрузки, а также внедрение системы мониторинга для отслеживания внешних воздействий на конструкцию в процессе эксплуатации позволит оперативно выявлять потенциальные проблемы.

Литература

- [1] Авдонин, А.Н. (2020) Проектирование и оптимизация конструкций ракетносителей. СПб: Политехника.
- [2] Иванов, В.А. (2017) Анализ вибраций и устойчивости конструкций летательных аппаратов. Вестник МГТУ.
- [3] Козлов, О.В. (2019) Математическое моделирование динамических процессов в конструкциях ракетносителей. СПб: Научная книга.
- [4] Минаев, В.С. (2018) Динамика и прочность конструкций ракетных систем. Москва: Машиностроение.
- [5] Петренко, А.И. (2021) Методы и средства расчета конструкций на динамические нагрузки. Санкт-Петербург: Наука.
- [6] Рябов, И.П. (2020) Методы анализа динамических нагрузок на конструкции авиационных систем. Журнал «Техническая механика».
- [7] Соловьев, И.В. (2018) Динамика ракетносителей: Теория и практика. Москва: Машиностроение.
- [8] Python Software Foundation (2021) Python Language Reference, version 3.10. Доступно по ссылке: <https://www.python.org>.
- [9] Znanierussia.ru (n.d.) Ракета-носитель. Доступно по ссылке: <https://znanierussia.ru/articles/Ракета-носитель>.
- [10] Naked Science (n.d.) Сверхлегкие ракеты-носители: зачем летят космические «ласточки». <https://naked-science.ru/article/cosmonautics/sverhlegkie-rakety-nositeli-zachem-letyat-kosmicheskie-lastochki>.

ANALYSIS OF DYNAMIC LOADING OF AN ULTRA-LIGHT LAUNCH VEHICLE STRUCTURE

Akhmedova Kh.Kh.

Abstract. Analysis of dynamic loading of the design of ultra-light launch vehicles (ULLV) is a key task in the design and operation of such rockets. ULLV are subject to various dynamic influences, including vibrations, shock loads and oscillations that occur during launch, in flight and during return. These impacts can negatively affect the strength, durability and accuracy of individual rocket components.

The purpose of the analysis is to assess the influence of dynamic loads on the ULLV design, identify critical areas and optimize design solutions to increase the stability and reliability of the launch vehicle. The analysis process uses modern numerical modeling methods that take into account aerodynamic and mechanical influences, as well as thermal fluctuations. The results of the analysis make it possible to adjust design parameters, ensuring safe operation of the ULLV under high dynamic loads. The effectiveness of such analyzes directly affects the success of the launch and further operation of ultra-light launch vehicles, which is especially important in the context of growing competition in the space services market.

Keywords: analysis of dynamic loading, design of launch vehicles, loads on the body of the launch vehicle, ULLV, design of ultra-light class launch vehicles.

**КОНСТРУКТИВНЫЕ СХЕМЫ МАЛОРАЗМЕРНЫХ
ТУРБОРЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ****Тагиров Т.А., Самедов А.С.**teymur.tahirov60224@naa.edu.az*Национальная Академия Авиации, Азербайджан*

Аннотация. В статье представлен обзор и анализ современных конструктивных решений, реализованных в малоразмерных турбореактивных двигателях (МТРД), используемых в беспилотных летательных аппаратах (БПЛА), крылатых ракетах и экспериментальных ЛА. Были рассмотрены различные модели МТРД, разработанные ведущими производителями с диапазоном тяг от 1100 Н до 2280 Н. Для более подробного анализа были отобраны шесть моделей двигателей, демонстрирующие уникальные конструктивные особенности и технологические решения. Детальное изучение этих двигателей позволило выявить преимущества и недостатки современных схем, а также определить ключевые направления для их дальнейшего совершенствования. Результаты проведенного анализа послужат основой для разработки подходов к оптимизации рабочих процессов МТРД, предполагающих проведение всесторонних комплексных исследований, направленных на повышение их эффективности, надежности и улучшение эксплуатационных характеристик.

Ключевые слова: малоразмерный турбореактивный двигатель (МТРД), беспилотный летательный аппарат (БПЛА), крылатая ракета, оптимизация рабочего процесса.

Введение. В современном мире малоразмерные газотурбинные двигатели (МГТД) находят все более широкое применение в качестве силовых установок для самолетов общего назначения, учебно-тренировочных, служебных, региональных, беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), крылатых ракет, вертолетов, а также наземных, морских речных транспортных средств и экспериментальных ЛА. Несмотря на свои скромные габариты они обладают целым рядом преимуществ. На данный момент наибольшее применение получили турбореактивные малоразмерные двигатели (МТРД).

Методы исследования. В данной статье представлен сравнительный анализ конструктивных особенностей малоразмерных турбореактивных двигателей, разработанных ведущими производителями. Проведены также анализ технической документации, сопоставление различных характеристик, размеров и конструктивных решений с использованием научных публикаций и отчетов, посвященных разработке.

PBS Velká Bíteš является высокотехнологичным производителем силовых установок и другого оборудования для аэрокосмической промышленности. Специализируется в области точного литья, является поставщиком отливок для энергетической, транспортной, аэрокосмической и стекольной промышленности. Компания также обеспечивает гальваническую и высокоточную механическую обработку труднообрабатываемых материалов, как титановые сплавы, что очень важно в двигателестроении [2]. Наиболее известными разработками в области МТРД являются двигатели TJ100 и TJ150 с тягой 1100 и 1500 Н (рис. 1.). В обоих МТРД реализована схема с одноступенчатым центробежным компрессором, кольцевой противоточной камерой сгорания и одноступенчатой осевой турбиной. Использование центробежного компрессора позволяет в пределах одной ступени получить большие значения степени сжатия воздуха при относительно малых продольных размерах. Это приводит к уменьшению суммарной длины двигателя, но к увеличению при этом его диаметра. Наряду с этим двигатель отличается широким диапазоном рабочих режимов, простотой конструкции и

надежностью работы. Чаще всего используется противоточная камера сгорания, которая применяется вследствие проблем, связанных с высокой частотой вращения вала ($> 50\,000$ об/мин), точнее с его колебаниями, сокращая при этом расстояние между компрессором и осевой турбиной. Можно также отметить рациональное использование занимаемого пространства и удобство обслуживания. Основным недостатком камеры сгорания является большая величина отношения поверхности жаровой трубы к ее объему, вследствие чего возникают трудности с ее охлаждением. Этот недостаток усугубляется тем, что вторичный воздух, вводимый в жаровую трубу, подходит к наружной и внутренней стенкам с различными потерями полного давления, т.к. путь воздуха к внутренней стенке больше. Относительные весовые характеристики (к расходу воздуха) таких камер хуже, чем прямоточных [43-44]. Использование одноступенчатой осевой турбины в данном случае объясняется тем, что степень сжатия рабочего тела в цикле не превосходит 5...6, позволяя тем самым обеспечить простоту конструкции, малую массу и габаритные размеры.

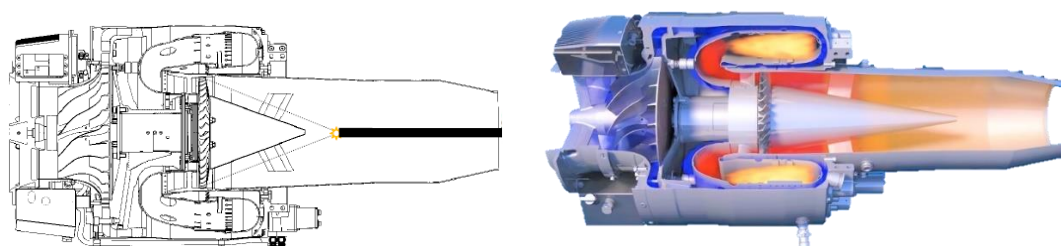


Рисунок 1. Двигатели TJ100 и TJ150 чешской компании PBS Velka Bites

В двигателе TJE200-M-A (рис. 2.) с тягой 1850 Н чешской компании EDePro [3] реализована схема с трехступенчатым осевым компрессором, кольцевой прямоточной камерой сгорания и одноступенчатой осевой турбиной. Применение осевого компрессора позволяет добиться меньших диаметральных размеров по сравнению с центробежными, а также прироста тяги (порядка 350 единиц), степени сжатия воздуха и высокого КПД. Применение прямоточной камеры сгорания упрощает проектирование, производство и обслуживание двигателя. Отсутствие изменения направления потока рабочего тела исключает необходимость усложнения геометрии жаровой трубы. По сравнению с противоточными камерами сгорания данная конструкция обеспечивает лучшее и более равномерное охлаждение стенок камеры, а также сводит к минимуму потери полного давления, связанные с изменением направления потока воздуха, что повышает общий КПД двигателя.

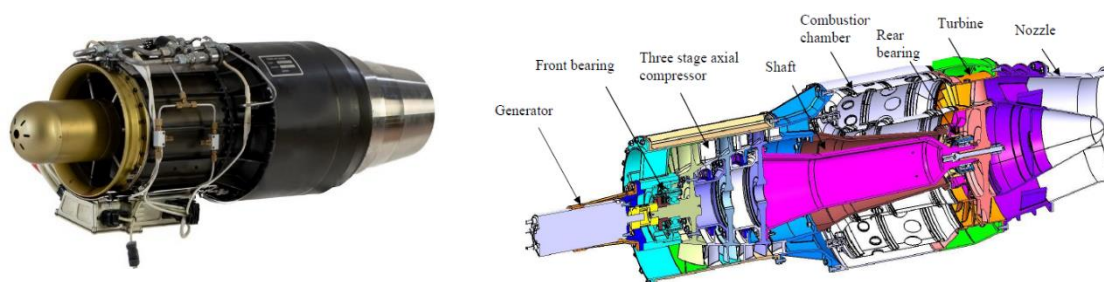


Рисунок 2. Двигатель TJE200-M-A чешской компании EDePro

В двигателе TJ200 с тягой 2280Н чешской PBS Velka Bites (рис.3.) реализована комбинированная схема осецентробежного компрессора. Конструкция состоит из одной осевой и одной центробежной ступеней, прямоточной камера сгорания и одноступенчатой осевой турбины. Применение осецентробежного компрессора позволяет достичь оптимального

соотношения между диаметром и длиной двигателя, повысить степень сжатия за счет последовательного использования осевой и центробежной ступеней, а также уменьшить массу двигателя. Однако, применение подобной схемы требует тщательного проектирования проточной части, соединяющей обе ступени. По сравнению с двигателем TJE200-M-A, данный двигатель имеет бóльшие показатели тяги (2280 Н против 1850 Н), более высокую скорость полета (0,95 М против 0,9 М) при меньших габаритах (246 мм против 270 мм в диаметре и 730 мм против 833 мм в длину) и весе конструкции (28 кг против 35 кг).

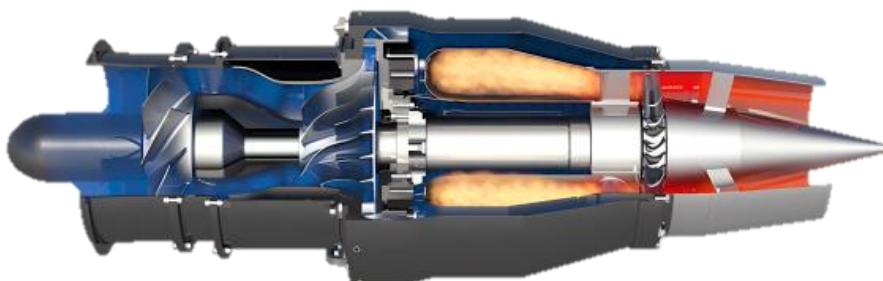


Рисунок 3. Двигатель TJ200 чешской компании PBS Velka Bites

Двигатель TEI-TJ300 компании TUSAŞ Engine Industries Inc. (TEI, Турция) - первый в мире МТРД, способный производить мощность заданного класса тяги в пределах ограниченного диаметра 224 мм для адаптации к ракетным системам. Строго ограниченный размер двигателя позволяет устанавливать его в ракетные системы на различных платформах. Способен работать на высоких скоростях, достигающих 90% скорости звука на высоте 5000 футов. Двигатель также способен запускаться от набегающего потока без необходимости использования каких-либо систем запуска (например, стартера), что позволяет использовать его в системах воздушного, морского и наземного базирования.

В апреле 2021 года двигатель TEI-TJ300 побил мировой рекорд в своем классе, достигнув тяги в 1342 Н при малом диаметре двигателя в 224 мм [4]. Применяется в качестве силовой установки противокорабельных ракет средней дальности.



Рисунок 4. Двигатель TJ300 турецкой компании Tusaş Motor Sanayii A.Ş.

Другой двигатель данного класса - KTJ-1750 компании Kale Arge (Турция). Оба рассматриваемых двигателя компаний TEI (Tusaş Motor Sanayii A.Ş.) TJ-300 (рис. 4.) и Kale Arge KTJ-1750 (рис. 5.) выполнены по схеме с четырьмя ступенями осевого компрессора, кольцевой проточной камерой сгорания и одноступенчатой осевой турбиной. По сравнению с TJ-300, двигатель KTJ-1750 обладает повышенной тягой (1750 Н против 1400 Н), меньшими диаметральными габаритами (202 мм против 224 мм), а также весовыми характеристиками (22,5

кг против 34 кг), но большей длиной (464 мм против 450 мм) и повышенным удельным расходом топлива (0.117 кг/Н*ч против 0.113 кг/Н*ч).

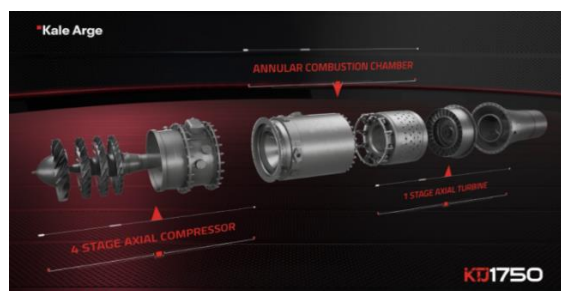


Рисунок 5. Двигатель KTJ1750 турецкой компании Kale Arge

КТJ-1750 используется в легких крылатых ракетах и реактивных беспилотных летательных аппаратах. В настоящее время он применяется в качестве основного источника тяги для крылатой ракеты Çakır [5].

Результаты и обсуждение. Как показал анализ, использование осевых ступеней компрессора является ключевым направлением в увеличении КПД и снижении диаметральных размеров двигателя. Комбинированные, осецентробежные схемы компрессоров имеют перспективы в обеспечении более высоких степеней сжатия, при этом сохраняя компактные габариты двигателей, но требуют доработок и более тщательного проектирования проточной части. Проточные камеры сгорания требуют дальнейших исследований и доработок систем охлаждения с целью снижения тепловых нагрузок на конструкцию. Для больших показателей тяг и скоростей полета отдается предпочтение схемам с осевыми ступенями компрессора и проточной камерой сгорания.

Таблица 1. Характеристики обозреваемых двигателей

	PBS TJ100	TEI TJ300	PBS TJ150	KTJ1750	TJE200-M-A	PBS TJ200
Компрессор	Центробежный	Осевой, 4 ст.	Центробежный	Осевой, 4 ст.	Осевой, 3 ст.	1 Осевая ст. + 1 центр.
Камера сгорания	Петлевая	Прямоточная	Петлевая	Прямоточная	Прямоточная	Прямоточная
Турбина	Осевая 1 ступень	Осевая 1 ступень	Осевая 1 ступень	Осевая 1 ступень	Осевая 1 ступень	Осевая 1 ступень
P, тяга	1100 Н	1325 Н	1500 Н	1750 Н	1850 Н	2280 Н
π_k	4.9-5.1	-	-	-	-	-
T_k	1093.15 К	-	-	-	-	-
C_y	0.115 кг/Н*ч	0.113 кг/Н*ч	0.119 кг/Н*ч	0.117 кг/Н*ч	0.135 кг/Н*ч	-
M_n MAX	0.8 М	-	0.9 М	0.95 М	0.9 М	0.95 М
H_n MAX	10000	-	9 000 м	-	10 000 м	10 000 м
G_v	1.85-1.95 кг/с	-	-	-	3.8 кг	-
Масса	19.5 кг	34 кг	19.6 кг	22.5 кг	35 кг	28 кг
Длина	625-636 мм	450 мм	520 мм	464 мм	833 мм	730 мм
Диаметр	272 мм	224 мм	272 мм	202 мм	270 мм	246 мм
Страна	Чехия	Турция	Чехия	Турция	Чехия	Чехия

Литература

- [1] Лефевр А., Процессы в камерах сгорания ГТД, (1986).
- [2] <https://www.pbs.cz/en/About-PBS>
- [3] <https://www.edepro.com/about-us>
- [4] <https://www.tei.com.tr/en/products/tei-tj300-turbojet-engine>
- [5] <https://kalejetengines.com/about-us>

**REVIEW AND ANALYSIS OF EXISTING SCHEMES OF SMALL-SIZE TURBOJET
ENGINES****Tahirov T.A., Samedov A.S.**

Abstract. This paper presents a comprehensive review and analysis of modern design solutions implemented in small-size turbojet engines used in unmanned aerial vehicles (UAVs), cruise missiles, and experimental aircraft. The study examines engines from leading manufacturers with thrust levels ranging from 1100 N to 2280 N. Six engines were selected for detailed analysis, highlighting unique design features and technological advancements. The findings identify key advantages and drawbacks of current designs and propose directions for improving efficiency, reliability, and operational performance through advanced optimization approaches.

Keywords: small-size engine, turbojet engine, UAV, cruise missiles, optimization, working process.



JUKOVSKI-ÇAPLIĞIN POSTULATI

Əhmədov Ə.A.

aahmadov.30281@naa.edu.az

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. S.A. Çaplığın tərəfindən təyyarənin qanadları ətrafında nəzəri cəhətdən sonsuz axımlanmaların, praktikada isə sonlu sürətdə axan hava axınının gücünün hesablanması barədə mühüm məsələnin həllində qatqısı olmuşdur. Axımlılıq qanad profilinin təmiz həndəsi xassəsi deyildir. Müəyyən olunmuşdur ki, axımlılıq tək profilin həndəsi formasından asılı olmayıb, həmçinin axının sürətindən, mayenin (qazın) fiziki xassələrindən, profil yaxınlığında başqa cisimlərin olmasından, səthin hamarlılıq dərəcəsindən və digər faktorlardan da asılı olur.

Bu istiqamətdən ən ciddi irəliləyiş müasir hidro və aeromexanikanın əsasını qoymuş rus alimi Jukovski tərəfindən, 1906 cı ildə irəli sürülən “Jukovski teoremi” ilə əldə olundu. Bu teorem sonsuz axan axının sürəti və qanad üzərində yaranan sürətin sirkulyasiyası ilə qaldırıcı qüvvəni hesablamağın ümumi riyazi üsulunu versə də və onu bilavasitə istifadə etmək mümkün olmadı. Qanadın qaldırıcı qüvvəsi haqda Jukovski teoremi ilə birlikdə araşdırılan sirkulyasiyanın qiymətini müəyyən edən Jukovski-Çaplığın postulatı qaldırıcı qüvvənin nəzəri olaraq müəyyən edilməsi problemini həll etdi.

Açar sözlər: Jukovski teoremi, Jukovski-Çaplığın postulatı, sirkulyasiya, qanad profili, burulğanlı hava axını, qaldırıcı qüvvə.

Giriş. Jukovski teoremində axın iki hissəyə ayrılır : qanadın alt və üst səthini fasiləsiz axımlayan axın xətləri; qanadın ətrafında dolanan sirkulyasiya axın xətləri.

Təyyarənin uçuş enmə zolağında hərəkətə başladığı ilk andan başlayaraq qanadın arxa kənarında burulğanlı hava axını yaranır. Sürət artdıqca qanad profilinin müəyyən nöqtəsində hava axını qoparaq, axının əks istiqamətində burulmağa başlayır. Hərəkət miqdarı momentinin qiymətinin sabit qalması şərtini ödəmək üçün, qopub gedən burulğanlı axının əksi istiqamətdə hərəkət edən sirkulyasiyanın olduğu qəbul edilmişdir. Sirkulyasiyalı hava axını qarşıdan gələn qanadın alt və üst hissələrinə axan axınla toplanır. Üst hissədə hər iki axın eyni istiqamətli olduğu üçün onların sürətləri toplanır, alt hissədə isə axınların istiqaməti əks olduğu üçün isə sürətləri çıxılır. Bernulli qanununa əsasən axın sürəti böyük olan yerdə statik təzyiq kiçik, sürət kiçik olan yerdə isə təzyiq böyük olur. Təzyiqlər fərqi yaranması isə qanadı yuxarı istiqamətdə yönəldən qaldırıcı qüvvə yaradır.

Jukovski teoremində deyilir: Sonsuz qolaylı qanadın qaldırıcı qüvvəsi qazın (mayenin) sıxlığının, sürətinin onun sirkulyasiyasının və qanadın baxılan hissəsinin uzunluğunun hasilinə bərabərdir. Qaldırıcı qüvvənin təsir istiqaməti hava axınının sürət vektorunu dövrəmənin əksinə perpendikulyar döndərməklə alınır. Sirkulyasiyanı hesablamağın qeyri-müəyyən qalması və yalnız kiçik hücum bucaqlarında təcrübi nəticələrlə uyğunlaşması bunun praktikada istifadəsini mümkünə endirir.

Metodlar. Aparılan analitik hesablamaların praktikada düzgünlüyünü öyrənmək üçün hərəkətin əvəzedilmə prinsipindən istifadə olunur: Cismə havaya nisbətən hərəkətini havanın cismə nisbətən hərəkəti ilə əvəz edilməsi aerodinamikada hərəkətin əvəzedilmə qanunu adlanır.

Nəzəri nəticələri dəqiqləşdirmək, qanadı axımlayan axının xüsusiyyətini daha aydın müşahidə etmək və aerodinamik qüvvələrin qiymətini müəyyən etmək məqsədi ilə elmi təcrübələr aerodinamik boru adlanan xüsusi qurğularda aparılır. Axımlanmaların təbii axına oxşar olması üçün pər vasitəsi ilə yaradılan tənzimlənə bilən süni axın axının istiqamətini dəyişən barmaqlıqlardan keçərək işçi hissəyə ötürülür. Sınaqdan keçirilən qanad profili (model) işçi hissədə aerodinamik tərəzi üzərində quraşdırılır və onun köməkliyi ilə aerodinamik momentlər və qüvvələr hesablanır.

Çaplığın hesablamalara fundamental analitik funksiyalar anlayışını əlavə edərək sirkulyasiyanın qiymətini hesablamağa nail olub. Beləki, $f(z)$ birqiymətli funksiyası z nöqtəsinin müəyyən ətrafında diferensiallanandırsa, onda o, z nöqtəsində analitik funksiya adlanır.

Nəticə və müzakirələr. 1910 - cu ildə S.A. Çaplığın Moskva Riyaziyyatçılar Cəmiyyətində “Müstəvi paralel axının cismin səthinə təsiri haqqında” (aeroplan nəzəriyyəsinə aid) məqalə ilə çıxış etdi. Çaplığın analitik funksiyalar metodlarını istifadə edərək Jukovskinin düsturunu genişləndirmiş, qanadın arxa kənarında sürətin sonlu olduğu şərtində sirkulyasiyanın birqiymətli olduğu fikrini irəli sürmüşdür. Bu fikir öz təstiqini tapdı və “Jukovski-Çaplığın” postulatı olaraq tarixə keçdi. Çaplığının bu postulatı qanadın arxasında sürətin sonlu olub olmamasından asılı olmayaraq bir çox aerodinamik problemin həllinə gətirib çıxardı.

Jukovski kiçik hücum bucaqlarında qanad ətrafında axan axının müşahidəsindən yola çıxsa, Çaplığın qanad profili ətrafındakı axının xarakterik funksiya formulundan və analitik həll funksiyasından nəzərə aldı. Aparılan təcrübələr göstərir ki arxa kənarı iti olan hər bir profil üçün müəyyən hücum bucağı diapazonunda axın profilin səthindən qopmadan qanad profilini axımlayır. Belə tip profillər müasir aviasiyada daha az dartı qüvvəsi ilə daha böyük qaldırıcı qüvvə yaratdığına görə geniş istifadə olunur. Bu hipotezə əsaslanaraq profilin formasını bilərək onun ətrafındakı sonlu sürətlə axan axının qiymətini dəqiq olaraq hesablamaq mümkün oldu. Beləliklə Jukovski-Çaplığın postulatı Jukovski teoreminə aydınlıq gətirərək, onunla birlikdə axının cismə gösdərdiyi təzyiqin öyrənilməsi ilə bağlı problemi aradan qaldırdı və qaldırıcı qüvvənin hesablanması əsasını təşkil etməsi ilə müasir aerodinamikanın əsasını qoydu.

Ədəbiyyat

- [1] Q.İ. Səfəraliyev, A.M. Paşayev, R.M. Cəfərzadə “Aeromexanika”.
- [2] Y.E. Hümətov, İ.Q. Əmirov “Aerodinamika və uçuş dinamikası”.
- [3] C.C. Əsgərov, A.M. Paşayev, N.C. Hacıyev, V.Z. Sultanov “Aviasiya terminlərinin qısa izahlı lüğəti”.

ZHUKOVSKY-CHAPLYGIN POSTULATE

Ahmadov A.A.

Abstract. This article explores important theoretical issues in the field of wing aerodynamics. S.A. Chaplygin studied the theoretical and practical aspects of airflow around a wing, determining that flow characteristics are not solely dependent on the geometric properties of the wing profile. Instead, they are also influenced by factors such as airflow speed, the physical properties of the fluid (gas), the presence of other objects near the profile, and the smoothness of the surface.

The Joukowski theorem, proposed in 1906 by the Russian scientist N.E. Joukowski, provided a general mathematical method for calculating lift force based on the circulation of airflow around a wing. However, it could not be directly applied in practice. The Joukowski-Chaplygin postulate, which was developed alongside the theorem, helped solve the theoretical problem of determining lift force by defining the circulation value.

Keywords: Joukowski theorem, Joukowski-Chaplygin postulate, circulation, wing profile, vortex airflow, lift.



AÇIQ PROQRAM TƏMİNATLI UÇUŞ İDARƏETMƏ KONTROLLERİNİN HAZIRLANMASI

Cabbarzadə V.R., Nəbiyev R.N.

vcabbarzada.30220@naa.edu.az

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Məqalədə kiçik ölçülü pilotsuz uçuş aparatının yaradılması üçün açıq proqram təminatlı idarəetmə kontrollerinin işlənilib hazırlanmasına baxılmışdır. Bu mikrokontrollerlər arasında uçuş kontrolleri kimi ən çox tətbiq olunan STM32-dir ki, aşağı enerji sərfiyyatı və yüksək performans tələb edən layihələrdə istifadə olunması göstərilmişdir. Etibarlı rabitənin təmini üçün NRF24L01 radiomodulunun tətbiqinin məqsədəuyğunluğu əsaslandırılmışdır. Yüksək həssaslıqlı, aşağı enerji sərfiyyatlı duyğacıları, I2C interfeysi və geniş kitabxana dəstəyi kimi üstünlükləri olan pilotsuz uçuş aparatları üçün idarəetmə kontrollerinin işlənməsinin vacibliyi göstərilmişdir. Seçilən mikrokontroller və duyğacıların elektrik birləşmə sxemi Eagle CAD proqramında layihələndirilməsi məqsədəuyğun hesab edilmişdir.

Açar sözlər: pilotsuz uçuş aparatı, uçuş idarəetmə kontrollerləri, STM32, EagleCAD, giroskop, akselerometr, maqnitometr.

Giriş. Pilotsuz uçuş aparatlarının işlənməsi və hazırlanması son zamanlarda ən aktual məsələlərdən biridir. Müasir texnologiyanın və element bazasını tətbiqi PUA-ların ölçülərini azaltmaqla yanaşı, onların funksional imkanlarını genişləndirib. Foto-video kameralar, duyğacılar və avtopilot sistemləri və s. pilotsuz uçuş aparatlarının istifadəsini rahatlaşdırmaqla birgə onun uçuş-texniki parametrlərini yüksəltməyə imkan verib. Son illərdə pilotsuz uçuş aparatlarının mülki istifadəsi sürətlə artır. PUA-lar coğrafi xəritəçəkmə, kənd təsərrüfatında məhsuldarlığın artırılması, təbii fəlakətlərdə axtarış-xilasetmə əməliyyatları kimi bir çox sahədə istifadə olunur. PUA-lar adətən uçuş idarəetmə kontrolleri, duyğacılar, rabitə avadanlığı və enerji mənbələrindən ibarətdir. Pilotsuz uçuş aparatlarının tərkib hissəsinin ən mühüm komponenti uçuş idarəetmə kontrolleridir. Pilotsuz uçuş aparatlarının sürətli inkişafı ilə birlikdə bu aparatlarda istifadə olunan uçuş idarəetmə kontrollerlərində bu inkişafın mərkəzində yer alır. Uçuş idarəetmə kontrollerini PUA-nın “beyni” kimi düşünmək olar. Pilotsuz uçuş aparatının bütün duyğacıları (giroskop, maqnitometr, barometr, akselerometr və s.), o cümlədən mühərriklər, ESC-lar, GPS, RC qəbuledicisi, telemetriya və s. daxil olmaqla uçuş idarəetmə kontrollerinə qoşulur. Pilotsuz uçuş aparatının bütün komponentləri bu mərkəzi idarəetmə kontrollerinə qoşulduqda, sabit və dayanıqlı uçuşu təmin edən idarə etmə sistemi yaranır. Bu sistem aparatın mövqeyini, sürətini, uçuş istiqamətini və digər parametrlərini izləməklə müəyyən edilmiş hədəflərə uyğun uçuş həyata keçirməyə imkan verir. O, həmçinin ətraf mühit təsirlərini müəyyənləşdirir, maneələri aşkar edə və müvafiq qərarlar verə bilər [1].

Məqalədə məqsəd açıq proqram təminatlı idarəetmə kontrollerinin işlənilib hazırlanmasıdır.

Kontrollerlərin əsas funksiyaları və əhəmiyyəti aşağıdakı kimi ümumiləşdirilə bilər:

1. Stabilizasiya: Uçuş idarəetmə kontrolleri hava şəraitindəki qəfil dəyişikliklərə və ya xarici təsirlərə qarşı PUA-nın sabit qalmasını təmin edir. O, PUA-nın düzgün və sabit uçuşu təmin etmək üçün giroskop və akselerometr kimi duyğaclardan alınan məlumatlarından istifadə edir.

2. İstiqamətə Nəzarət: Pilotun əmrələrinə cavab olaraq pilotsuz uçuş aparatının istiqamətini dəyişdirmək üçün mühərriklərə əmrələr göndərir. Bu yolla pilotsuz uçuş aparatı üfüqi və şaquli oxlarda manevr edə bilər.

3. Avtomatik Uçuş Rejimləri: Müasir uçuş kontrollerləri əksəriyyəti avtomatik uçuş rejimlərinə malikdir. GPS kimi texnologiyalardan istifadə edərək, bu rejimlər əvvəlcədən müəyyən edilmiş trayektoranı izləmək və ya müəyyən bir yerdə sabit qalmaq kimi funksiyaları yerinə yetirə bilər.

4. Təhlükəli halların idarə edilməsi: Qəfil uğursuzluqlar və ya gözlənilməz vəziyyətlər halında, uçuş idarəetmə lövhəsi nəqliyyat vasitəsini təhlükəsiz yerə endirəcək protokolları aktivləşdirə bilər.

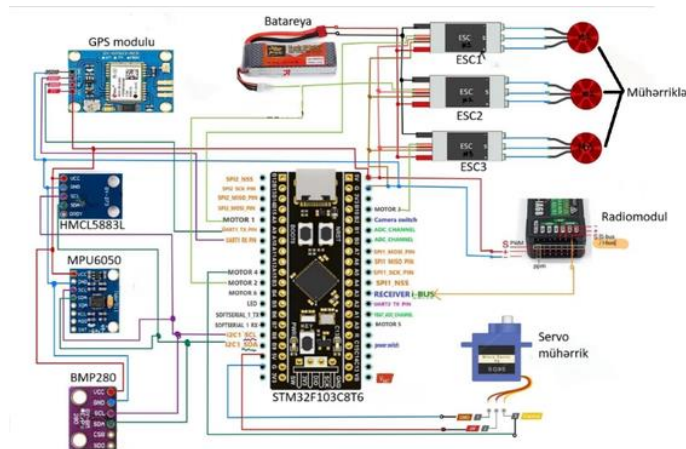
5. Məlumatların toplanması və emalı: Uçuş zamanı duyğaclardan məlumatları toplayır və emal edir. Bu məlumatlar PUA-nın uçuş performansını izləmək və zəruri hallarda düzəlişlər etmək üçün istifadə olunur.

6. Rabitə və İnteqrasiya: Uçuş idarəetmə kontrolleri tez-tez uzaqdan idarəetmə, mobil cihazlar və ya digər avtomatlaşdırma sistemləri ilə əlaqə saxlaya bilər. O, həmçinin əlavə avadanlıqların (kamera, duyğaclar və s.) bir-biri ilə inteqrasiyasına imkan verir [2].

Lakin dünya miqyasında məhsul istehsal edən firmaların (məs. DJV) onlara aid idarəetmə kontrollerinin proqram təminatına müdaxiləyə imkan vermirlər və bu hal istifadəçiləri məcbur edir ki, yalnız onlara məxsus PUA-lardan istifadə etsinlər. Lakin dövrüyyədə açıq proqram təminatlı idarəetmə kontrollerləri də mövcuddur. Buna misal olaraq Pixhawk firmasının istehsal etdiyi kontrollerlər göstərmək olar. Bəzi istifadəçilər isə fərqli mikrokontroller (STM32, Arduino, ESP və s.) üzərində öz açıq proqram təminatlı uçuş idarəetmə kontrollerini hazırlayırlar [1].

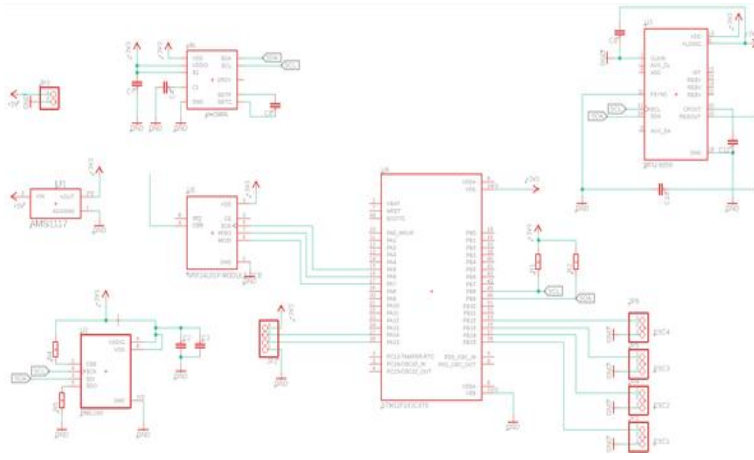
Metodlar. *Pilotsuz uçuş aparatı üçün idarəetmə kontrollerinin layihələndirilməsi.* Pilotsuz uçuş aparatlarında idarəetmə kontrollerini ilə yanaşı çoxlu sayda duyğaclar və icra elementləri istifadə olunur. Bu duyğaclar pilotsuz uçuş aparatlarını daha dəqiq və təhlükəsiz idarə etməyə imkan verir. Duyğaclar olaraq istifadə olunması mütləq vacib olanları giroskoplar, akselerometrlər, maqnitometrlər, barometrik təzyiq ölçənlərdir ki, onların optimalını seçmək həlledici əhəmiyyətə malikdir və istifadə etdiyimiz duyğacların hər biri müqayisəli təhlil əsasında seçilmişdir. Yuxarıda qeyd etdiyimiz duyğaclarla yanaşı radarların və rabitə sisteminin seçilməsi də mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Qənaətimizcə, duyğac kimi giroskop və akselerometr MPU6050, maqnitometr HMC5883L və barometr BMP280 istifadəsi, onların etibarlılığının yüksək olması baxımından daha çox məqsədəuyğundur. Rabitənin təmini üçün NRF24L01 radiomodulunun tətbiqi daha məqsədəuyğundur. Bu duyğacların yüksək həssaslıq, aşağı enerji sərfiyyatı, I2C interfeysi və kitabxana dəstəyi kimi üstünlükləri isə pilotsuz uçuş aparatlarında idarəetmə kontrollerinin işlənməsində istifadəsini daha da optimal edir. İdarəetmə mikrokontrolleri olaraq STM32, tətbiqi uçuş kontrollerlərinin işlənməsində geniş tətbiq olunduğundan, onların yüksək cəldliyə və geniş funksiyaların proqramlaşdırılmasına imkan verdiyindən seçilmişdir. Əlavə olaraq bu kontrollerin tez-tez IoT tətbiqləri, ağıllı ev sistemləri, quraşdırılmış sistemlər, duyğac əsaslı layihələr və sənaye avtomatlaşdırması kimi sahələrdə geniş istifadə olunması nəzərə alınmışdır.

İşlənən açıq proqram təminatlı uçuş idarəetmə kontrollerinə malik pilotsuz uçuş aparatının tərkibi və elementlərinin qoşulması sxemi şəkl. 1-də verilmişdir.



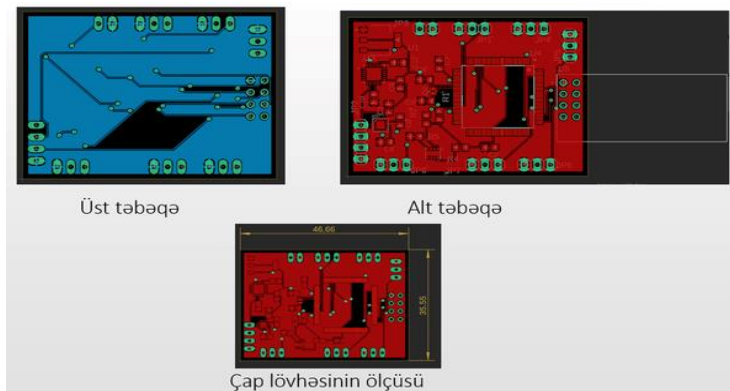
Şəkil 1. Açıq proqram təminatlı uçuş idarəetmə kontrollerinə malik pilotsuz uçuş aparatının tərkibi və elementlərinin qoşulması sxemi

Uçuş mikrokontrolleri, duyğalar və s. seçildikdən sonra EagleCAD proqramının ilə pilotsuz uçuş aparatı üçün açıq proqram təminatlı idarəetmə kontrollerinin modelini layihələndirilməsi aparılmışdır. Bunun üçün hər bir duyğacın qoşulma prinsipini nəzərə almaq vacibdir. Layihələndirilmiş açıq proqram təminatına malik pilotsuz uçuş aparatının prinsipial elektrik sxemi şəkil 2-də verilmişdir.



Şəkil 2. Açıq proqram təminatlı pilotsuz uçuş aparatının prinsipial elektrik sxemi

Prinsipial elektrik sxemi layihələndirildikdən sonra seçilmiş elementlərin optimal yerləşdirməsi-komponovkası EagleCad tətbiqi proqram vasitəsi ilə yerinə yetirilir. Bu proses uçuş kontrollerinin qabarit ölçülərini minimallaşdırması məqsədi ilə ikiüzlü plata üzərində yerinə yetirilir. EagleCad proqramında hazırlanan uçuş idarəetmə kontrollerinin çap lövhəsi şəkil 3-də verilmişdir.



Şəkil 3. Eagle proqramında hazırlanan uçuş idarəetmə kontrollerinin çap lövhəsi

Nəticə. STM32 mikrokontrolleri əsasında açıq proqram təminatlı uçuş kontrolleri işlənmiş və onun tətbiqi ilə kiçik ölçülü, az enerji sərfiyyatına malik, dəqiq koordinatlarla təmin edən və uzaqdan idarə olunan pilotsuz uçuş aparatının prinsipial elektrik sxemi layihələndirilmiş və onun uçuş idarəetmə sisteminin elektron platası işlənmişdir. İşlənmiş uçuş kontrollerinin istənilən növ kiçik ölçülü uçuş aparatlarının yaradılmasında istifadə olunmasını mümkün hesab etmək olar.

Ədəbiyyat

- [1] Nəbiyev R., Cabbarzadə V., Açıq proqram təminatlı uçuş idarəetmə kontrollerinin işlənməsi problemi, MAA, Azərbaycan, XXV Elmi-Texniki Tələbə Konfransı, (2024)
- [2] <https://hknfpv.com/drone-ucus-kontrol-karti-ne-ise-yarar/>

DEVELOPMENT OF AN OPEN-SOURCE FLIGHT CONTROL CONTROLLER**Cabbarzade V.R., Nabiyeu R.N.**

Abstract. Our main goal here is to develop and implement an open-source flight controller. Among these microcontrollers, the STM32 is the most commonly used as a flight controller due to its low power consumption and high performance, making it suitable for projects requiring these features. It is frequently used in fields such as IoT applications, smart home systems, sensor-based projects, and industrial automation. Sensors like the MPU6050 gyroscope, BME280 barometer, and HMC5883L magnetometer are more widely utilized. The NRF24L01 radio module is considered more appropriate for ensuring communication. The high sensitivity, low power consumption, I2C interface, and extensive library support of these sensors make them particularly suitable for developing control systems in unmanned aerial vehicles. The selected controller and sensors have been designed using the Eagle software and are deemed fit for use.

Keywords: UAV (Unmanned Aerial Vehicle), drone, flight control controllers, STM32, Eagle.



AEROKOSMİK MATERIALLARIN TƏDQIQI ÜÇÜN ULTRASƏS- TERMOQRAFİK NƏZARƏT ÜSULUNUN İŞLƏNMƏSİ

Musasoy R.Ç., Əhmədov E.Ə.

rmusasoy.60173@naa.edu.az

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Məqalədə Aerokosmik materialların tədqiqi üçün ultrasəs- termoqrafik nəzarət üsulunun işlənməsi məsələlərinə baxılmış, bu üsulun Aerokosmik materialların, o, cümlədən kompozit material və məmulatların tədqiqində yüksək effektivliyi müəyyən edilmiş, həmçinin, ultrasəs çevricilərinin istifadə edilməsilə ultrasəs stimulyasiyasının infraqırmızı termoqrafiyada tətbiqi perspektivləri araşdırılmışdır.

Açar sözlər: aerokosmik materiallar, kompozit, ultrasəs termoqrafiya, çevrici, stimulyasiya.

Giriş. Məlum olduğu kimi istilik nəzarət üsulu (İN) ən geniş tətbiq sahələrinə malik üsullardan biri hesab olunur. Bu üsul müxtəlif növ istilik stimulyasiyalarından istifadə edərək, metal, qeyri metal və kompozit material və məmulatlarda fərqli təbiətli defektlərin aşkar edilməsinə imkan verir. Hal-hazırda, ənənəvi üsullarla yanaşı istilik sahələri teploviziya ölçmələrilə müşayət olunan məmulatların müntəzəm və impuls stimulyasiya üsulu müvəffəqiyyətlə istifadə olunmaqdadır. Tədqiq olunan nəzarət obyektinin stimulyasiyası üçün, məhz ultrasəs (US) rəqslərinin daxil edilməsi və elektrik enerjisinin istiliyə çevrilməsində pyezoelektrik çevricilərdən (PEÇ), xüsusən də maqnitostriksion (MS) çevricilərdən istifadə edilir. Ultrasəs (US) stimulyasiyasının digər stimulyasiyalardan fərqi ondan ibarətdir ki, stimulyasiya zamanı obyektin ancaq defekt sahəsi güclü qızmaya məruz qalır, defektsiz sahələr isə soyuq olur.

1. *Passiv və aktiv zədəsiz istilik nəzarət (İN) üsulları.* Termal görüntüləmə diaqnostikası temperaturu ətraf mühitin temperaturundan fərqli olan obyektlərin əlavə istilik stimullaşdırılmasını tələb etməyən passiv istilik nəzarət üsulundan istifadə edir. Temperaturu ətraf mühitin temperaturuna yaxın və ya ona bərabər olan müxtəlif obyektlərdə yeraltı qüsurlara nəzarət etmək lazımdırsa, əlavə istilik stimullaşdırılması həyata keçirilməlidir. Bu proses həmçinin aktiv termal görüntüləmə rejimi adlanır və onun diaqramı (şəkil 1) göstərilmişdi. İstilik nəzarətin aktiv rejimi həm birtərəfli prosedurdadır (qızdırıcı və termal görüntüləyici nümunənin eyni tərəfindədir), həm də ikitərəfli prosedurdadır (qızdırıcı və termal görüntüləyici nümunə ilə ayrılır) istifadə edilə bilər. Birtərəfli nəzarət praktik sınaqlar üçün xarakterikdir, ikitərəfli nəzarət isə materialların TFX-ni (termofiziki xüsusiyyətlər) təyin etmək üçün daha çox laboratoriya sınaqlarında istifadə olunur.

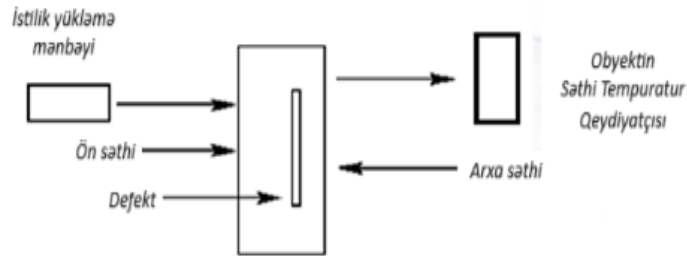
Termal görüntülər aşağıdakılara bölünür: portativ və stasionar, ölçən, ümumi təyinatlı və tədqiqi və s.

İN-də istifadə olunan termal görüntülərin əsas xüsusiyyətləri bunlardır: şəkil formatı: 160x120 və daha çox; daxili və ya dəyişdirilə bilən informasiya daşıyıcısında termoqramları rəqəmsal şəkildə qeyd etmək imkanı (SD-card, Flash-card); 7...13 μm dalğa uzunluğu diapazonunun istifadəsi (3...5 μm diapazon məqbuldur); Termoqramları periferik cihazlarda, xüsusən də yüksəksürətli giriş şınları (Fire Wire) vasitəsilə rəqəmsal qeyd etmək imkanı; soyudulmuş və/və ya soyudulmamış matris detektorlarının istifadəsi.

Aktiv İN-də istifadə olunan termal görüntülər, ilk növbədə nəzarət obyektlərinin növündən asılı olaraq xüsusiyyətlərinə görə fərqlənir.

Belə sistemlər üçün əsas tələblər bunlardır: akademik tədqiqatlarda istifadə olunan sistemlər 10 mk-a qədər temperaturun ayırd edilməsini və bir neçə on kHz-ə qədər kadr tezliyini təmin etməlidir; tipik şəkil formatı 320x240; ADC həlli 12...14 bit olmalıdır; yuxarıda təsvir olunan sistemlər üçün uzun müddət ərzində termoqramları qeyd etmək qabiliyyəti tələb olunur ki, bu da nümunənin səthində uzun

müddət ərzində temperaturun inkişafını müşahidə etməyə imkan verir; qüsurlardan gələn temperatur siqnallarının amplitudası kiçik olduğundan və onlar səs-küyə məruz qaldığından qabaqcıl rəqəmsal siqnal emal alqoritmlərindən istifadə etmək lazımdır; Aktiv TC sistemləri həm uzun dalğa (7...13 μm), həm də orta dalğa (3,5 μm) diapazonlarında işləyə bilər, baxmayaraq ki, qızdırıcılardan əks olunan şüalanma problemi orta dalğa diapazonunda işləyərkən daha əhəmiyyətlidir.



Şəkil 1. Aktiv istilik nəzarət(İN) sxemi

2. Aerokosmik kompozit material və məmulatlar. Kompozit materiallar adətən polimerdən, metaldan, karbondan, keramikadan və ya digər əsasdan (matrisdən), liflərdən hazırlanmış doldurucularla, filiform kristallardan, incə dispers hissəciklərdən və s. ibarətdir. Tələb olunan tərkibi seçməklə, doldurucu və matrisin (bağlayıcı) xassələrinə, onların nisbətinə xüsusi diqqət yetirməklə, əməliyyat və texnoloji xassələrin tələb olunan birləşməsinə malik materialları əldə etmək mümkündür. Möhkəmləndirici doldurucular kompozit materiallarda yükün əsas hissəsini daşıyır. Doldurucunun quruluşuna görə kompozit materiallar lifli (liflər və filiform kristallarla möhkəmləndirilmiş), laylı (plyonkalar, lövhələrlə möhkəmləndirilmiş), dispersiya ilə gücləndirilmiş və ya dispersiya ilə bərkidilmiş hissəciklər ((incə dispers hissəciklər şəklində doldurucu ilə) bölünür.

Aerokosmik texnologiyada ən çox istifadə olunan materiallar yüksək möhkəmlikli və yüksək modullu davamlı liflərlə gücləndirilmiş kompozit materiallardır. Belə materiallara aşağıdakılar daxildir: 1) termoset (epoksid, poliefir, fenol-formaldehid, poliamid və s.) və termoplastik bağlayıcılara əsaslanan, şüşə (fiberglas), karbon (karbon lifi), üzvi (orqanoplastika), bor (boroplastika) və digər liflərlə möhkəmləndirilmiş polimer kompozit materiallar;

2) Al, Mg, Cu, Ti, Ni, Cr ərintiləri əsasında bor, karbon və ya silisium karbid lifləri, habelə polad, molibden və ya volfram məfilləri ilə gücləndirilmiş metal kompozit materiallar;

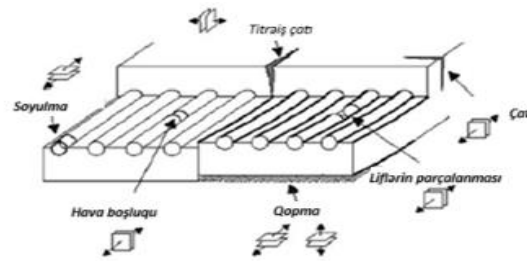
3) karbon lifləri ilə gücləndirilmiş karbon əsasında kompozit materiallar (karbon-karbon materialları);

4) karbon, silisium karbid və s. ilə möhkəmləndirilmiş keramika əsasında kompozit materiallar.

Lifli kompozit materiallar yorulma gücü, istiliyə davamlılıq, vibrasiya müqaviməti, səs-küy udma, zərbəyə davamlılıq və digər xüsusiyyətlərə görə metal və ərintilərdən üstündür.

3. *Kompozit material və məmulatların nəzarət üsulları.* Kompozit material və məmulatların nəzarət üsulları metallarda olduğu kimi, kompozit materiallarda da obyektin strukturunda qüsurları aşkar etmək üçün radiasiya, ultrasəs və vizual üsullardan istifadə edilir.

Kompozitlər çoxqatlı quruluşuna görə digər materiallardakı birləşmələrdən bir qədər fərqlənən özünə xas olan qüsurlu formalara malikdir. Tipik olaraq delaminasiyalar, kəsilmələr, lif qırılmaları, boşluqlar və yapışmanın olmaması, zərbə və vibrasiya çatlarıdır. Bu cür defektlərin bəzi növləri (şəkil 2) təsvir edilmişdi.



Şəkil 2. Kompozit materiallara xas olan müəyyən tip defektlər

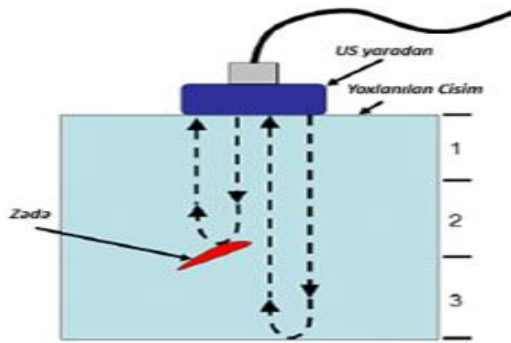
Vizual ölçmə üsulu (VÖÜ)– zədəsiz sınaqlarda istifadə edilən ən çox yayılmış üsullardan biridir. Nəzarətin ilk üsulu, bir qayda olaraq vizualdır, ondan sonra digər qeyri-dağıdıcı üsullardan istifadə tədqiqat obyektinin növündən asılı olaraq müəyyən edilir. Bu üsul insan gözüne görünən səth çatlarını və qüsurlarını aşkar etmək üçün istifadə edilə bilər və ya müxtəlif optik cihazlardan istifadə edərək, yoxlama obyektini qüsurlara və qeyri-bərabərliyə görə yoxlamaq yolu ilə vizual yoxlama aparılır. Bu nəzarət üsulu digər üsullar ilə birlikdə istifadə olunur. VÖÜ-nin əsas üstünlüyü onun yüksək effektivliyi və ucuz olmasıdır. VÖÜ-nin əsas çatışmazlığı onun yalnız səth qüsurlarını aşkar etməsidir.

Radiasiya üsulu. Radiasiya üsulunun istifadəsi çox vaxt xüsusi təhlükəsizlik tələbləri ilə əlaqəli olan laboratoriya şəraiti ilə məhdudlaşır. Bu metodun çatışmazlıqları aşağıdakılardır: birtərəfli nəzarətin qeyri-mümkünlüyü (nüfuz edən radiasiyanın geri səpilməsinin xüsusi və bahalı texnologiyaları istisna olmaqla), avadanlıq və istehlak materiallarının yüksək qiyməti, nəticələrin işlənməsi üçün xüsusi təchiz olunmuş laboratoriyaya ehtiyac. Bundan əlavə, sendviç kompozitləri vəziyyətində, defektin hansı təbəqədə yerləşdiyini müəyyən etmək mümkün deyil. Bu üsulun tətbiqinin məhdudlaşdırılması həm də obyektədən keçərkən radiasiyanın minimal zəifləməsi ilə əlaqədardır ki, bu da informasiyanın işlənməsini çətinləşdirir.

Termal üsul. Termal üsullarında nəzarət obyektində yayılan istilik enerjisi sınaq enerjisi kimi istifadə olunur. Obyektin səthinin temperatur sahəsi istilik ötürmə prosesinin xüsusiyyətləri haqqında məlumat mənbəyidir, bu da öz növbəsində daxili və ya xarici defektlərin mövcudluğundan asılıdır. İstilik ötürülməsi zamanı enerji ötürülməsinin üç üsulu həyata keçirilir: konveksiya ötürülməsi, istilik keçiriciliyi və radiasiya

4. Aerokosmik materiallar üçün ultrasəs-termoqrafik nəzarət üsulu. Ultrasəs nəzarət üsullarının prinsipi nəzarət obyektində yayılan material hissəciklərinin elastik titrəmələrinin qeydə alınmasına əsaslanır. Oyanmış hissəciklərin titrəmələri enerji ötürülməsi ilə müşayiət olunan elastik dalğaların yayılmasına səbəb olur. Ultrasəsin kosmosda yayılması dalğa prinsipi ilə həyata keçirilir. Materiallara ultrasəs rəqslərini daxil etmək və elektrik enerjisini akustik enerjiyə çevirmək üçün, bir qayda olaraq, piezoelektrik çeviricilər istifadə olunur. Laylı strukturların yeraltı təbəqələrində mövcud olan çatlar və təbəqələşmələr kimi qüsurları tapmaq üçün ultrasəs dalğalarının birbaşa və ya əks olunan şüalarının qeydə alınmasına əsaslanan üsullardan istifadə olunur; Belə üsullara exo, kölgə, güzgü-kölgə, exo-güzgü və delta üsulu daxildir.

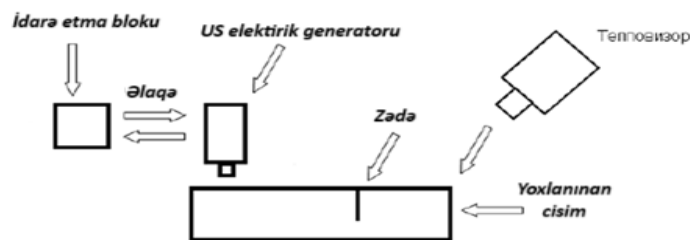
Exo üsulunun işləmə prinsipi defektdən əks olunan ultrasəs dalğasının qeydiyyatına əsaslanır (Şəkil 3). Kölgə üsulu yayıcı və qəbuledici arasında ultrasəs titrəyişlərinin amplituda fərqi müəyyən edilməsinə əsaslanır.



Şəkil 3. Ultrasəs nəzarət üsulunun prinsipi

Güzgü-kölgə üsulunun prinsipi əks səthdən əks olunan signalın amplitudasını ölçməkdən ibarətdir. Alt səthdən əks olunan signal amplitüdünün zəifləməsi halında, sınaq obyektində bir qüsurun olması barədə mühakimə etmək mümkündür. Exo-güzgü üsulu, iki piezoelektrik çevirici vasitəsilə obyektin skan edilməsi əməliyyatını həyata keçirir.

Kompozitlərdə çatlar şəklində qüsurları izləmək üçün tez-tez ultrasəs infraqırmızı termografiyası və impulsu optik istilik istifadə olunur. Bu İN üsulları əldə edilmiş məlumatların emalı prosesində ən informativdir. Bununla belə, vibrasiya-termik görüntüləmə metodu dar çatlar və təbəqələşmələr şəklində qüsurları aşkar etmək üçün daha yaxşı imkanlara malikdir. Bu, obyektin içərisində titrəmələrin meydana gəlməsi ilə izah olunur, bunun nəticəsində çatların kənarları istilik enerjisi yaradır. Bu vəziyyətdə, defektin formalaşma istilik "reflektoru" deyil, mənbəyidir. Səthin istiləşməsi zamanı həddindən artıq temperatur signalı T_{ad} yalnız qüsurun üstündə deyil, həm də qüsursuz zonalarda baş verir ki, bu da səthin qeyri-bərabərliyi nəticəsində yaranan səs-küy cərəyanının kontrastının görünüşünə səbəb olur. Ultrasəs stimullaşdırılması yalnız qüsurlar sahəsində üstünlük təşkil edən temperatur signalı ΔT yaradır və qüsursuz ərazilərin temperaturu "qaranlıq sahə prinsipi" adlanan ətraf mühitin temperaturu T_{amb} -a yaxın qalır. Nəticədə, bütün digər şeylər bərabər olduqda, defektlərin düzgün aşkarlanması ehtimalı artır. Qeyd etmək lazımdır ki, ultrasəs stimullaşdırılması zamanı temperatur signalının forması həmişə səthin istiləşməsi zamanı meydana gələn signalın forması ilə üst-üstə düşür. Bir çox hallarda, daxili defektlərin yalnız ayrı-ayrı sahələri divarların sürtünməsi səbəbindən nəzərəcarpacaq miqdarda istilik enerjisi yaradır, buna görə də səthin temperatur signalının topoqrafiyası inkişaf edən çatların sahələri ilə əlaqələndirilə bilər və artıq "formalaşmış" defektləri əks etdirmir. Alınan məlumatlar termal görüntü cihazından istifadə edərək qeyd olunur. Bu üsul müxtəlif şəraitlərdə də işləyən materialları təhlil edilməsində daha əlverişli hesab olunur. Təsir altında yaranan struktur qüsurları olan məmulatlarda güclü vibrasiya, titrəyişlər, temperatur sahələri qüsurlarda mexaniki vibrasiyadan enerjinin dağılması və materialda daxili sürtünmə nəticəsində istilik enerjisinə çevrilmələr nəticəsində yaranır. Bu metodun təsviri şəkildə (Şəkil 4.) göstərilmişdir.



Şəkil 4. Ultrasəs (US) termografik nəzarətin (TN) prinsipial sxemi

Nəticə. Tədqiqat işində aerokosmik materialların, o, cümlədən kompozit material və məmulatların tədqiqi üçün ultrasəs-termoqrafiya üsulu işlənilmiş, onun yüksək effektivliyi müəyyən edilmiş, həmçinin, ultrasəs çevricilərinin istifadə edilməsilə ultrasəs stimulyasiyasının infraqırmızı termoqrafiyada tətbiqi perspektivləri araşdırılmışdır.

Ədəbiyyat

- [1] Нестерук Д.А., Вавилов В.П. Тепловой контроль и диагностика. Учебное пособие для подготовки специалистов I, II, III уровня. Томск, 2007. 104 с.
- [2] Будадин О.Н. Тепловой метод неразрушающего контроля и диагностики технического состояния материалов, изделий и конструкций. - Докторская диссертация по специальности 05.02.11 - Методы контроля и диагностика в машиностроении, Санкт-Петербург, СЗПИ, 2001.
- [3] Kainer K.U. Metal Matrix Composites. Custom-made Materials for Automotive and Aerospace Engineering. WILEY-VCH 2006. 101
- [4] Вавилов В.П., Климов А.Г. Тепловизоры и их применение. -М.: Интел Универсал, 2002.- 86 с.
- [5] Вавилов В.П. Тепловые методы неразрушающего контроля: Справочник. М.: Машиностроение, 1991. - 264 с
- [6] Нестерук Д.А., Вавилов В.П. Тепловой контроль и диагностика. Учебное пособие для подготовки специалистов I, II, III уровня. Томск: 2007. 104 с.
- [7] Будадин О.Н. Тепловой метод неразрушающего контроля и диагностики технического состояния материалов, изделий и конструкций. - Докторская диссертация по специальности 05.02.11 - Методы контроля и диагностика в машиностроении, Санкт-Петербург, СЗПИ, 2001, - 564 с.

DEVELOPMENT OF ULTRASONIC-THERMOGRAPHIC CONTROL METHOD FOR THE STUDY OF AEROSPACE MATERIALS

Musasoy R.C., Ahmadov E.A.

Abstract. The article considers the development of ultrasonic - thermographic control method for the study of aerospace materials, determines the high efficiency of this method in the study of aerospace materials, including composite materials and products, and also examines the prospects for the application of ultrasonic stimulation in infrared thermography with the use of ultrasonic converters.

Keywords: aerospace materials, composite, ultrasonic thermography, transducer, stimulation.



ПРОЕКТИРОВАНИЕ БПЛА ДЛЯ АЭРОФОТОСЪЕМКИ

Гулиев К.К., Самедов А.С.

qul.kamran7@gmail.com

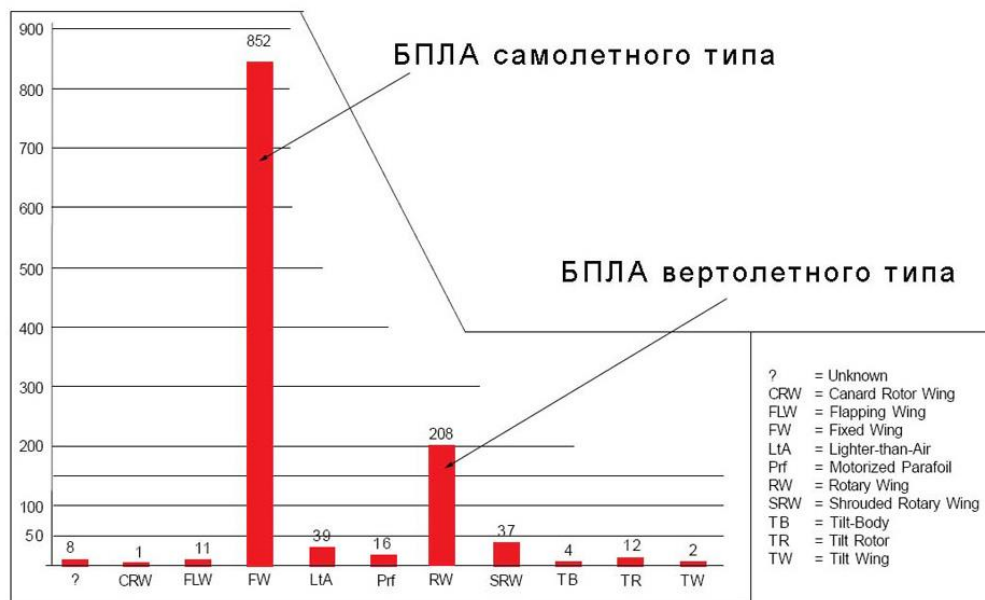
Национальная Академия Авиации, Азербайджан

Аннотация. В данной статье был рассмотрен расчёт беспилотного летательного аппарата для аэрофотосъёмки. Была рассчитана масса, выбрана камера и двигатели, при которых потребная мощность минимальна, что позволяет более эффективно использовать аккумуляторную батарею. Что в свою очередь увеличивает дальность и продолжительность полёта. Использование ИК-камеры в значительной мере может помочь в спасательных и разведывательных миссиях.

Ключевые слова: БПЛА, квадрокоптер, аэрофотосъемка, БПЛА вертолётного типа.

Введение. Тема проектирования беспилотного летательного аппарата (БПЛА) для аэрофотосъёмки выбрана ввиду её актуальности и значительного практического применения в различных отраслях, таких как картография, мониторинг сельскохозяйственных земель, экологические исследования и поисково-спасательные операции. Основные преимущества включают повышенную точность и скорость получения данных, снижение затрат по сравнению с пилотируемыми полетами, а также возможность работы в труднодоступных или опасных для человека условиях. В настоящее время достигнуты значительные успехи в разработке легких, энергоэффективных конструкций БПЛА, а также в интеграции высокоточных камер и сенсоров, что открывает новые горизонты для применения данной технологии.

1. Выбор концепции и тип БПЛА. Приоритет БПЛА самолетного и вертолётного типов над остальными можно проиллюстрировать следующей диаграммой (рис. 1):



2009/2010 UAS Yearbook - UAS: The Global Perspective - 7th Edition - June 2009 - Copyright Blyenburgh & Co
Page: 168/224

Рисунок 1. Соотношение числа БПЛА самолетного и вертолётного типов ко всем прочим (по данным UVS International).

Квадрокоптерный тип БПЛА является оптимальным выбором для аэрофотосъемки благодаря следующим преимуществам:

1. Маневренность: возможность вертикального взлета и посадки, а также зависания в воздухе обеспечивают высокую стабильность при съемке и позволяют работать в ограниченных пространствах.
2. Простота управления: интуитивное управление делает этот тип БПЛА удобным для операторов с разным уровнем подготовки.
3. Компактность: небольшие размеры и складные конструкции позволяют легко транспортировать устройство.
4. Экономичность: относительно низкая стоимость производства и эксплуатации по сравнению с другими типами БПЛА.
5. Универсальность: возможность оснащения различными камерами и сенсорами для решения широкого спектра задач.
6. Безопасность: низкий уровень риска при эксплуатации благодаря ограниченной скорости и встроенным системам предотвращения столкновений.

В результате проведенных исследований было бы целесообразно использовать концепцию квадрокоптерного типа которая состоит из следующей конструкции, указанной на рис. 2:

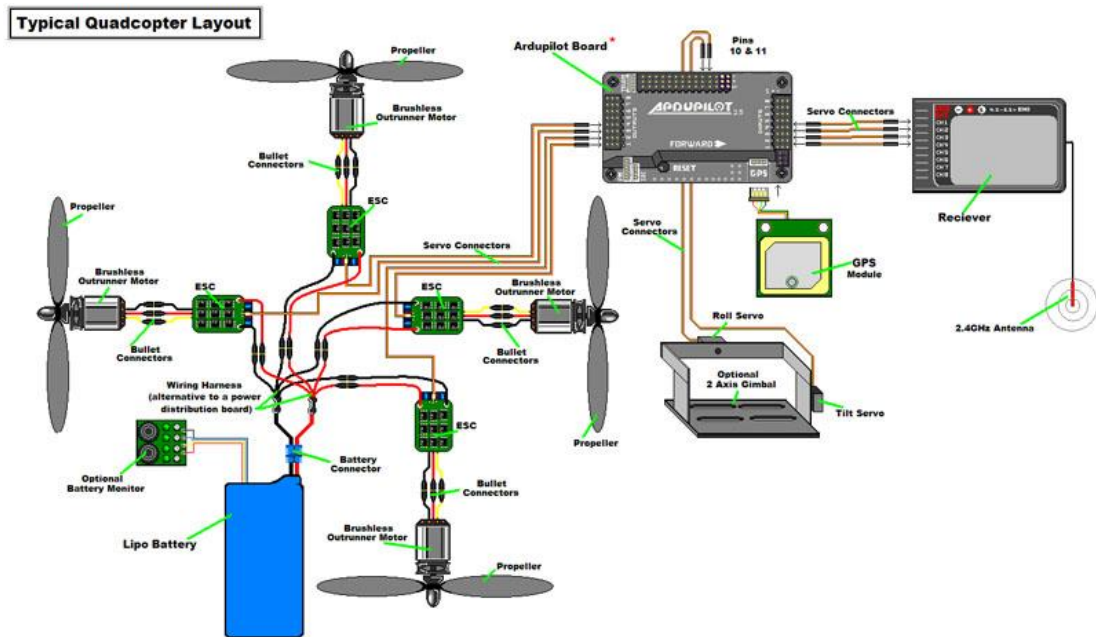


Рисунок 2. Концепция подключения компонентов квадрокоптерного типа БПЛА

Порядок работы:

1. Передача сигнала от пульта управления:
 - Пульт управления генерирует сигнал, который передаётся через 2.4 GHz антенну и принимается приёмником (Receiver) квадрокоптера.
 - Сигнал содержит команды, такие как взлёт, движение, повороты и управление камерой.
2. Обработка сигнала управляющей платой:
 - Сигнал из приёмника поступает на ArduPilot Board (управляющая плата).
 - Плата обрабатывает входящие команды и передаёт управляющие сигналы к другим компонентам (ESC, GPS, сервоприводам).
3. Контроль вращения моторов:

- Управляющая плата передаёт сигналы на регуляторы скорости (ESC), которые контролируют обороты каждого из бесколлекторных двигателей (Brushless Outrunner Motors).
- Это обеспечивает точное управление скоростью вращения пропеллеров для стабилизации и маневров квадрокоптера.

4. Питание системы:

- Энергия для всей системы подаётся от LiPo аккумулятора, который через разъём батареи подключён к регуляторам скорости и управляющей плате.
- Питание распределяется через жгут проводов или распределительную плату.

5. Стабилизация и аэрофотосъёмка:

- GPS-модуль обеспечивает позиционирование и удержание квадрокоптера на месте в пространстве.
- 2-осевой подвес (Gimbal) стабилизирует камеру для плавной съёмки. Сигналы для наклона и поворота камеры передаются через Roll Servo и Tilt Servo.

Начало и конец:

Начало: Сигнал от пульта управления (2.4 GHz антенна).

Процесс: Обработка управляющей платой и передача команд компонентам.

Конец: Реализация команд через моторы (для полёта) или камеру (для съёмки).

Методы исследования. В качестве прототипных были использованы следующие типы БПЛА, указанные в таблице 1. На основе данных прототипных беспилотников, в результате выполнения регрессионного анализа были получены следующие значения для проектируемого БПЛА, указанные в таблице №1.

Таблица 1. Данные прототипных БПЛА

№	Марка БПЛА	SwellPro Fisherman MAX	DJI Matrice 30	ACSL SOTEN	VESPER	P4 Multispectral
1	2	3	4	5	6	7
1.	Страна производитель	Россия	Канада	Канада	США	Китай
2.	Тип БПЛА	Квадрокоптер	Квадрокоптер	Квадрокоптер	Квадрокоптер	Квадрокоптер
3.	Максимальная взлетная масса	3.78 кг	4 кг	2 кг	1 кг	1.49 кг
4.	Масса камеры	176 г	—	102 г	84 г	—
5.	Вес батареи	1225 г	1370 г	504 г	100, 200 г	468 г
6.	Масса пустого	2.38 кг	2.52 кг	1.196 кг	0.597 кг	1.1 кг
7.	Максимальная скорость полета	20 м/с	23 м/с	15 м/с	20 м/с	16 м/с
8.	Максимальная скорость подъема	3 м/с	6 м/с	3 м/с	3 м/с	6 м/с
9.	Максимальный угол наклона	25°	35°	30°	25°	25°
10.	Максимальная высота полета	1500 м	5000 м	2000 м	4800 м	6000 м
11.	Максимальная дальность полета	1500 м	5000 м	2000 м	4800 м	—
12.	Время полета	30 мин.	41 мин.	25 мин.	50 мин.	27 мин.
13.	Размеры Д×Ш×В	522×522×192 мм	585×470×215 мм	637×560×153 мм	—	—
14.	Степень защиты	IP67	IP55	IP43	IP53	IP55

1	2	3	4	5	6	7
15.	Система геопозиционирования	GPS, Galileo	GPS, GLONASS, BeiDou, Galileo	GPS, GLONASS	GPS, GLONASS	GPS, GLONASS, Galileo
16.	Рабочая частота	2.4 GHz	2.4 GHz, 5.8 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz, 1.8 GHz	2.4 GHz, 5.8 GHz
17.	Рабочая температура	-10°C — 40°C	-20°C — 50°C	0°C — 40°C	-20°C — 45°C	0°C — 40°C
18.	Двигатель	4114 – 400 Kv	3511	—	—	—
19.	Тип винта	1655	1671	1650	8045	9455S
20.	Запись в инфракрасном режиме	Нет	Нет	Да	Да	Да

Взлётный вес вычисляется как:

$$W_{MTO} = W_{empty} + W_{battery} + W_{payload}, \quad (1)$$

W_{empty} (вес пустого планера, который включает в себя масса конструкции планера, всех систем и двигательной установки); $W_{battery}$ (вес энергоносителя, аккумулятор); $W_{payload}$ (вес полезной нагрузки 197 гр.).

Начальное значение взлётного веса было выбрано как 4.5 кг (W_{MTO}). Далее с помощью расчётов и преобразований, принимая во внимание таблицу из Раймера для расчёта отношения пустого веса самолёта (W_{empty}) к максимальному взлётному весу (W_{MTO}) [3], используя данные самолётов, близких к проектируемому (Homebuilt) были получены следующие оптимальные значения:

$$\left(\frac{W_{empty}}{W_{MTO}}\right) = AW_{MTO}^C K_{US}, \quad (2)$$

$$A_{HB} = 0.99; C_{HB} = -0.09;$$

K_{US} — переменная постоянная развертки

$K_{US} = 1.04$, если переменная развертка

$K_{US} = 1.00$ при фиксированной развертке

$$\left(\frac{W_{empty}}{W_{MTO}}\right) = 0.99 \cdot 4.5^{-0.09} \cdot 1$$

$$\left(\frac{W_{empty}}{W_{MTO}}\right) = 0.851$$

$$W_{empty} = \left(\frac{W_{empty}}{W_{MTO}}\right) \cdot W_{MTO}, \quad (3)$$

$$W_{empty} = 0.851 \cdot 4.5 = 3.83 \text{ кг}$$

Известно, что двигатели при полной мощности (T_{total}) должны составлять две массы квадрокоптера. Это требуется для того, чтобы беспилотник мог уверенно зависать, взлетать и совершать определенные маневры.

$$T_{total} = 2W_{MTO}, \quad (4)$$

$$T_{total} = 9 \text{ кг}$$

Так как у нас беспилотник вертолетного типа конфигурации «х» у нас имеется 4 двигателя. Тогда тяга одного двигателя при максимальной тяге составит:

$$T_{1eng} = \frac{T_{total}}{4}, \quad (5)$$

$$T_{1eng} = 2.25 \text{ кг}$$

При нормальном режиме (от 50% до 80% мощности двигателя) оно будет составлять:

$$T_{1eng05} = 1.125 \text{ кг}$$

Характеристики выбранного бесщеточного двигателя прямого тока изложены в таблице 2.

Таблица 2. Характеристики выбранного двигателя

Хоар Titan T4008 с пропеллером RJP-T-L 19X6		
50% мощности	Потребление	4.47 А
	Напряжение	100.3 В
	Тяга	1110 гр
	Эффективность	11.07 гр/В
100% мощности	Потребление	19.68 А
	Напряжение	432.6 В
	Тяга	2610 гр
	Эффективность	6.03 гр/В

Заключение. В данной статье рассмотрен расчет беспилотного летательного аппарата для аэрофотосъемки. Определен тип беспилотника, выбрана оптимальная камера, при которой масса дрона остается малой и компактной, что способствует более эффективному использованию аккумуляторной батареи. Этот подход приводит к увеличению дальности и продолжительности полета. Беспилотник будет отлично выполнять спасательные и разведывательные миссии в течении 40-50 минут. В целом, исследование подчеркивает перспективность аэрофотосъемок при помощи беспилотников.

Литература

- [1] Aircraft Design: A Conceptual Approach (Sixth Edition), Daniel P. Raymer, Conceptual Research Corporation Playa.
- [2] AIRCRAFT DESIGN: A Systems Engineering Approach, Mohammad H. Sadraey, Daniel Webster College, New Hampshire, USA.
- [3] Airplane Flight Dynamics and Automatic Flight Control, Roskam, J. (2007), DAR Corporation.
- [4] Automatic Flight Control Systems, Mclean, D. (1990), Prentice-Hall.
- [5] Dynamics of Flight-Stability and Control (3rd edn), Etkin, B. and Reid, L.D. (1996), Wiley-VCH Verlag GmbH.
- [6] Flight Stability and Automatic Control, Nelson, R. (1989), McGraw Hill.

DESIGN OF UAV FOR AERIAL PHOTOGRAPHY

Guliyev K.K., Samadov A.S.

Abstract. This article considered the calculation of an unmanned aerial vehicle for aerial photography. The mass was calculated, the camera and engines were selected, with which the required power is minimal, which allows for more efficient use of the battery. Which in turn increases the range and duration of the flight. The use of an IR camera can greatly help in rescue and reconnaissance missions..

Keywords: UAV, quadcopter, aerial photography, helicopter-type UAV.



HAVADA HƏRƏKƏTİ İDARƏETMƏ DİSPETÇERİNİN İŞ YÜKÜNÜN HESABLANMASI VAXTA ƏSASLANAN MODELİNDƏ VACİB ŞƏRTLƏR

Əliyev F.R., Muxtarov P.Ş.

aliyevferhad73@gmail.com

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Uçuş təhlükəsizliyinin idarə edilməsinin praktiki mexanizmi aviasiya hadisələrinin təsirindən qorunmaq üçün onların baş verməsini şərtləndirən amillərin məqsədyönlü axtarışına əsaslanır. Təhlükəli amillərin aşkarlanması ağır nəticələrə səbəb olmayan aviasiya insidentlərinə səbəb olan amillər haqqında məlumatların müntəzəm monitorinqi, toplanması, emalı və toplanması şəklində həyata keçirilə bilər. “İnsan-maşın-mühit” anlayışının geniş kateqoriyalı fəvqəladə hallar üçün istifadə olunmasına baxmayaraq, aviasiya qəzaları və insidentlərinin əksəriyyəti yol xidməti mütəxəssislərinin səhvləri, yəni insan amili ilə izah olunur.

Bu amillər vaxta əsaslanan havada hərəkəti idarəetmə (HHİE) dispetçerlərinin iş yükünün hesablanması həddindən artıq mürəkkəb olduğunu ortaya çıxarır və bu sahədə tədqiqatları davam etdirməyə vadar edir.

Lakin insan səhvləri çox vaxt HHİE sisteminin özündə olan çatışmazlıqların nəticəsidir (dispetçer növbələrinin işinin təşkilindəki çatışmazlıqlar, avadanlığın konstruktiv qüsurları, peşəkar hazırlığın qeyri-kafi səviyyəsi və normativ sənədlərdəki çatışmazlıqlar). Bu baxımdan, gələcəkdə qəzaya və ya insidentə səbəb ola biləcək zəncirin ilkin halqasını aşkar etmək lazımdır.

Beləliklə, hava hərəkətinə nəzarət zamanı uçuş təhlükəsizliyinə təsir edən təhlükəli amilləri aşkar etmək üçün konkret şəxsə təsir edə biləcək amilləri müəyyən etmək və onun səhvlərinin səbəblərini təhlil etmək lazımdır.

Açar sözlər: HHİE dispetçeri, frazeologiya radioəlaqə, vaxt, hava gəmisi, hava məkanı, hava yolları, koordinasiya, məlumatların toplanması, analizi və sintezi, qərar qəbul etmə, pilot, konflikt situasiyalar, risklər, əlahiddə hallar.

Giriş. Bu gün iş yükü və mürəkkəblik ölçüləri çox vaxt qeyri-dəqiq və subyektiv olur. Hazırda iki ən çox istifadə edilən iş yükü və mürəkkəbliyin ölçülməsi düsturları eyni ölçmə dəyişənlərindən istifadə edən monitor xəbərdarlıq seçimləri və qruplardır, təyyarələrin sayı və vaxt.

Hava nəqliyyatı dispetçerləri iş yükündən asılı olaraq iş çətinliyini necə qəbul edirlər.

Hava nəqliyyatının buraxılış qabiliyyəti bəzən axın darboğazına çevrilir.

ATC iş yükü və mürəkkəbliyi insanlar işə cəlb olunduqda vacib amillərdir. Təəssüf ki, iş yükü, mürəkkəblik və digər göstəricilər çox vaxt qeyri-dəqiq və subyektiv olur. Eyni zamanda, həm tarixi, həm də proqnozlaşdırılan hava hərəkəti hadisələrinin təhlili və başa düşülməsinə artan ehtiyac ATC mürəkkəbliyinin avtomatlaşdırılmış hesablanması alətlərini tələb edir.

Hava hərəkətinin planlaşdırılması nöqtəyi-nəzərindən iş yükünün və mürəkkəbliyin obyektiv qiymətləndirilməsi insan məsuliyyətinin müvafiq səviyyəsini müəyyən etmək üçün çox vacibdir.

Hava hərəkətinin iş yükünün və mürəkkəbliyinin qiymətləndirilməsi metodu qeyri-dəqiq hesab edilə bilər.

Hərəkət həcmnin artması səbəbindən mürəkkəbliyi və iş yükünü proqnozlaşdırmaq üçün həm tarixi, həm də gələcək məlumatların təhlili və anlaşılması tələb olunur.

- Hava hərəkətinə nəzarət mühitində mürəkkəblik amilləri hansılardır?

- Hansı amillər yanaşma sektorunda mürəkkəbliyə və iş yükünə daha çox təsir edir?

- Yaradılmış düstur hava hərəkəti dispetçerlərinin baxışları və bugünkü iş yükünün ölçülməsi ilə necə müqayisə olunur?

Çox vaxt iş yükünün mürəkkəbliyin sinonimi olduğu deyilir, lakin onlar arasında aşkar fərq var. Bundan əlavə, ATC mühitində mürəkkəbliyin necə təyin ediləcəyi ilə bağlı qeyri-müəyyənlik var.

İş yükü və mürəkkəblilik bir-biri ilə bağlıdır, çünki mürəkkəblilik əksər hallarda hava hərəkəti dispetçerinin iş yükünün artmasına səbəb olur.

Cədvəl 1. ATC-nin mürəkkəbliyinə təsir edən faktiki olaraq sonsuz sayda amillər

ATC-nin mürəkkəbliyinə təsir edən faktiki olaraq sonsuz sayda amillər var ki, onları dispetçerinin iş yükünü hesablayanda bunlara sərf edilən vaxt nəzərə alınmalıdır və onlar aşağıdakılardır			
1	Başqa ATC bölməsindən daxil olan uçuşla	25	Münaqişə müddətində olan təyyarələrin sayı
2	Dispetçerlərin diqqətini yayındıran amillər (məsələn, hündürlük siqnalları)	26	Münaqişə üçün ən kiçik vaxt
3	Digər hava hərəkəti dispetçerləri ilə əlaqə	27	Münaqişənin ümumi həlli çətinliyi, vaxta əsaslanaraq
4	Dırmaşan və enən təyyarələr	28	Nəzarətçinin yorğunluğu
5	Dırmaşan təyyarələrin sayı, tarixi maksimuma mütənasibdir	29	Nəqliyyatın həcmi
6	Digər diqqəti yayındıranlar (ATC ilə əlaqəli deyil)	30	Sektora daxil olan və ya çıxan uçuşlar
7	Fövqəladə əməliyyatlar	31	Səviyyə dəyişiklikləri
8	Göstərin (yəni, başqa bir ATCO-ya münaqişə və ya vəziyyəti müəyyən etmək)	32	Sektor sərhədinin yaxınlığı
9	Hərbi uçuşların sayı	33	Sektor dizaynı
10	Hündürlük dəyişikliyi	34	Sürət fərqi
11	İstiqamətin dəyişdirilməsi	35	Şaquli profil
12	İki istiqamətli konsentrasiya	36	Şaquli olaraq təhvil verilməli olan təyyarələr
13	Kəsişən hava yollarının sayı	37	Sektor axınının təşkili
14	Keçid münaqişəsinin qarşısının alınması	38	Nəqliyyat sıxlığı
15	Qət edilən orta məsafə	39	Təcili əməliyyatlar
16	Qeyri-adi hadisələr	40	Tezliyin həddindən artıq yüklənməsi
17	Məsafə münaqişəsi	41	Təyyarələr arasındakı üfüqi məsafə
18	Münaqişənin qarşısının alınması	42	Marşrut xəttinin yenidən qurulması (yəni marşrutun dəyişdirilməsi)
19	Məhdud hava məkanının olması	43	Təyyarələr arasında orta minimum üfüqi məsafə
20	Münaqişənin aşkarlanması və həlli arasındakı vaxt	44	Maksimuma mütənasib eniş təyyarələrinin sayı
21	Münaqişə 0-25nm proqnozlaşdırılır	45	Nəqliyyat sıxlığı, tarixi maksimuma mütənasibdir. Həmin hava məkanı üçün
22	Münaqişə 25-40nm proqnozlaşdırılır	46	Üfüqi uçuşlar
23	Münaqişə 40-70nm proqnozlaşdırılır	47	Üç istiqamətli konsentrasiya
24	Minimum məsafə 10nm	48	Zaman münaqişəsi

Dinamik sıxlıq, operativ hava hərəkəti dispetçerləri tərəfindən işlənib hazırlanmış və təsdiq edilmiş çəkili xətti funksiyadır.

Təyyarələrin hərəkəti müəyyən göstəricilərlə - kəmiyyət xüsusiyyətləri ilə xarakterizə olunur. Əsas kəmiyyət xüsusiyyətlərinə aşağıdakılar daxildir:

- havada hərəkətin sıxlığı;
- hava hərəkətinin intensivliyi;
- HHİE VS zonasının buraxılış qabiliyyəti;
- dispetçerin və HHİE VS iş yükü.

Öz ədədi ifadəsi olan bütün bu xüsusiyyətlər bir proses olaraq hava hərəkəti haqqında məlumat daşıyır. Təhlükəsizliyi təmin etmək üçün hava hərəkətinə nəzarət təkcə onun xüsusi komponentlərini deyil, bütün prosesin tam başa düşülməsini tələb edir.

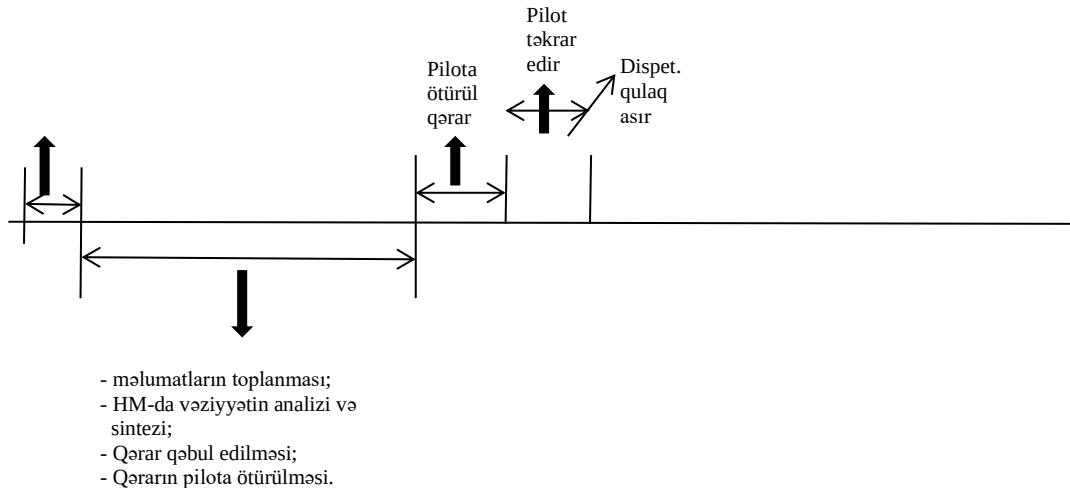
Dispetçerin iş yükü – nəzarətçinin hava hərəkəti xidmətləri üçün texnoloji əməliyyatları yerinə yetirməklə məşğul olma dərəcəsi. Dispetçerin iş yükü HHİE VS zonasının tutumuna birbaşa təsir edir və bir sıra amillərlə müəyyən edilir: hava hərəkətinin intensivliyi, idarə olunan təyyarənin uçuş performans xüsusiyyətləri, ATC prosesinin avtomatlaşdırılması səviyyəsi, idarəetmə mərkəzlərinin müşahidə, naviqasiya və rabitə üçün radio avadanlığı ilə təchiz edilməsi, iş yerində iş şəraiti, hava məkanının quruluşu, hava gəmilərinin axınlarının xüsusiyyətləri, nəzarətçinin emosional vəziyyəti və yaşı, onun ixtisası, işinin təşkili. dispetçer növbələri, həll olunan vəzifələrin xarakteri və s.

Dispetçerin icazə verilən maksimum iş yükü onun hava hərəkətini idarəetmə bölməsi kimi imkanlarını müəyyən edir. Dispetçerin imkanları dedikdə, dispetçerin hava hərəkətinin xüsusiyyətlərini və müəyyən edilmiş ATC texnologiyasını nəzərə alaraq, müəyyən hava məkanı strukturu altında müşahidə, naviqasiya və rabitə üçün mövcud radio avadanlığından istifadə edərək hava gəmilərinin maksimal mümkün axını ilə etibarlı və təhlükəsiz ATC-ni təmin etmək qabiliyyəti başa düşülür.

HHİE dispetçeri iş yerində oturub fasiləsiz Radar monitorunu və ya HHİE AS müşahidə edir, bu nə üçün lazımdır:

- onun idarə etdiyi hava məkanına nəzarət;
- bu HM-da hərəkət edən hava gəmilərinin hərəkətinə plana uyğun nəzarət;
- daxil olan məlumatların qəbulu və təhlili zamanı hava vəziyyətindəki dəyişikliklərin daimi monitorinqi;
- müəyyən edilmiş havada vəziyyətin modelinə uyğun olaraq hərəkətlərini planlaşdırmaq;
- hərəkətlərin icrası prosesində həyata keçirilən nəticələrin qiymətləndirilməsi və nəzarəti;
- məlumatların təhlili və sintezi;
- vaxtı-vaxtında HG-nin aşağı enməsi və ya yuxarı qalxmasını təhlükəsiz yerinə yetirmək üçün düzgün şifahi hesablama aparmaq;
- HG-nin arasında olan intervallara nəzarət (eyni hündürlükdə, HG-nin hündürlüyünü kəsəndə, kəsişən hava yollarında);
- vaxtında konflikt situasiyaları görüb onları həll etmək;
- riskləri görüb düzgün qərar qəbul vermək;
- əgər HG-nin sayı düşüüb düzgün qərar verməyə imkan verirsə, dispetçer yuxarıda göstərilənləri həll etmək üçün, müşahidə etməyə və düzgün qərar verməyə vaxt olur;
- əgər HG-nin sayı çoxdursa, onda müşahidə etmək çətinləşir, hər bir HG üçün qərar qəbul edib, pilota ötürmək lazımdır (ACC-də, 1 saat ərzində 50-dən çox HG hərəkətdə olduqda vaxt azalır və ola bilər düşünməyə vaxt qalmır);
- belə situasiyalarda dispetçerin oriyentasiyanı itirmək ehtimalı yüksəkdir.

Cədvəl 2. Dispetcerin vaxta əsaslanan iş yükü



Dispetçerin praktik olaraq bir HG üçün iş yükünü belə hesablamaq olar:

$$T_{\text{disp.ış yük}} = t_{\text{raz.sərf}} + t_{\text{qər.qəb}} + t_{\text{pilot.ötür}} + t_{\text{pilot.təkrar}} + t_{\text{münaq.vəz.həl.}}$$

Dispetçerin praktik olaraq bir HG üçün, əgər pilot səhv təkrar edərsə, iş yükünü belə hesablamaq olar:

$$T_{\text{disp.iş yük}} = t_{\text{korrd}} + t_{\text{qər.qəb}} + t_{\text{pilot.ötür}} + t_{\text{pilot.təkrar}} + t_{\text{münaq.vəz.həl.}} + t_{\text{təkrar.qər.qəb}} + t_{\text{təkrar.pilot.təkrar}}$$

Normal situasiyalarda, bir HG üçün, vaxta əsasən dispetçerin iş yükü.

Əgər uçuşların sayı çoxalırsa dispetçer üçün fikirləşib həll etməyə vaxt azalır, ya da qalmır.

Dispetçer HG üçün beynlə həll edilməli olan faktorlar, ətrafda heç kəs bilmir nə qədər vaxta fikirləşməlidir.

Göründüyü kimi intensivlik çoxaldıqca dispetçerin konfliktləri həll etmək üçün vaxt azalır və HG-nin sayı dispetçerin iş yükündən çox olduqda fikirlə konfliktli həll etməyə vaxt ümumiyyətlə qalmır. Belə vəziyyətdə uçuşların təhlükəsizliyini kim təmin edəcəkdir?

- həm də koordinasiya etməkdə çətinləşir, təhlükəsizliyi təmin etməyin faizi aşağı düşüb sifirə yaxınlaşır;

- dispetçer avtomatlaşdırılmış sistemdə hər hansı bir proseduru edib məlumatlanmaq üçün iki və ya üç pilləli operasiyanı yerinə yetirməlidir, buda vaxt tələb edir, HG-nin sayı çox olduqda bu mümkün olmur;

- bəzən HG-nin sayı o qədər çox olur ki, bir neçə HG radioəlaqəyə çıxmağa məqam tapmır, öz eşelonunda horizontal uçuşda hava məkanından uçub-keçir.

- HG-ləri çox olduqda, onlardan birində əlahiddə hal baş verərsə, dispetçer vaxtın çoxunu bu HG-inə sərf edəcək və konfliktləri görməyəcək, həm də bütün uçuşların təhlükəsizliyini təmin edə bilməyəcək;

- HG-ləri çox olduqda, yuxarıdakı deyilənləri nəzərə alaraq, söyləmək olar ki, dispetçerin stressə düşmək ehtimalı çox böyükdür;

- Yaddaş və təfəkkür - hava hərəkəti dispetçerinin peşəkar fəaliyyətində vacibliyi müəyyən edən əsas prosesdir.

HG-nin çox olduğu vaxtda ən vacib məsələ:

1. Yuxarı FL-dən hər hansı HG-də təzyiqsizləşdirmə baş verərsə, HGK təcili 4000 metr hündürlüyə enməyə başlayacaq və HHİE dispetçerinə məlumat verəcək. Əgər HG-i FL390 – dırsa 4000 metrə enmək üçün 26 FL kəsəcək, yəni 13 qarşı FL-i və 13 eyni istiqamətdə olan FL-i. İntensiv uçuşlarda bu çox təhlükəlidir.

2. Hər hansı konflikt situasiyada dispetçer diqqətini yönəldəcək bunu həll etməyə, o biri konflikt və ya risklər diqqətdən qaçacaq və bu çox təhlükəlidir, dispetçer oriyentasiyanı itirə bilər.

3. Hər hansı HG-ində yanğın baş verərsə, kapitanın qərarından asılı olaraq bu idarə etmə çox diqqət, dispetçer-pilot danışıqı, yəni vaxt çox aparacaq. Dispetçer başqa idarəetmədən yayınır, bu çox təhlükəlidir uçuşlar çox olduqda.

4. Başqa əlahiddə hallarda da belə hallar ola bilər intensiv uçuşlar vaxtı və bu hərəkətin idarə edilməsində problemidir.

5. Əgər idarə etmə zonasında frontal ildırım bulud olarsa, onu yandan keçmək böyük məsafə tələb edir, burda da HG-lərindən kimisi sağdan, kimisi soldan keçmək istədikdə, interval tənzimlənməsi pozulur, bu HG-nə diqqət çox olduğu üçün, intensiv uçuşlarda idarə etməyə vaxt çox az qalır, yada ümumiyyətlə çatmır.

Cədvəl 3. ATM dispetçeri ilə pilotun radioəlaqənin vaxta əsaslanan nümunə

AREA CONTROL UNITS			C	FASTAIR 345 CLEARED FOR DESCENT REPORT PASSING 5 500 FEET QNH 1014	10
Person	Task	Duration (s)	P	LEAVING 7 000 FEET WILL REPORT PASSING 5 500 FEET QNH 1014 FASTAIR 345	12
P	FASTAIR 345 REQUEST DESCENT	3	FLIGHTS JOINING AIRWAYS		
C	FASTAIR 345 MAINTAIN FL 350 EXPECT DESCENT AFTER BITOR	5	P	ALEXANDER CONTROL FASTAIR 345	4
P	MAINTAINING FL 350 FASTAIR 345	3	C	FASTAIR 345 ALEXANDER CONTROL	4
C	FASTAIR 345 MAINTAIN FL 350 UNTIL ADVISED	5	P	FASTAIR 345 REQUESTING CLEARANCE TO JOIN A1 AT MARLO	8
P	MAINTAINING FL 350 FASTAIR 345	4	C	FASTAIR 345 CLEARED TO GEORGETOWN FLIGHT PLANNED ROUTE FL 240. JOIN A1 AT MARLO AT FL 240.	14
C	FASTAIR 345 DESCEND TO FL 130 CROSS WICKEN VOR FL 170 OR ABOVE	8	P	CLEARED TO GEORGETOWN VIA MARLO FLIGHT PLANNED ROUTE FL 240. TO ENTER CONTROLLED AIRSPACE FL 240 FASTAIR 345	15
P	LEAVING FL 350 DESCENDING TO FL 130 CROSS WICKEN VOR FL 170 OR ABOVE FASTAIR 345	10	C	FASTAIR 345 CORRECT	3
C	FASTAIR 345 ADVISE IF ABLE TO CROSS WICKEN VOR AT 52	6	It may be that because of the prevailing traffic situation a clearance cannot be issued immediately		
P	FASTAIR 345 AFFIRM	3	C	FASTAIR 345 REMAIN OUTSIDE CONTROLLED AIRSPACE EXPECT CLEARANCE AT 55	10
C	FASTAIR 345 CROSS WICKEN VOR AT 52 OR LATER	5	P	REMAINING OUTSIDE FASTAIR 345	4
P	CROSS WICKEN VOR AT 52 OR LATER FASTAIR 345	6	FLIGHTS LEAVING AIRWAYS		
C	FASTAIR 345 LANDING DELAYS AT GEORGETOWN	12	C	FASTAIR 345 CLEARED TO LEAVE A1 VIA MARLO VOR.	12

	ADVISE IF ABLE TO LOSE TIME EN ROUTE			MAINTAIN FL 230 WHILE IN CONTROLLED AIRSPACE	
P	FASTAIR 345 AFFIRM	3	P	CLEARED TO LEAVE A1 VIA MARLO VOR. MAINTAINING FL 230 WHILE IN CONTROLLED AIRSPACE FASTAIR 345	12
C	FASTAIR 345 ADVISE IF ABLE TO PROCEED PARALLEL OFFSET	6	FLIGHTS HOLDING EN ROUTE		
P	FASTAIR 345 AFFIRM	3	C	FASTAIR 345 HOLD AT WICKEN VOR FL 220, EXPECT FURTHER CLEARANCE AT 02, LANDING DELAYS AT GEORGETOWN 20 MINUTES	15
C	FASTAIR 345 PROCEED OFFSET 5 MILES RIGHT OF ALPHA 1 UNTIL ABEAM WICKEN VOR	12	P	HOLDING AT WICKEN VOR FL 220 FASTAIR 345	8
P	PROCEEDING OFFSET 5 MILES RIGHT OF ALPHA 1 UNTIL ABEAM WICKEN VOR FASTAIR 345	12	C	FASTAIR 345 HOLD AT NORTH CROSS NDB FL 100	8
C	FASTAIR 345 REPORT REVISED ESTIMATE FOR NORTH CROSS NDB	8	P	HOLDING AT NORTH CROSS NDB FL 100. WHAT IS THE DELAY, FASTAIR 345	10
P	FASTAIR 345 ESTIMATE NORTH CROSS NDB 1246	6	C	FASTAIR 345 EXPECTED DELAY 10 MINUTES	6
POSITION INFORMATION			P	FASTAIR 345 ROGER	3
C	FASTAIR 345 REPORT WICKEN VOR	4	ATS SURVEILLANCE		
P	WILCO FASTAIR 345	3	C	FASTAIR 345 UNDER RADAR CONTROL	5
C	FASTAIR 345 WICKEN VOR 47 FL 350 MARLO VOR 55	8	P	ROGER FASTAIR 345	3
P	FASTAIR 345 ROGER	3	C	FASTAIR 345 RADAR CONTROL TERMINATED	6
C	FASTAIR 345 REPORT 25 MILES FROM WICKEN DME	8	P	ROGER FASTAIR 345	3
P	FASTAIR 345 WILCO		AUTOMATIC DEPENDENT SURVEILLANCE (ADS)		
C	FASTAIR 345 REPORT DISTANCE FROM STEPHENVILLE	8	C	FASTAIR 345 AUTOMATIC DEPENDENT SURVEILLANCE OUT OF SERVICE	8
P	FASTAIR 345 37 MILES	3	P	FASTAIR 345	2
C	FASTAIR 345 REPORT PASSING 270 RADIAL WICKEN VOR	9	EMERGENCY DESCENT		
P	FASTAIR 345 WILCO	3	P	FASTAIR 345 POSITION NORTH CROSS NDB EMERGENCY DESCENT TO FL 100 DUE TO DECOMPRESSION	15
C	FASTAIR 345 REPORT 25 MILES DME RADIAL 270 WICKEN VOR	10	C	ATTENTION ALL AIRCRAFT IN THE VICINITY OF NORTH CROSS NDB, EMERGENCY DESCENT IN PROGRESS FROM FL 350 TO FL 100, LEAVE A1 TO THE NORTH IMMEDIATELY	22
P	FASTAIR 345 WILCO	3	ACAS MANOEUVRES		

LEVEL INFORMATION			P	FASTAIR 345 TCAS RA	3
C	FASTAIR 345 WHEN READY DESCEND TO FL 180	7	C	FASTAIR 345 ROGER REPORT RETURNING TO CLEARANCE	8
P	DESCENDING TO FL 180 WILL REPORT LEAVING FL 350 FASTAIR 345	8	P	FASTAIR 345 CLEAR OF CONFLICT RETURNING TO CLEARANCE, NOW MAINTAINING FL 350	12
C	FASTAIR 345 CLIMB TO FL 220 REPORT PASSING FL 100	8	C	ALEXANDER CONTROL ROGER	4
P	CLIMBING TO FL 220 WILL REPORT PASSING FL 100 FASTAIR 345	9	C	FASTAIR 345 CLIMB TO FL 350	4
C	FASTAIR 345 DESCEND IMMEDIATELY TO FL 200 DUE TRAFFIC	8	P	FASTAIR 345 UNABLE, TCAS RA	4
P	LEAVING FL 220 FOR FL 200 FASTAIR 345	7	C	FASTAIR 345 ALEXANDER CONTROL ROGER REPORT MAINTAINING FL 310	8
An aircraft may request permission to leave controlled airspace by descent			P	FASTAIR 345 CLEAR OF CONFLICT FL 310 RESUMED	7
P	FASTAIR 345 REQUEST TO LEAVE CONTROLLED AIRSPACE BY DESCENT	9	C	ALEXANDER CONTROL ROGER	4

Cədvəl 3 – də “Manual of Radiotelephony” Doc 9432 AN/925 ICAO sənədindən götürülmüş frazeologiya radioəlaqə verilmişdir. ICAO sənədinə əsasən dəqiqədə 100 sözdən çox olmayan danışma sürətini qorumağı tələb edilir, çünki bundan sürətli ya pilot və ya HHİE dispetçeri ola bilər heç nə başa düşməsin.

Deməli ən sürətli radioəlaqə:

100 söz	1dəq (60 saniyəyə)
20 söz	12 saniyəyə
10 söz	6 saniyəyə
5 söz	3 saniyəyə

Praktik olaraq bu həm də HHİE dispetçerinin düşünüb qərar qəbul etməsi üçün intensivlik həddindən artıq çox olduqda vaxt az qalır ya da qalmır, cədvəl 1-də həmən amillər qeyd edilmişdir. Yəni HHİE dispetçerinin iş yükünü 60 dəqiqə vaxt ərzində vaxta əsaslanan hər hansı bir hesablama aparmaq qeyri mümkündür. Çünki dispetçerin işində hər 60 dəqiqədə 100% eyni olan situasiya baş vermir, gözlənilməyən dəyişkəndir və plana baxmayaraq eyni vəziyyət olmur.

Misal üçün Azərbaycan hava məkanında hava yollarının kəsişməsindən, 290 potensial konflikt nöqtələr vardır və bunlara prosedur konfliktləri əlavə etsək, deməli hər bir vaxt HHİE-də dispetçer mütləq bu situasiyalarla qarşılaşır və aradan qaldırır təhlükəsizliyi həll edir.

Ona görə cədvəl 1-də olan amillər bu düstura əlavə edilməlidir və bu da dəyişkən olduğu üçün HHİE dispetçerinin iş yükünün düzgün hesablanmasının mümkün olmamasından xəbər verir.

$$T_{\text{disp. iş yük}} = t_{\text{korrd}} + t_{\text{qər. qəb}} + t_{\text{pilot.ötür}} + t_{\text{pilot.təkrar}} + t_{\text{münaq.vəz.həl.}} + t_{\text{təkrar.qər.qəb}} + t_{\text{təkrar.pilot.təkrar}} + t_{\text{(başqa amillər)}}$$

Nəticə. Uçuşların axını zamanı bir təyyarə üçün standart dispetçer-pilot danışmaları orta hesabla 60 saniyə müddətinə çəkir. Əgər bir HG-nə 60 saniyə vaxt sərf olunursa, bir saat ərzində standart vəziyyətlərdə 60 HG-si idarə etmək mümkündür. Bu da standart situasiyada HHİE dispetçerinin iş yüküdür. Əgər bu gün Azərbaycan hava məkanında HHİE dispetçeri bir saatda maksimum 80 - 110

təyyarəni idarə edirsə bu dispetçerin iş yükünün aşması deməkdir. Bu xəbərdarlıq müvafiq tədbirlərin təcili görülməsinin vacibliyindən xəbərdar etməkdir.

Axına standart danışqlar + dəyişən mürəkkəblik danışqları (xüsusi hallarda və xüsusi şərtlərdə uçuşlar istisna olmaqla) daxildir.

60 san + 152 san = 212 saniyə təxminən: 3,5 dəqiqə;

Sonra bir saat ərzində 60 çıxır: $3,5 \approx 18$ BC

Ədəbiyyat

[1] “Manual of Radiotelephony”. Doc 9432 AN/925.

[2] Radio mübadilənin qaydaları və frazeologiyaları, A.V. Bədəlov V.P. Laktyushin, Sankt-Peterburq, 2024.

[3] ATC mürəkkəblik ölçüləri: Stokholm TMA-da iş yükünün və mürəkkəbliyin ölçülməsi üçün düsturlar, Amina Dervic Alexander Rank, 2015.

[4] “Hava hərəkətinin idarə edilməsində uçuşların təhlükəsizliyinin təmin edilməsi”, Ulyanovsk Ali Mülki Aviasiya İnstitutu, 2010-cu il.

[5] Radio mübadilənin qaydaları və frazeologiyaları – 2001.

IMPORTANT CONDITIONS IN THE TIME-BASED MODEL OF CALCULATING THE WORKLOAD OF THE AIR TRAFFIC CONTROL DISPATCHER

Aliyev F.R., Mukhtarov P.Sh.

Abstract. The practical mechanism of flight safety management is based on the purposeful search for factors that determine the occurrence of aviation events to protect against their effects. Detection of hazardous factors can be carried out in the form of regular monitoring, collection, processing and collection of information about factors that cause aviation incidents that do not have serious consequences. Although the concept of “Human-machine-environment” is used for a wide range of emergency situations, most aviation accidents and incidents are explained by errors of road service specialists, that is, the human factor.

These factors reveal that the calculation of the workload of time-based HHIE dispatchers is extremely complicated and lead to continued presentations in this area.

However, human errors are often the result of deficiencies in the HHIE system itself (deficits in the organization of the work of dispatcher queues, structural defects of the equipment, insufficient level of professional training and deficiencies in normative documents). In this regard, it is necessary to detect the initial ring of the chain, which may cause an accident or incident in the future.

Thus, in order to detect dangerous factors affecting flight safety during air traffic control, it is necessary to identify factors that can affect a specific person and analyze the reasons for his mistakes.

Keywords: dispatcher, phraseology radio communication, time, aircraft, airspace, airlines, coordination, data collection, analysis and synthesis, decision making, pilot, conflict situations, risks, individual cases, etc.



MULTİROTORLU PİLOTSUZ UÇUŞ APARATLARININ ELEKTRON SİSTEMİNİN ANALİZİ

Nadirli A.R., Məmmədov A.Z.

amilnadirli@mail.ru

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Multirotorlu pilotsuz uçuş aparatları (PUA) müasir texnologiyanın ən sürətlə inkişaf edən sahələrindən biridir və kənd təsərrüfatı, kartoqrafiya, kəşfiyyat, yük daşınması və fəlakət zamanı xilasetmə əməliyyatları kimi müxtəlif sahələrdə geniş tətbiq tapır. Bu cihazların uğuru, əsasən, onların elektron sistemlərinin effektivliyi və etibarlılığı ilə müəyyən olunur. Bu məqalədə, multirotorlu PUA-ların elektron sistemlərinin tərkibi, iş prinsipləri və performans xüsusiyyətləri təhlil edilmişdir. Elektron sistemlərə mikrokontrollerlər, sensorlar (giroskop, akselerometr, barometr, GPS), rabitə modulları və enerji təchizatı sistemləri daxildir. Mikrokontrollerlər uçuş alqoritmlərini icra edir, sensorlar mühit məlumatlarını toplayır, rabitə modulları məlumat ötürür və enerji sistemləri effektiv enerji istifadəsini təmin edir. Lakin, enerji istehlakı, rabitə məsafəsi və mürəkkəb mühit şəraitinə uyğunlaşma kimi çətinliklər hələ də mövcuddur. Bu problemlərin həlli üçün yeni nəsil enerji sistemləri, daha güclü rabitə modulları və dəqiq sensorların tətbiqi tövsiyə olunur. Bu tədqiqat, multirotorlu PUA-ların elektron sistemlərinin daha yaxşı başa düşülməsinə və gələcək tədqiqat istiqamətlərinin müəyyənləşdirilməsinə kömək edəcəkdir.

Açar sözlər: multirotorlu PUA, elektron sistem, mikrokontroller, sensor, uçuş dinamikası, rabitə modulları.

Giriş. Son zamanlarda PUA-ların yaradılması dinamik inkişaf edən istiqamətlərdəndir. PUA-lar son onilliklərdə texnologiyanın sürətlə inkişafı ilə birlikdə həm mülki, həm də hərbi sahələrdə geniş tətbiq tapmışdır. PUA-lar bu gün artıq aerofoto, aerovideo çəkilişlər və həmçinin bortda əlavə avadanlıqların quraşdırılması ilə ətraf mühitin müxtəlif parametrlərinə nəzarətin aparılması, o cümlədən kənd təsərrüfatı, mədənçilik, tikinti, təbii fəlakətlərin monitorinqi, meteorologiya və arxeologiya kimi sahələrdə də geniş istifadə olunur [1]. Multirotorlu PUA-lar, xüsusilə dörd və ya daha çox rotoru olan modellər, yüksək manevr qabiliyyəti, sabit uçuş xüsusiyyətləri və nisbətən aşağı qiyməti ilə diqqət cəkir. Multirotorlu PUA-ların effektivliyi və funksionallığı birbaşa onların elektron sistemlərinin düzgün dizaynı və idarə edilməsindən asılıdır. Elektron sistemlər, aparatın uçuş dinamikasını idarə edən, mühit məlumatlarını toplayan və real vaxtda qərarlar qəbul edən komponentlərdən ibarətdir. Bu sistemlərə mikrokontrollerlər, sensorlar (giroskop, akselerometr, barometr, GPS), rabitə modulları və enerji təchizatı sistemləri daxildir. Son illərdə multirotorlu PUA-ların elektron sistemləri üzərində aparılan tədqiqatlar [2, 3], bu cihazların daha da inkişaf etdirilməsi üçün geniş imkanlar yaradır. Lakin, bu sistemlər hələ də enerji istehlakı, rabitə məsafəsi, mühit şəraitinə həssaslıq və mürəkkəb alqoritmlərin tətbiqi kimi çətinliklərlə üzləşir. Bu problemlərin həlli, multirotorlu PUA-ların daha geniş tətbiq sahələri tapması və daha etibarlı olması üçün vacibdir.

Məqalədə, multirotorlu PUA-ların elektron sistemlərinin tərkibi, iş prinsipləri və performans xüsusiyyətləri ətraflı şəkildə təhlil edilmişdir. Aparılan tədqiqatlar nəticəsində, bu sistemlərin optimallaşdırılması üçün təkliflər irəli sürülür. Məqalənin əsas məqsədi, multirotorlu PUA-ların elektron sistemlərinin daha yaxşı başa düşülməsinə və bu sahədə yeni tədqiqat istiqamətlərinin müəyyənləşdirilməsinə kömək etməkdir.

1. Əsas elektron komponentlərin təhlili

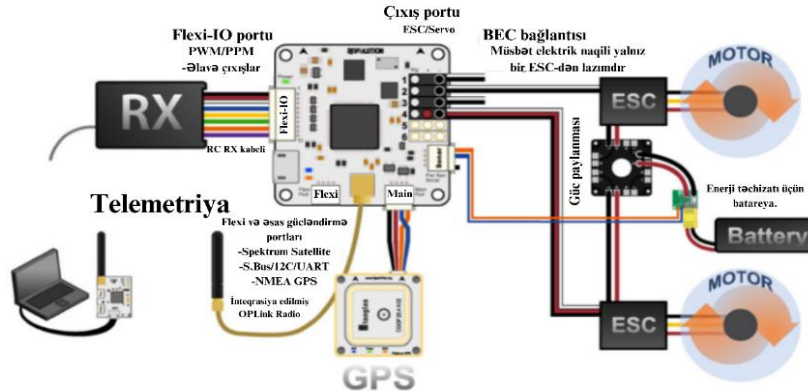
Multirotorlu PUA-ların elektron sistemlərində istifadə olunan əsas elektron komponentlərdən bəziləri haqqında məlumatı cədvəl 1-də göstərilmişdir. Bu komponentlər PUA-ların uçuş dinamikasını,

sabitliyini və ümumi performansını təmin edir.

Cədvəl 1. Multirotorlu PUA-ların elektron sistemlərində istifadə olunan əsas elektron komponentlər

1. Uçuş kontrolleri (Flight Controller) [4]		
Adı	Pixhawk 4	Uçuşu idarəetmə sistemi
İş prinsipi	ARM Cortex-M4 prosessoru	Sensor məlumatlarını emal edir və uçuş alqoritmlərini icra edir
Tezlik	168 MHz	Yüksək hesablama sürəti
Yaddaş	2 MB Flash, 256 KB RAM	Program və məlumatların saxlanması
Sensor dəstəyi	Giroskop, akselerometr, barometr	Uçuş dinamikasını və hündürlüyü təmin edir
Rabitə interfeysi	UART, I2C, SPI	Sensorlar və digər modullarla əlaqə
2. Giroskop və Akselerometr (IMU - Inertial Measurement Unit)		
Adı	MPU-6050	6 oxlu sensor
İş prinsipi	MEMS texnologiyası	Bucaq sürəti və təcili ölçür
Akselerometrin ölçmə diapazonu	$\pm 250, \pm 500, \pm 1000, \pm 2000$ °/s	Bucaq sürəti üçün
Giroskoopun ölçmə diapazonu	$\pm 2g, \pm 4g, \pm 8g, \pm 16g$	Təcil ölçmə üçün
Rabitə interfeysi	I2C	Mikroprosessor ilə əlaqə
3. GPS Modulu [5]		
Adı	u-blox NEO-M8N	Yüksək dəqiqlikli GPS modulu
İş prinsipi	GNSS (Global Naviqasiya Sistemi)	Yer kürəsində dəqiq mövqeyi təyin edir
Tezlik	10 Hz	Mövqe məlumatlarının yenilənmə sürəti
Dəqiqlik	2.5 m (SBAS aktiv olduqda)	Yüksək dəqiqlikli mövqe təyini
Rabitə interfeysi	UART	Mikroprosessor ilə əlaqə
4. Elektron sürət tənzimləyicisi (ESC - Electronic Speed Controller)		
Adı	BLHeli 32A ESC	Motorların sürətini idarə edir
İş prinsipi	PWM signalının emalı	Mikrokontrollerdən gələn siqnallara əsasən motor sürətini tənzimləyir
Tezlik	48 kHz	Yüksək tezlikli signal emalı
Cərəyan	32 A (maksimum)	Motorun cərəyan tələbatını qarşılayır
Rabitə interfeysi	PWM, DShot	Mikroprosessor ilə əlaqə
5. Batareya (LiPo Batareya)		
Adı	LiPo 4S 14.8V 5200mAh	Yüksək tutumlu batareya
İş prinsipi	Kimyəvi enerjinin elektrik enerjisinə çevrilməsi	Aparatın enerji təchizatını təmin edir
Gərginlik	14.8 V (nominal)	Elektron sistemlər üçün tələb olunan gərginlik
Tutum	5200 mAh	Uçuş müddətini təmin edir
Şarj Dövrü	200-300 dövrə	Batareyanın ömrü
6. Rabitə Modulu (Telemetriya)		
Adı	FrSky R9M	Uzun məsafəli rabitə modulu
İş prinsipi	900 MHz tezlik diapazonu	Uçuş məlumatlarını yer stansiyasına ötürür
Tezlik	868 MHz / 915 MHz	Regiondan asılı olaraq tezlik diapazonu
Məsafə	10 km (açıq sahədə)	Uzaq məsafəli idarəetmə və məlumat ötürülməsi
Rabitə Interfeysi	SBUS, PPM	Mikroprosessor ilə əlaqə

Bu cədvəl vasitəsilə multirotorlu PUA-ların əsas elektron komponentləri haqqında ətraflı məlumat əldə etmək olar. Hər bir komponentin iş prinsipi, texniki xüsusiyyətləri və funksiyaları aydın şəkildə izah olunub. Şəkil 1-də multirotorlu pilotsuz uçuş aparatının əsas konfigurasiyası göstərilmişdir.



Şəkil 1. Multirotorlu pilotsuz uçuş aparatının əsas konfigurasiyası

Burada multirotorlu PUA-nın uçuş idarəetmə sisteminin texniki xüsusiyyətlərini və bağlantı seçimləri təsvir edilir. Şəkil 1-də əsas komponentlər və onların funksiyaları qeyd olunub:

1. Çıxış portu: PWM/PPM siqnallarını dəstəkləyir və 9 kanal çıxışı təqdim edir.
2. BEC bağlantısı: yalnız bir ESC üçün müsbət elektrik kabeli təmin edir.
3. Telemetriya: spektrum satellite, S.Bus/12C/UART və NMEA GPS kimi protokolları dəstəkləyir. OPLink Radio inteqrasiya edilmişdir.
4. ESC: enerji təchizatı üçün batareya ilə birləşdirilir və motorun sürətini idarə edir.
5. Batareya: motor və ESC üçün enerji mənbəyidir.

Tədqiqat zamanı multirotorlu PUA-nın elektron sistemləri aşağıdakı komponentlər əsasında təhlil edilmişdir:

1. Mikroprosessorlar: uçuş idarəetmə alqoritmlərini icra edən əsas komponent.
2. Sensorlar: giroskop, akselerometr, barometr və GPS kimi sensorlar vasitəsilə mühit məlumatlarının toplanması.
3. Rabitə modulları: uçuş məlumatlarının yer stansiyasına ötürülməsi və idarəetmə əmrlərinin qəbulu.
4. Enerji təchizatı: batareya və enerji idarəetmə sistemləri.

Nəticə və müzakirələr. Multirotorlu PUA-ların elektron sistemlərinin təhlili onu göstərir ki, bu sistemlər aparatın uçuş performansına birbaşa təsir edir. Mikrokontrollerlərin hesablama qabiliyyəti, sensorların dəqiqliyi və rabitə modullarının etibarlılığı, PUA-ların sabit və təhlükəsiz uçuşunu təmin edir. Lakin, bu sistemlər hələ də enerji istehlakı, rabitə məsafəsi və mürəkkəb mühit şəraitinə uyğunlaşma kimi çətinliklərlə üzləşir. Tədqiqat nəticələri göstərir ki, yeni nəsil enerji təchizatı sistemləri (məsələn, yüksək tutumlu batareyalar və günəş enerjisi ilə işləyən sistemlər) PUA-ların uçuş müddətini artırmaqla yanaşı, daha güclü rabitə modullarının tətbiqi, uzaq məsafəli əməliyyatların təhlükəsizliyini və effektivliyini artırmaqla yanaşı, bu təkmilləşdirmələr, multirotorlu PUA-ların daha geniş tətbiq sahələri tapmasına və daha effektiv işləməsinə şərait yaradacaqdır.

Təkliflər. Gələcək tədqiqatlar üçün aşağıdakı istiqamətlər planlaşdırılır:

1. *Enerji təchizatının optimallaşdırılması:* daha yüksək enerji səmərəliliyi olan batareya texnologiyalarının tətbiqi.
2. *Sensorların dəqiqliyinin artırılması:* daha dəqiq məlumat toplamaq üçün yeni nəsil sensorların istifadəsi.
3. *Rabitə sistemlərinin təkmilləşdirilməsi:* uzun məsafəli və daha etibarlı rabitə protokollarının tətbiqi.

Ədəbiyyat

- [1] A.Z. Mammadov [On-Board Equipment and Application Areas of Unmanned Aerial Vehicles] Herald of the Azerbaijan Engineering Academy, 2024, vol. 16, № 2, pp. 7-18 (in Azerbaijani).
- [2] Ligorio, G., & Sabatini, A. M. (2016) Dealing with magnetic disturbances in human motion capture: a survey of techniques. Micromachines, 7(1).
<https://www.mdpi.com/2072-666X/7/1/3>
- [3] Zakrzewski, R., Sadok, M., & Zeliff, B. (2004) Video-Based Cargo Fire Verification System for Commercial Aircraft. Goodrich Corporation, USA, AUBE 2004 Conference, 291.
https://www.researchgate.net/publication/228639366_Mild_solutions_for_the_one-dimensional_Nordstrom-Vlasov_system
- [4] DJI Official Website Pixhawk 4 Flight Controller Specifications.
<https://www.dji.com/global>
- [5] u-blox Official Website NEO-M8N GPS Module Datasheet.
<https://www.u-blox.com/en/product/neo-m8-series>

ELECTRONIC SYSTEM ANALYSIS OF A MULTIROTOR UNMANNED AERIAL VEHICLES**Nadirli A.R., Mammadov A.Z.**

Abstract. Multirotor unmanned aerial vehicles (UAVs) are one of the most rapidly advancing fields of modern technology and are widely used in various sectors such as agriculture, mapping, surveillance, cargo delivery, and disaster response. The success of these devices is primarily determined by the efficiency and reliability of their electronic systems. This article analyses the composition, working principles, and performance characteristics of the electronic systems in multirotor UAVs. These systems include microcontrollers, sensors (gyroscopes, accelerometers, barometers, GPS), communication modules, and power supply systems. Microcontrollers execute flight control algorithms, sensors collect real-time environmental data, communication modules enable data transmission, and power systems ensure efficient energy utilization. However, challenges such as energy consumption, limited communication range, and adaptability to complex environmental conditions still persist. To address these issues, the implementation of next-generation power systems, more robust communication modules, and advanced sensors is recommended. This study enhances the understanding of UAV electronic systems and helps identify future research directions.

Keywords: multirotor UAVs, electronic systems, flight controllers, sensors, power management, communication modules.



АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ РЕСУРСНЫХ ИСПЫТАНИЙ ПОДШИПНИКА КАЧЕНИЯ

Попов М.И., Рекадзе П.Д.

mikhail7020@gmail.com

Самарский университет, Российская Федерация

Аннотация. Классические методы ресурсных испытаний подшипников имеют ряд недостатков, связанных с дороговизной и длительностью испытаний, а также с влиянием множества факторов на процесс разрушения подшипника. Перспективным направлением является развитие современных методов ресурсных испытаний, основанных на технологии ускоренных эквивалентных испытаний. Данный подход позволяет сократить время ресурсных испытаний за счёт использования внешней генераторной системы, ускоряющей процесс разрушения подшипника. В работе выполнен расчёт действующих на тело и дорожки качения нагрузок. Проведён анализ долговечности элементов конического подшипника с точки зрения контактной выносливости. Рассчитано эквивалентное количество циклов нагружения для ускоренных испытаний. Также дана оценка возможности применения энергетических подходов и критериев разрушения металлов для организации ресурсных испытаний.

Ключевые слова: подшипник; ресурсные испытания; высокочастотное пульсирующее воздействие; контактная выносливость; циклы нагружения.

Введение. Одним из главных показателей, характеризующих подшипник, является его расчётный ресурс (долговечность), который определяется либо теоретически (согласно методикам, разработанным ведущими производителями подшипников и исследовательскими группами), либо экспериментально с помощью специализированных стендовых установок.

Современные методики расчётов долговечности подшипников качения общего машиностроения [1, 2, 3] основываются на формуле контактной усталости Лундберга-Пальмгрена, которая берёт начало от известной кривой объёмной усталости Веллера и дополняется коэффициентами, учитывающими надёжность, качество материала, точность исполнения узла, условия смазывания подшипника и износ тел и дорожек качения.

Главным недостатком расчётных способов определения ресурса является в т.ч. идеализированность условий нагружения, сложность учёта комбинированного влияния режимов нагружения, системы дополнительных факторов (загрязнённости смазки, неоднородности и несплошности деталей подшипника и др.).

Отсутствие экспериментальных методов определения ресурса подшипников в заданных условиях эксплуатации, в том числе учитывающих характер эксплуатационного нагружения, объясняется большой длительностью и энергозатратностью испытаний. В. И. Санчугов [4] отмечает, что опыт работ по созданию методов ускоренных испытаний техники в авиационной промышленности позволяет предполагать, что сроки отработки ресурса подшипника могут быть сокращены в десятки и сотни раз.

Одним из способов интенсификации режимов испытаний подшипников является создание циклов высокочастотного нагружения с размахом контактного напряжения, равным максимально допустимому контактному напряжению в подшипнике (рисунок 1).

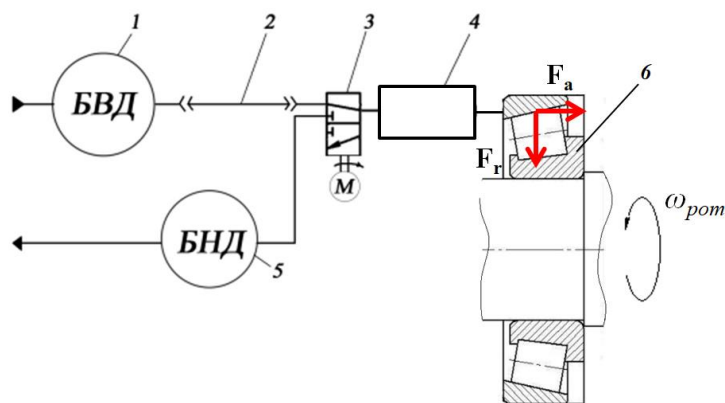


Рисунок 1. Принципиальная схема возбуждения колебаний силы, действующей на внешнее кольцо подшипника: 1 – баллон высокого давления; 2 – резонансный трубопровод; 3 – генератор колебаний; 4 – гидромеханический блок нагружения подшипника; 5 – баллон высокого давления; 6 – подшипник [4]

В условиях нагружения пары «ролик-кольцо» внешним генератором по пульсирующему циклу нагрузка может упасть от максимальной практически до нулевой, что с одной стороны отличает процесс от классической формы протекания, с другой стороны запускает большее число продольных волн, согласно теории Эрлиха, могут привести к потере продольной устойчивости поверхностного слоя материала и его вспучиванию [5]. При этом между поверхностным и нижележащими слоями возникают растягивающие напряжения и деформации, которые могут стать причиной нарушения сплошности материала и образования первичных подповерхностных трещин, развивающихся в прогрессирующий питтинг.

Энергетические теории как при построении нагрузочных характеристик [6], так и при проектной аналитической оценке ресурса подшипников [1] также нашли широкое применение, особенно в последнее время, что связано как с их фундаментальностью, так и, следовательно, с более достоверными результатами.

Таким образом, достоверное определение ресурса подшипника качения в условиях многофакторности вероятно слабо реализуемо расчётными способами, т.к. таковые должны учитывать в математических моделях значительное количество регулируемых факторов с обратной связью. Наиболее достижимая цель – это создание технологии определения ресурса подшипника качения на основе методов ускоренных эквивалентных испытаний (УЭИ), позволяющей получить более полное представление о долговечности подшипников.

Методы исследования. В ходе анализа заданного режима нагружения конического подшипника были определены силы, которые действуют на тела и дорожки качения, а также действующие в зоне контакта ролика и дорожки нормальные напряжения. Проведён анализ долговечности элементом конического роликового подшипника качения с точки зрения усталостной прочности в контакте тела и дорожки качения, по результатам которого наиболее слабым элементом является зона дорожки качения (обоих колец), испытывающая максимальное нагружение. Рассчитано эквивалентное количество циклов нагружения для ускоренных ресурсных испытаний.

Результаты и обсуждение. Классические низкочастотные методы ресурсных испытаний подшипников качения, основанные на многоцикловом нагружении в строго ограниченном диапазоне нагрузок, уже давно не удовлетворяют требованиям отрасли производства подшипников качения. Во-первых, ввиду дороговизны организации испытаний и их длительности, а во-вторых, ввиду появления новых парадигм в области усталости металлов.

Таким образом для определения фактической долговечности подшипника необходимо проводить ресурсные испытания.

Современный метод на основе технологии УЭИ, развиваемый научной группой под руководством В. И. Санчугова, имеет ряд преимуществ ввиду ускоренного приведения к разрушению за счёт использования внешней генераторной системы, хотя количественная оценка эффективности этого метода и обоснование практической применимости в части подшипников качения на данном этапе остаются не раскрытыми.

Авторами в статье [7] также приведено доказательство, объективно показывающее, что с точки зрения усталостной прочности в контакте тела и дорожки качения (на примере конического роликового подшипника) наиболее слабым элементом будет зона дорожки качения (обоих колец), испытывающая максимальное нагружение внешней силой. Это положение упрощает подход к организации технологии УЭИ, но и одновременно требует ряда уточнений, связанных с процессом распространения волн напряжений в поверхностных слоях дорожки качения кольца при высокочастотном нагружении.

Адаптация и применение энергетических подходов и критериев разрушения металлов могут быть актуальными и в области ресурсных испытаний, чтобы дать ответы на поставленные вопросы, но для этого необходимы дополнительные теоретические и экспериментальные исследования.

Результаты исследования были получены в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России (Проект №FSSS-2024-0015).

Литература

- [1] Анцупов, А. В. Проектная аналитическая оценка ресурса подшипников качения по критерию контактной выносливости / А. В. Анцупов (мл.), А. В. Анцупов, В. П. Анцупов, М. Г. Слободянский // Вестник ИрГТУ. Машиностроение и машиноведение. – 2018. – Т. 22, № 4. – С. 10-20.
- [2] Лёликов, О. П. Подшипники качения: Справочник / О. П. Лёликов. – 2-е изд., испр. – М.: Инновационное машиностроение, 2021. – 667 с.
- [3] Пилла, К. К. Разработка обобщённой методики расчёта долговечности авиационных подшипников качения с учётом износа и вероятности неразрушения деталей опорного узла: дис. канд. техн. наук: 01.02.06 / Пилла Кловис Коие. – Самара, 2022. – 135 с.
- [4] Санчугов, В. И. Основные проблемы создания средств и методов ускоренных эквивалентных испытаний подшипников / В. И. Санчугов, С. С. Мещеряков // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2007. – Т. 9, № 3. – С. 835-841.
- [5] Пинегин, С. В. Контактная прочность и сопротивление качению / С. В. Пинегин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1969. – 244 с.
- [6] Сорокин, Ф. Д. Разработка энергетической модели роликового подшипника / Ф. Д. Сорокин, Хао Чжан, В. В. Иванников // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2018. – № 696. – С. 14-23.
- [7] Рекадзе, П. Д. Анализ возможностей организации ресурсных испытаний конического подшипника при внешнем высокочастотном нагружении силой / П. Д. Рекадзе, М. И. Попов, В. П. Показеев, Л. В. Родионов // Динамика и виброакустика. – 2024. – Т. 10, № 4. – С. 63-77.

ANALYSIS OF THE POSSIBILITIES OF ORGANIZING ROLLING BEARING RESOURCE TESTING**Popov M.I., Rekadze P.D.**

Abstract. Classical methods of bearing life tests have a number of disadvantages associated with the high cost and duration of tests, as well as the influence of many factors on the process of bearing failure. A promising direction is the development of modern methods of resource testing based on the technology of accelerated equivalent tests. This approach makes it possible to reduce the time of resource tests by using an external generator system that accelerates the process of bearing failure. In the work, the calculation of the loads acting on the body and the raceway is performed. The durability of the elements of a conical bearing was analysed from the point of view of contact endurance. The equivalent number of loading cycles for accelerated tests has been calculated. An assessment of the possibility of using energy approaches and criteria for the destruction of metals for the organization of resource tests is also given.

Keywords: bearing; life tests; high-frequency pulsating effect; contact endurance; loading cycles.



РАСЧЁТ И АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ ПРОЕКТНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ АКСИАЛЬНО-ПЛУНЖЕРНОГО НАСОСА

Ахметов А.А., Рекадзе П.Д.

amirA2004@list.ru

Самарский Университет, Российская Федерация

Аннотация. Рассматриваются процессы течения жидкости в зазоре пары трения “распределитель-блок цилиндров” аксиально-плунжерного насоса. Течение жидкости в таком зазоре подчиняется течению в капиллярных щелях, критическое число Рейнольдса для таких зазоров составляет 1000...1200. Проведён расчёт сил, действующих в стыковом зазоре между распределителем и блоком цилиндров аксиально-плунжерного насоса 310 серии, с учётом постоянных значений давления нагнетания и всасывания. Использовано условие, что для обеспечения надёжного контакта необходимо превышение сил давления со стороны цилиндров над противодействующими силами на 10%. Проведён расчёт смазочного слоя. Также рассмотрено влияние кавитации на работу насоса. Предложены формулы для расчёта скорости движения поршня и условий безкавитационной работы насоса, учитывающие угловую скорость вращения приводного вала и перепад давления в зазоре. Результаты расчётов представлены в виде графиков, демонстрирующих зависимость давления от числа оборотов вала.

Ключевые слова: насос, ламинарное течение, кавитация, число Рейнольдса, давление нагнетания, скорость поршня, безкавитационная работа.

Введение. Аксиально-поршневые насосы играют ключевую роль в гидравлических системах, применяемых в самых разных отраслях промышленности. Эффективность и стабильность работы этих насосов во многом определяются надёжностью и износостойкостью пары трения, состоящей из распределителя и блока цилиндров. Данная пара испытывает значительные механические нагрузки, а также подвергается воздействию загрязнений, таких как продукты износа и минеральные частицы, попадающие в рабочую жидкость из окружающей среды.

Обычно выход насосов из строя связан с разрушением одного из их компонентов. Однако нередко насосы достигают предельного состояния из-за износа трущихся пар. В таких случаях агрегат перестаёт функционировать эффективно, объёмный КПД существенно снижается по сравнению с начальными показателями. Одной из ключевых причин такого снижения КПД является износ пары трения “распределитель-блок цилиндров”.

Между распределителем и блоком цилиндров формируется жидкостный слой, который выполняет функцию смазки и в большинстве случаев предотвращает прямой контакт поверхностей. Однако абразивные частицы, возникающие в процессе работы насоса, а также минеральные примеси, попадающие из воздуха через бак, способствуют износу. Это приводит к увеличению зазора в парах трения, росту утечек и снижению объёмного КПД насоса.

К основным проектным расчётам аксиально-плунжерных насосов на этапе проектирования относится расчёт толщины смазочного слоя и подпора, обеспечивающего безкавитационную работу.

1. Расчёт параметров

Учитывая предположительное значение толщины масляной прослойки, которая колеблется в пределах 2...8 мкм, было установлено течение жидкости в зазоре. Опираясь на работы [1] установлено, что течение жидкостей в капиллярных щелях малой высоты (2...8 мкм) подчиняется общим законам гидравлики, критическое число Рейнольдса, при превышении которого

нарушается ламинарность потока соответствует: 1000 ... 1200.

Действительно, в пределах $h=2\ldots 8$ мкм и при $u = 1 \ldots 3,8$ м/с, $\nu = 0,0000736$ Па · с Re не превышает 1, что на три порядка меньше $Re_{кр}$.

В расчётном случае при $h=2\ldots 8$ мкм Re не превышает $Re_{кр}$, следовательно, поток жидкости носит ламинарный характер (Рисунок 1).

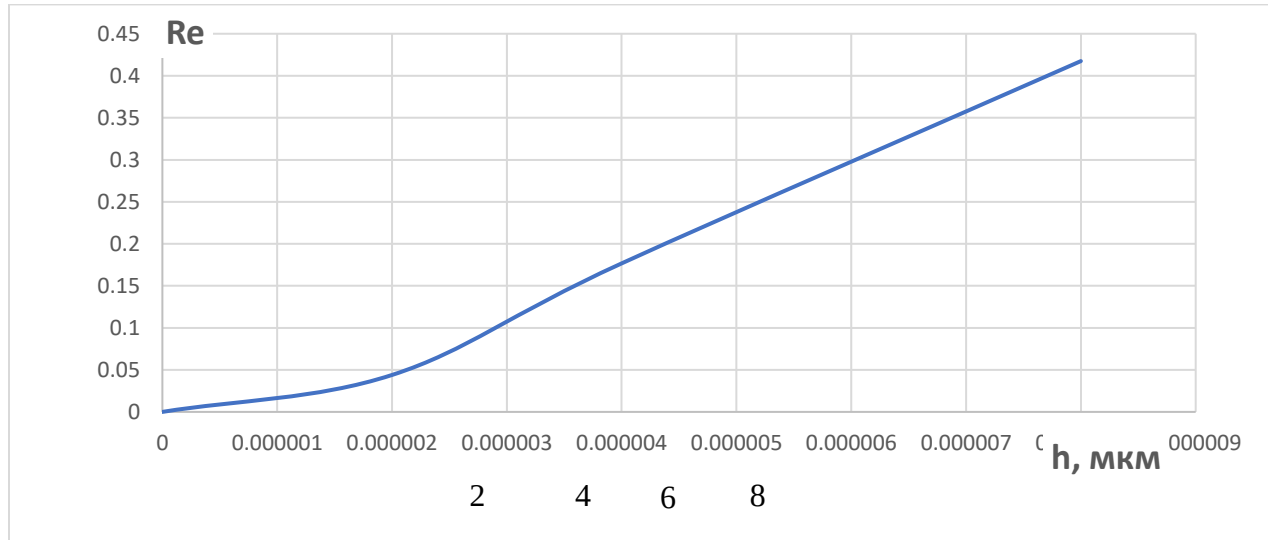


Рисунок 1. График зависимости Re от величины щели

Согласно [2] выполнен расчёт сил, действующих в стыковом зазоре, образованном распределителем и блоком цилиндров.

При выполнении расчёта приняты допущения:

- 1) с полостью нагнетания постоянно соединено число поршней $m = \frac{z}{2}$
- 2) давление в масляном слое между торцами ротора и распределительного диска на уплотняющих поясках изменяется по закону треугольника; соответственно силы, отжимающие ротор, действуют на площадках, представляющих собой полукольца, причем на одном и том же радиусе такого полукольца действует одна и та же величина давления;
- 3) давление в уплотняющей перемычке и уплотнительных поясках, расположенных на стороне всасывания, принимается равным нулю;
- 4) момент от сил, опрокидывающих ротор и нагружающих торцовый распределитель, не учитывается.

На рисунке 2 представлена эпюра распределения давления по торцу ротора (заштрихованная трапецевидальная площадка).

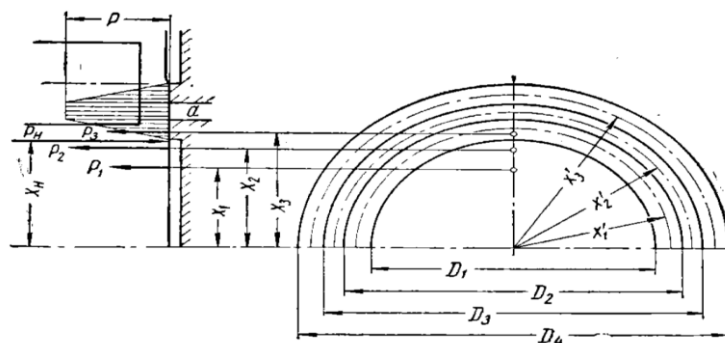


Рисунок 2. Эпюра распределения давления по торцу распределителя

Вследствие нагружения давлением на торец ротора действуют силы P_1 , P_2 и P_3 , величины которых определяются следующими уравнениями:

$$\begin{aligned} F_{c1} &= \frac{\pi p}{16} \cdot (D_2^2 - D_1^2), \\ F_{c2} &= \frac{\pi p}{8} \cdot (D_3^2 - D_2^2), \\ F_{c3} &= \frac{\pi p}{16} \cdot (D_4^2 - D_3^2), \end{aligned} \quad (1)$$

где p – давление рабочей жидкости.

Сила F_H , прижимающая блок цилиндров к распределителю, определяется уравнением:

$$F_H = \frac{z}{2} \cdot S_{\Pi} \cdot (p_H - p_B), \quad (2)$$

где z – количество поршней насоса;

S_{Π} – площадь поршня;

p_H – давление нагнетания;

p_B – давление всасывания;

Условие для предотвращения стыка между блоком цилиндров и распределителем:

$$\Delta F = F_H + F_{\text{пр}} - F_{c1} - F_{c2} - F_{c3}, \quad (3)$$

где $F_{\text{пр}}$ – сила действия пружины.

Удельное давление на плоскости контакта блока цилиндров и распределителя определяется по формуле:

$$\sigma = \frac{\Delta F}{2 \cdot (S_1 + S_2 + S_3)}, \quad (4)$$

где S_1, S_2, S_3 – площадки распределителя (рисунок 3).

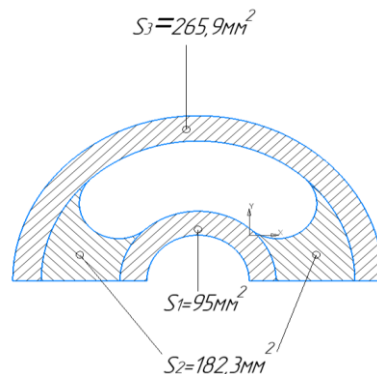


Рисунок 3. Результаты расчёта площадок распределителя

В результате расчёта удельное давление на плоскости контакта блока цилиндров и распределителя составило 0,67 МПа. В дальнейшем планируется сделать расчёт давления в стыковом зазоре при нарушении герметичности пары.

В случае пары трения блок цилиндров-распределитель наблюдается жидкостное трение, которое характеризуется тем, что нагрузку несет находящийся между трущимися поверхностями слой масла, толщина которого в самом узком месте $h_{\min}$ не превышает сумму максимальных высот неровностей обеих поверхностей ($R_{z1} + R_{z2}$).

Следовательно, при жидкостном трении и соответственно жидкостной смазке трущиеся поверхности полностью разделены слоем масла, т.е. условием жидкостного трения и жидкостной

смазки является соблюдение неравенства $h_{min} > (R_{z1} + R_{z2})$.

Воспользуемся методом расчёта минимальной толщины смазочного слоя из исследования [4], которая устанавливается в наиболее узком месте зазора. Возможность жидкостного трения, очевидно, будет тем более вероятна, чем больше при заданной нагрузке окажется значение h_{min} .

Величина h_{min} для плоского зазора выражается в следующем виде:

$$h_{min} = 2,45 \cdot \lambda^{0,5} \cdot B \cdot a^{0,5}, \quad (5)$$

где λ – характеристика режима смазки, B – длина наклонной поверхности;

$$a = \frac{1}{k} \cdot \left[\frac{\ln(1+k)}{k} - \frac{2}{2+k} \right]; \quad (6)$$

$$k = \frac{h_{max}}{h_m} - 1, \quad (7)$$

где h_{max} – максимально возможный зазор в паре трения, h_m – минимально возможный зазор в паре трения.

Характеристика режима смазки λ является безразмерной величиной, определяемой согласно формуле:

$$\lambda = \frac{\mu \cdot \omega}{P}, \quad (8)$$

где μ – динамическая вязкость рабочей жидкости, ω – угловая скорость вращения блока цилиндров; P – давления нагрузки на распределителя.

Исходя из предварительных расчётов было получено значение h_{min} , равное 13 мкм, которые находятся в приемлемом диапазоне.

2. Обеспечение безкавитационной работы насоса

Согласно [3] проведён расчёт по определению кавитационных характеристик АПН.

Кавитация очень сильно влияет на исправность работы насосного устройства. Данное явление недопустимо даже в небольших масштабах в силу своего разрушительного влияния. Так, при схлопывании кавитационных пустот возникает шум (или характерное потрескивание в области входа в рабочее колесо), а также вибрация, причем чем больше габариты насоса, тем эти показатели будут больше.

Снижение характеристик насосного агрегата при развитой степени кавитации будет отличаться у насосов различной степени быстроходности. Причем параметры будут резко уменьшаться в случае низкой быстроходности и постепенно — при высокой. Если же кавитационная область полностью занимает сечение канала, подача насосного аппарата прекращается.

При продолжительной работе аппарата в условиях кавитации разрушаются материалы, из которых он изготовлен, что называется кавитационный износ. Это явление называется питтинг, или точечное разрушение. Оно случается даже на начальном этапе кавитации.

Момент вступления насоса в кавитационный режим работы зависит, при прочих равных условиях, от величины абсолютного давления жидкости на входе в насос, числа его оборотов, конструктивных размеров и особенностей насоса.

Формулой определения скорости движения поршня, где при равномерном вращении вала поршня насоса совершает относительное движение в цилиндре, максимальная скорость которого определяется:

$$U_{отн.} = \frac{D_6}{2} \cdot \omega \cdot \operatorname{tg} \gamma \cdot \sin \alpha, \quad (9)$$

где ω – угловая скорость вращения приводного вала, D_6 – диаметр ротора (блока цилиндров), γ – угол наклона ротора.

Для нахождения максимальной скорости движения поршня примем, что $\sin \alpha = 1$, т.к. при угле поворота ротора $\alpha = 90^\circ$ скорость поршня максимальна. Таким образом, максимальная скорость движения поршня:

$$U_{\text{отн.мах}} = \frac{D_6}{2} \cdot \omega \cdot \text{tg}\gamma. \quad (10)$$

Пространство, освобождаемое поршнем, заполняется жидкостью, которая протекает через отверстие в доньшке цилиндра со скоростью (утечками пренебрегаем):

$$u_1 = \frac{U_{\text{отн.мах}} \cdot f}{s}, \quad (11)$$

где f - площадь сечения цилиндра, s - площадь отверстия в доньшке цилиндра.

Пределом значения перепада давления Δp для насосов без принудительного питания является такое абсолютное давление жидкости у входа в насос, ниже которого наступает кавитация.

Для безкавитационного питания насоса должно быть соблюдено условие

$$\mu \cdot \sqrt{\frac{2g}{\alpha}} \cdot \sqrt{\Delta p} > \frac{U_{\text{отн.мах}} \cdot f}{s}, \quad (12)$$

$$\alpha = \rho \cdot g, \quad (13)$$

где μ – коэффициент расхода жидкости, Δp – разность между давлениями нагнетания и всасывания.

В финальной форме зависимость значения перепада давления от числа оборотов вращения приводного вала примет вид:

$$\Delta p > \frac{\pi^2 \cdot D_6^2 \cdot f^2 \cdot n^2 \cdot \rho \cdot \text{tg}\gamma^2}{7200 \cdot \mu^2 \cdot s^2} \quad (14)$$

Расчёт выполнен при вращении приводного вала $n = (400 \dots 3000)$ об/мин. Особенностью рассматриваемого случая является то, что в отличие от обычного истечения жидкости через неподвижное отверстие здесь имеет место истечение через отверстие, перемещающееся в направлении, перпендикулярном направлению течения жидкости. Последнее отразится на коэффициенте расхода жидкости μ , значение которого можно принять на основании экспериментальных данных равным $\mu = 0,58 - 0,6$.

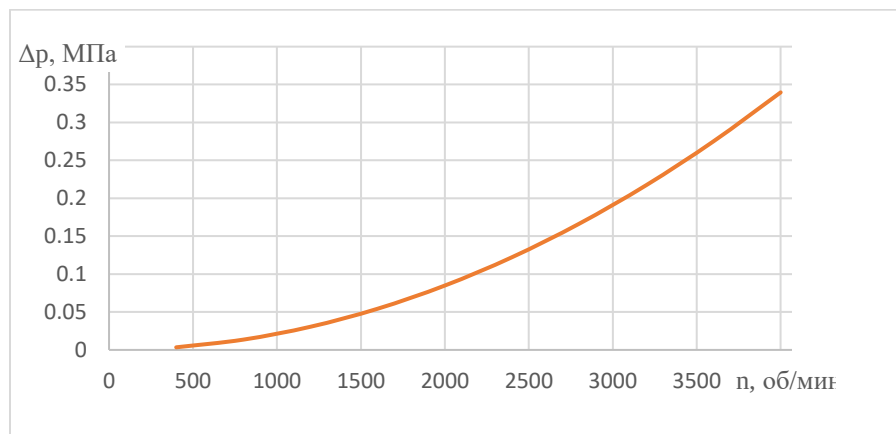


Рисунок 4. Зависимость числа оборотов от абсолютного давления

Анализ данных, представленных на рисунке 4, показывает, что в случае насоса 310 серии значение абсолютного давления жидкости у входа в насос составило 0,087 МПа, в [5] утверждается, что избыточное давление на входе у насоса должно составлять 0,07...0,19 МПа (при вращении вала 1920 об/мин). Исходя из этого, можно сделать вывод, что полученное значение входит в промежуток запаса, закладываемый производителем.

В ходе исследования пары трения “распределитель – блок цилиндров” аксиально – плунжерного насоса было подтверждено, что течение жидкости в постоянном зазоре между распределителем и блоком цилиндров носит исключительно ламинарный характер, рассчитаны

силы, действующие в стыковом зазоре, и определено среднее давление в зазоре (0,67 МПа) при давлении нагнетания 20 МПа.

Результаты и обсуждение. Результаты исследования могут быть использованы для оценки износа трущихся пар в аксиально-плунжерном насосе, что позволит улучшить их конструкцию, повысить надежность и продлить срок службы.

Проведенный анализ позволяет рассчитывать параметры пары трения "распределитель — блок цилиндров" в аксиально-плунжерных насосах, влияющие на его долговечность.

Полученные результаты могут быть использованы для оптимизации конструкции насосов 310 серии и улучшения эксплуатационных характеристик.

Благодарности. Результаты исследования были получены в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России (Проект №FSSS-2024-0015).

Литература

- [1] Башта Т. М. Объемные гидравлические приводы / Т. М. Башта, И. З. Зайченко, В. В. Ермаков и Е. М. Хаймович — Москва: Издательство «Машиностроение», 1969 — 623с.
- [2] Башта Т. М. Объемные гидравлические приводы [Текст]/ Башта Т. М. — Москва: Государственное научно-техническое издательство Оборонгиз, 1969— 460с.
- [3] Башта Т. М. Расчеты и конструкции самолетных гидравлических устройств [Текст]/ Башта Т. М. — Москва: Государственное научно-техническое издательство Оборонгиз, 1961— 471с.
- [4] Розенберг Ю.А. Влияние смазочных масел на долговечность и надёжность деталей машин — Москва: Издательство «Машиностроение», 1970 — 310с.
- [5] Руководство по эксплуатации 310н рэ 2015 – 35с.

INVESTIGATION OF THE WEAR PROCESS IN THE CYLINDER BLOCK-DISTRIBUTOR FRICTION PAIR DURING THE OPERATION OF AN AXIAL-PISTON PUMP

Akhmetov A.A., Rekadze P.D.

Abstract: The article examines the hydrodynamic processes occurring in the gaps of hydraulic units, with a focus on laminar fluid flow in capillary gaps. Based on research, it has been established that fluid flow in gaps follows the laws of hydrodynamics, with the critical Reynolds number for maintaining laminar flow ranging from 1000 to 1200. Calculations of the forces acting in the contact gap between the distributor and the cylinder block were performed, taking into account the pressure of injection and suction. It was determined that a 10% excess of pressure forces from the cylinders over the opposing forces is necessary to ensure reliable contact. The influence of cavitation on the operation of pumping devices was also considered, leading to a decrease in pump performance, vibration, and material destruction. Formulas for calculating the piston speed and conditions for cavitation-free pump operation were proposed, taking into account the angular velocity of the drive shaft and the pressure difference. The calculation results are presented in the form of graphs showing the dependence of pressure on the shaft speed.

Keywords: laminar flow, hydraulic unit, cavitation, Reynolds number, injection pressure, piston speed, cavitation-free operation.



ASSESSMENT OF AIR TRAFFIC CONTROLLER WORKLOAD WITHIN FLIGHT INFORMATION REGION OF AZERBAIJAN AIRSPACE AND CHOOSING OPTIMAL VERTICAL BOUNDARIES BETWEEN UPPER AND LOWER AIRSPACE BY USING FAST-TIME SIMULATION METHOD

Huseynzade R.G.

ruslan.huseynzade@azans.az

National Aviation Academy, Azerbaijan

Abstract. Azerbaijan's airspace serves as a vital corridor between Europe and Asia, with increased traffic during geopolitical crises intensifying air traffic controller (ATCO) workload. This study assesses ATCO workload within Azerbaijan's Flight Information Region (FIR) and identifies the optimal vertical boundary between upper and lower airspace using the AirTOP fast-time simulation (FTS) tool. By focusing on Baku ACC East and West sectors, the analysis identified FL365 as the optimal division level, ensuring balanced workload distribution. The findings offer insights into airspace optimization and support workload management, enhancing operational efficiency and resilience amid growing air traffic demands in Azerbaijan's airspace.

Keywords: airspace, capacity, fast-time simulation, workload, optimization.

Introduction. The rapid increase in global air traffic, driven by growing passenger demand and expanding air connectivity, has placed significant pressure on air traffic management (ATM) systems worldwide. Azerbaijan's airspace, strategically located between Europe and Asia, frequently experiences traffic surges during geopolitical crises. Forecasts from EUROCONTROL suggest further increases in air traffic, intensifying the workload for air traffic controllers (ATCOs).

Effective workload management is critical to maintaining safety and efficiency within Azerbaijan's Flight Information Region (FIR). Optimizing the vertical boundary between upper and lower airspace can evenly distribute workload across sectors. This study utilizes the AirTOP fast-time simulation (FTS) tool to analyze sector workload and determine the optimal vertical boundary for Baku ACC East and West sectors. By addressing imbalances, the findings support airspace modernization and operational efficiency.

Moreover, the aviation industry's evolution towards more data-driven decision-making highlights the importance of adopting advanced tools such as FTS to tackle complex challenges. This research aims not only to contribute to workload management but also to serve as a model for other regions undergoing similar airspace restructuring efforts. The integration of FTS with real-time monitoring technologies is an area that holds potential for further operational efficiency.

Methods. This study employed the AirTOP FTS tool to simulate air traffic scenarios and analyze workload distribution. Traffic samples from 10 high-demand days in 2024 were selected, focusing on peak hours (23:00–02:00 UTC). Collaboration with 20 ATCOs ensured realistic simulation conditions and accurate task definitions. Object property change watches and timers captured workload components, including sector entry/exit, conflict detection/resolution, and coordination.

The simulation followed a stepwise approach:

1. *Baseline simulation:* assessed workload without vertical boundaries.
2. *Incremental boundary testing:* introduced boundaries at FL285, FL325, FL335, FL345, and FL355.
3. *Optimal boundary identification:* evaluated workload distribution to achieve balance between upper and lower sectors.

Real-time data collection and controller input played pivotal roles in refining the workload model. The use of advanced coordination systems such as OLDI and Estime streamlined data accuracy, reducing

potential errors in workload evaluation. These technologies also supported the integration of controller feedback into the iterative simulation process. The study's collaborative framework further ensured that the nuances of ATCO operations were thoroughly addressed, lending practical value to the results.

Results and discussion. Simulations revealed significant workload imbalances without vertical boundaries, with East and West sectors experiencing excessive demand. Testing boundaries at FL285 and FL325 provided partial improvements but failed to address the concentration of flights at higher altitudes. Incremental adjustments identified FL365 as the optimal boundary, achieving balanced workload distribution for both sectors (Table 1).

Table 1. Workload distribution by vertical boundary

Boundary Level	West Upper (%)	West Lower (%)	East Upper (%)	East Lower (%)
No Boundary	100	-	140	-
FL285	95	5	136	4
FL325	70	30	100	40
FL365 (Optimal)	51	49	70	70

This iterative approach ensured balanced workload distribution across upper and lower airspace. Validated with multiple traffic samples, FL365 minimized ATCO stress and supported safe, efficient operations. The results underscore the importance of data-driven methodologies for airspace optimization.

Additional analysis of the simulation outcomes revealed that implementing FL365 also improved coordination efficiency between sectors. Controllers reported fewer instances of bottlenecks and smoother transitions between adjacent FIRs, further enhancing operational resilience. This was particularly evident during high-demand periods, demonstrating the robustness of FL365 in varying traffic conditions.

Further analysis of workload components revealed nuanced patterns in task distribution. While conflict detection and resolution tasks showed significant reductions in the upper sectors, coordination tasks became more evenly distributed across upper and lower airspace. The optimization of the boundary also improved resource allocation, with more efficient use of controller expertise in both sectors.

Conclusions. This study assessed ATCO workload within Azerbaijan's FIR and identified FL365 as the optimal vertical boundary for workload distribution. By addressing imbalances through fast-time simulation, the findings enhance operational efficiency and support airspace modernization. The methodology provides a model for other regions facing similar challenges, ensuring effective workload management and safe air traffic operations.

These results also emphasize the need for continuous assessment and adjustment of airspace structures to adapt to evolving traffic patterns. Future studies could explore integrating real-time simulation techniques to further refine workload predictions and sector configurations. Additional research focusing on the impact of advanced automation systems on workload distribution would also provide valuable insights for further modernization.

References

- [1] Mogford, R.H., Guttman, J.A., Morrow, S.L., Kopardekar, P. The Complexity Construct in Air Traffic Control. FAA Technical Center, 1995.
- [2] Majumdar, A., Ochieng, W., Polak, J. "Estimation of European Airspace Capacity," Journal of Navigation, Vol. 55, 2002.
- [3] Yousefi, A., Donohue, G.L., Qureshi, K.M. "Investigation of En Route Metrics for Model Validation," Eurocontrol/FAA ATM R&D Conference, 2003.
- [4] EUROCONTROL. "Forecast 2024-2030."

- [5] Azerbaijan Republic Aeronautical Information Publication (AIP), 2023.
[6] LSSIP 2023 - Azerbaijan Local Single Sky Implementation.

**AZƏRBAYCAN HAVA MƏKANININ UÇUŞ İNFORMASIYA REGIONU DAXİLİNDƏ HAVA
HƏRƏKƏTİ DİSPETÇERİNİN İŞ YÜKÜNÜN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ VƏ SÜRƏTLİ
SİMULYASIYA METODUNDAN İSTİFADƏ ETMƏKLƏ YUXARI VƏ AŞAĞI HAVA
MƏKANI ARASINDA OPTİMAL ŞAQLI SƏRHƏDLƏRİN SEÇİLMƏSİ**

Hüseynzadə R.G.

Xülasə. Azərbaycanın hava məkanı Avropa və Asiya arasında mühüm dəhliz rolunu oynayır, geosiyasi böhranlar zamanı artan trafik hava nəqliyyatı dispetçerinin (ATCO) iş yükünü gücləndirir. Bu tədqiqat Azərbaycanın Uçuş Məlumatı Regionunda (FIR) ATCO iş yükünü qiymətləndirir və AirTOP sürətli vaxt simulyasiyası (FTS) alətindən istifadə edərək yuxarı və aşağı hava məkanı arasında optimal şaquli sərhədi müəyyən edir. Bakı ACC Şərq və Qərb sektorlarına diqqət yetirməklə, təhlil FL365-i optimal bölmə səviyyəsi kimi müəyyən edərək, iş yükünün balanslaşdırılmış paylanması təmin edib. Tədqiqatda hava məkanının optimallaşdırılması və iş yükünün idarə edilməsinə dəstək, Azərbaycanın hava məkanında artan hava hərəkəti tələbləri fonunda əməliyyat səmərəliliyinin və dayanıqlığının artırılması ilə bağlı fikirlər təklif edir.

Açar sözlər: hava məkanı, tutum, sürətli simulyasiya, iş yükü, optimallaşdırma.



METHODS FOR THE MUTUAL CONTROL AND ENSURING THE SAFETY OF MANNED AND UNMANNED AIRCRAFT

Mirzayeva Z.X., Babayev H.B.

zmirzayeva.60152@naa.edu.az

National Aviation Academy, Azerbaijan

Abstract. The advancement of unmanned aerial vehicle (UAV) technology in both civilian and military sectors is presenting new safety challenges, particularly in airspace where manned aircraft and drones coexist. This paper investigates various methods for the safe coordination of manned aircraft and UAVs, aiming to minimize collision risks while allowing both types of aircraft to function within designated areas. The research examines technologies such as automation, human-machine interaction, and airspace management systems. The results indicate that enhanced communication systems, improved situational awareness, and collision avoidance technologies can facilitate the safe operation of manned aircraft alongside drones. Additionally, the paper addresses the human factors involved in managing interactions between these aircraft types and provides safety recommendations.

Keywords: manned aircraft, unmanned aerial vehicles (UAVs), mutual control, safety management, airspace integration, collision avoidance, autonomous systems.

Introduction. As unmanned aerial vehicles (UAVs) proliferate in military and civilian operations, it is increasingly difficult to integrate them into airspace that is mainly controlled by manned aircraft. The greatest danger to aviation safety comes when there is no safe integration between manned and unmanned aircraft. Developing mutual control systems and methods that ensure the two types of aircraft are safe from each other is required so that midair collisions, interference, and other dangers caused by both aircraft flying together do not take place. Historically, manned aviation has been predicated upon maintaining a lattice of air traffic control systems and procedures in place to ensure that flights are conducted safely, with human pilots engaged in a number of critical activities throughout the course of the flight. UAVs, however, are either autonomous or they use supervised autonomy, where humans still have some limited control over the vehicle. This has caused alarm over safety when these UAV systems are introduced in airspace where there are also manned aircraft flying. The broad differences in the way man and unmanned fly, range and types of missions increase the challenge of integrating these two very different systems. To ensure that manned and unmanned aircraft can safely cohabitate, this research looks into methods of permitting the safe and effective usage of the sky by allowing aircraft to fly in the same airspace as each other, and more importantly preventing accidents. This research will examine relevant technologies and practices including increased automation, collision avoidance systems, communications protocols and airspace management frameworks, among others. The paper will provide an exploration that will ultimately yield a set of best practices that assures that the safety and reliability requirements necessary to ensure shared airspace by manned and unmanned aircraft in the future will be upheld. Read on for the current state of control systems, new safety technologies, and how human factors will be a factor in the management of integrated airspace. This study intends to inform on the integration of small UAVs into the aviation system and provide guidance and reference resources for the further development of safe and efficient solutions for both manned and unmanned aircraft access and use of airspace.

Methods. This research employed a mixed-methods approach to investigating the safe integration of manned and unmanned aircraft operations in shared airspace. Their research explored quantitative simulations to test proposed means of integrating the two aircraft types into the existing air traffic management (ATM) system in addition to qualitative comparisons of current ATM approaches. They

used a methodology that began by:

The first stage comprised bibliographical research, which reviewed academic literature, technical documentation, and industrial reports to collate knowledge on UAV integration, collision avoidance, and airspace management. The sources included the International Civil Aviation Organization (ICAO) and European Union Aviation Safety Agency (EASA) publications and significant aviation journals. The final themes mentioned played a critical role in framing the study by identifying the themes considered in automation, human factors, communication protocols, and rules.

Next, historical reports and case studies of interactions between manned and unmanned aircraft were reviewed to identify recurring safety issues and evaluate the efficacy of existing safety mitigations, including near misses and analyses of implemented safety protocols, which helped identify best practices and lessons learned.

Using facilities with sophisticated aviation modelling software, they simulated different airspace scenarios. These simulations assessed automated collision avoidance systems, real-time communication approaches, and airspace management strategies for varying UAV densities, altitudes, and weather. The solutions were tested to see their effectiveness and ability to work in multiple environments.

To collect qualitative data, structured interviews were conducted with aviation industry personnel who would be responsible for managing UAVs, including air traffic controllers, UAV operators, regulators, and technology developers. These helped to understand the classical challenges of managing mixed air traffic and highlighted areas for improvement in mutual control systems.

Similar studies have included human performance tests through workloads, comprehension of the situation, and decision-making accuracy in a mixed-traffic environment. The subjects were rated air traffic controllers and experienced UAV operators who resolved simulated conflicts between piloted and unpiloted flight vehicles.

Based on the proposed solutions, we aligned with international standards (ICAO's Manual on Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS), EASA Guidelines, etc.) to ensure that the findings and recommendations complied with international standards and guidelines.

Finally, the proposed strategies were enhanced through repeated testing. Several rounds of testing, including simulations, interviews, and experiments, provided feedback to refine the solutions.

Results. Automated systems like Traffic Collision Avoidance Systems (TCAS) and Detect-And-Avoid (DAA) technologies help significantly reduce the risk of midair collisions. However, these systems rely on accurate real-time data sharing between manned and unmanned aircraft. Real-time, high-speed communication systems are necessary to keep everyone aware of the situation. For UAVs to work well with existing air traffic management (ATM) systems, improvements are needed in data-sharing standards and backup systems. Air traffic controllers and UAV operators experience more mental strain in mixed air traffic situations. Training programs and decision-support tools can help reduce these challenges by improving awareness and lowering the chance of mistakes. While keeping aircraft in separate airspace provides immediate safety benefits, long-term strategies like dynamic airspace management and layered altitude operations can make operations more efficient. Regulations need to change to address the unique features of UAVs, especially regarding issues like liability, airworthiness, and operational rules.

Conclusions. Integrating manned and unmanned aircraft into shared airspace is a technical and operational challenge. This research shows that advanced automation, improved communication systems, and careful attention to human factors are crucial for ensuring safety and efficiency. The results highlight the importance of working with technology developers, regulators, and aviation professionals. Future airspace systems must balance the need for smooth operations with strict safety rules to handle the increasing number of UAVs.

References

- [1] Chen, J., Zhang, Y., and Liu, H. (2019). "Workload Analysis in Mixed Air Traffic Management." *Human Factors in Aviation*, 10(2), pp. 112–130.
- [2] European Union Aviation Safety Agency (EASA) (2023). Guidelines for UAV Integration into Controlled Airspace. EASA Publications.
- [3] International Civil Aviation Organization (ICAO) (2022). Manual on Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS). ICAO.
- [4] Johnson, K., and Reed, A. (2021). "Real-Time Communication Protocols for UAV Integration." *Journal of Aerospace Technology*, 14(5), pp. 278–294.
- [5] Singh, R., and Patel, N. (2022). "Dynamic Airspace Management for Integrated Operations." *Aviation Management Quarterly*, 8(1), pp. 33–47.
- [6] Strohmeier, M., Smith, M., and Lenders, V. (2021). "Communication Challenges in UAV Integration." *Journal of Air Traffic Management*, 8(3), pp. 134–150.
- [7] Thomas, L., Hughes, S., and Carter, P. (2021). "Evolving Regulations for UAV Operations in Shared Airspace." *International Journal of Aviation Policy*, 9(2), pp. 56–71.
- [8] Williams, B., and Jenkins, T. (2020). "Human Factors in Autonomous Aviation Systems." *Aviation Safety Quarterly*, 12(4), pp. 45–64.
- [9] Xie, Y., Zhao, Q., and Sun, F. (2020). "Technological Advances in Collision Avoidance Systems." *International Journal of Aviation Systems*, 6(3), pp. 144–162.
- [10] Zhang, X., and Li, H. (2019). "Collision Avoidance Strategies for Mixed Airspace." *International Journal of Aviation Systems*, 5(1), pp. 22–38.
- [11] Yigit, K. A., Dalkıran, A., & Karakoç, T. H. (2023). Applications of Drones in the Field of Health and Future Perspectives. *Sustainable Aviation*. https://doi.org/10.1007/978-3-031-29933-9_31
- [12] Krenc, K., Krenc, K., Gradolewski, D., Dziak, D., & Kawalec, A. (2022). Application of Radar Solutions for the Purpose of Bird Tracking Systems Based on Video Observation. *Sensors*, 22(10), 3660.
- [13] Mena, C. H. Complexity in organisations: A conceptual model: Executive summary. <https://core.ac.uk/download/48278.pdf>.

İDARƏ OLUNAN VƏ İDARƏ OLUNMAYAN UÇUŞ APARATLARININ QARŞILIQLI İDARƏ EDİLMƏSİ VƏ TƏHLÜKƏSİZLİYİNİN TƏMİN EDİLMƏSİ METODLARI

Mirzəyeva Z.X., Babayev H.B.

Xülasə. Həm mülki, həm də hərbi sahələrdə pilotsuz uçuş aparatları (PUA) texnologiyasının inkişafı, xüsusən idarə olunan təyyarələr və dronların birgə istifadə etdiyi hava məkanında yeni təhlükəsizlik çağırışları yaradır. Bu məqalə, idarə olunan təyyarələr və PUA-ların təhlükəsiz koordinasiyası üçün müxtəlif metodları araşdırır, toqquşma risklərini minimuma endirmək və hər iki aparat növünün təyin edilmiş zonalarda fəaliyyətini təmin etmək məqsədi güdür. Tədqiqatda avtomatlaşdırma, insan-maşın qarşılıqlı əlaqəsi və hava məkanı idarəetmə sistemləri kimi texnologiyalar təhlil edilmişdir. Nəticələr göstərir ki, təkmilləşdirilmiş rabitə sistemləri, yüksəldilmiş vəziyyətin qavranılması və toqquşmadan yayınma texnologiyaları idarə olunan təyyarələrin dronlarla yanaşı təhlükəsiz fəaliyyətini təmin edə bilər. Bundan əlavə, məqalə bu uçuş aparatları arasındakı qarşılıqlı əlaqələrin idarə olunmasında insan faktorlarına diqqət yetirir və təhlükəsizliklə bağlı tövsiyələr təqdim edir.

Açar sözlər: idarə olunan təyyarələr, pilotsuz uçuş aparatları (PUA), qarşılıqlı idarəetmə, təhlükəsizliyin idarə edilməsi, hava məkanının inteqrasiyası, toqquşmadan yayınma, avtonom sistemlər.

МОДАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЛОПАТОК ТУРБИНЫ АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ



Студенков А.Д., Сафин А.И., Иголкин А.А.

studenkov.ad@ssau.ru

Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королёва, Российская Федерация

Аннотация. В данной работе представлено исследование модальных характеристик лопаток турбины турбовинтового двигателя «АИ-20» с помощью трехкомпонентного лазерного виброметра. Проведено краткое описание экспериментального исследования двух лопаток, одна из которых полностью исправна, а вторая имеет дефект в виде трещины на пере. По результатам сравнения характеристик исправной и дефектной лопаток были получены графики амплитудно-частотных характеристик, а также формы колебаний.

Ключевые слова: лазерный виброметр, турбовинтовой двигатель, форма колебаний.

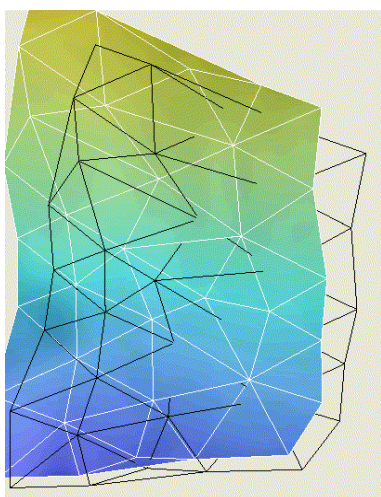
Введение. В настоящее время турбовинтовые двигатели распространены, они применяются в качестве силовой установки в авиации. А также применяются в энергетике, в качестве основного элемента энергоустановок. Так как в энергоустановках применяются авиационные двигатели, отработавшие свой ресурс на крыле самолета, то одной из проблем эксплуатации является диагностика их компонентов. Для выявления диагностического признака и последующей разработка прибора, был произведен экспериментальный модальный анализ лопаток турбины.

Лопатки были жестко закреплены, с использованием вибростола колебания подавались в широком диапазоне частот 50-1250 Гц. Виброотклик с лопаток снимались бесконтактным способом, с помощью трехкомпонентного лазерного виброметра.

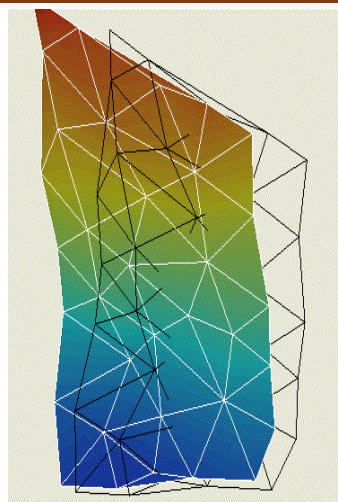


Рисунок 1. Схема установки

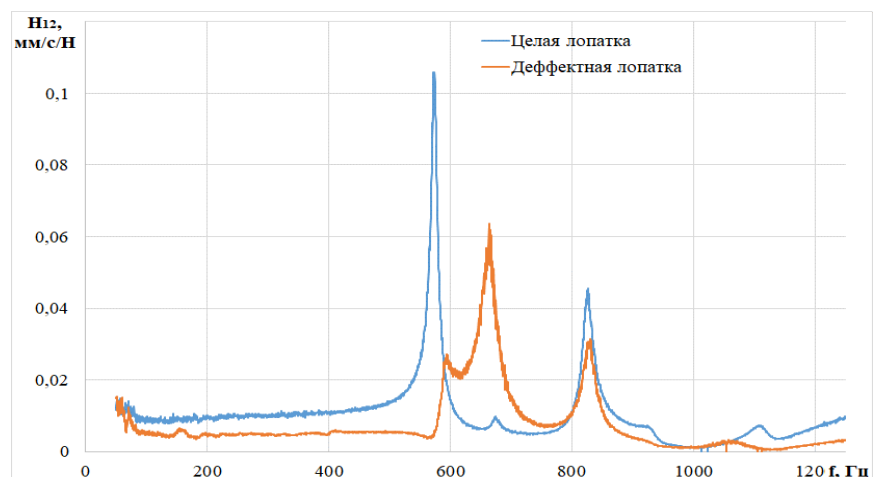
После проведения эксперимента на компьютер были выведены результаты сканирования, состоящие из амплитудно-частотных характеристик обеих лопаток, а также их формы колебаний, результаты приведены на рисунках 2-4.



а) целая лопатка



б) лопатка с дефектом

Рисунок 2. Форма колебаний лопатки на частоте 1250 Гц**Рисунок 3.** Амплитудно-частотная характеристика исследуемого объекта**Рисунок 4.** Амплитудно-частотная характеристика исследуемого объекта

Результаты. Из полученных результатов можно сделать выводы, что у лопатки с дефектом собственные частоты колебаний выше, а амплитуда ниже, что может свидетельствовать об

выявление диагностического признака, относительного которого можно будет разработать прибор для определения годности исследуемого изделия.

Описанные в настоящей статье научно-исследовательские результаты получены в рамках выполнения гранта РФФ 23-19-20025.

Литература

- [1] Бесконтактная регистрация и анализ вибрации изделий машиностроения с помощью трехкомпонентного лазерного вибromетра/ А.А. Иголкин, А.И. Сафин, Г.М. Макарьянц, А.Н. Крючков, Е.В. Шахматов // Прикладная. – 2013. – № 4. – С. 49–53.
- [2] Т. Нгуен Нгок, В.М. Капралов. Анализ резонанса и свободных колебаний лопатки газовой турбины // Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. 2019. Т. 25. № 2. С. 149–160. DOI: 10.18721/JEST.25212.

MODAL ANALYSIS OF AIRCRAFT ENGINE TURBINE BLADES

Studenkov A.D., Safin A.I., Igolkin A.A.

Abstract. This paper presents a study of the modal characteristics of the turbine blades of the AI-20 turboprop engine using a three-component laser vibrometer. A brief description of the experimental study of two blades is given, one of which is fully operational, and the other has a defect in the form of a crack on the blade. Based on the comparison of the characteristics of the operational and defective blades, graphs of the amplitude-frequency characteristics, as well as oscillation shapes, were obtained.

Keywords: laser vibrometer, turboprop engine, vibration mode.



PUA İDARƏETMƏSİ: REAL UÇUŞUN YERİNƏ YETİRİLMƏSİ VƏ SİMULYASIYA VASİTƏLƏRİNİN ƏHƏMİYYƏTİ

Novruzlu F.A., Zeynalova Ş.H.

fnovruzlu.30930@naa.edu.az

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Bu məqalədə əsas məqsədimiz, real şəraitdə PUA-nın (Pilotsuz uçuş aparatı) yığılması, Mission Planner proqramı vasitəsilə uçuşa hazırlanması və müəyyən simulyasiya proqramlarından istifadə edərək testlərin aparılmasından ibarətdir. Simulyasiya proqramlarından istifadə etməyimizin əsas məqsədi, real uçuş zamanı qarşılaşa biləcək riskləri minimuma endirmək və təhlükəsiz uçuşu yerinə yetirməkdən ibarətdir. Simulyasiya proqramlarına misal olaraq Gazebo, Airsim və bu kimi digər proqramları misal göstərməyə bilərik. Bu proqramlar vasitəsilə müxtəlif prosesləri sınaqdan keçirtmək mümkündür. Məsələn, Kamera və Lidar kimi sensorlardan alınan məlumatların analiz edilməsi, Mission Planner və Qground Control kimi proqramları simulyasiya proqramları ilə inteqrasiya edərək uçuş missiyalarının icra edilməsi, qəza ssenarilərinin test edilməsi, həmçinin PID tənzimləyicisinin sınaqdan keçirilməsi və analiz olunması bu proseslərə daxildir. Nəticə olaraq, PUA yığılmış və sınaqdan keçirilərək stabil uçuşu yerinə yetirilmişdir.

Açar sözlər: Gazebo, Mission Planner, Airsim, PUA, QGround Control.

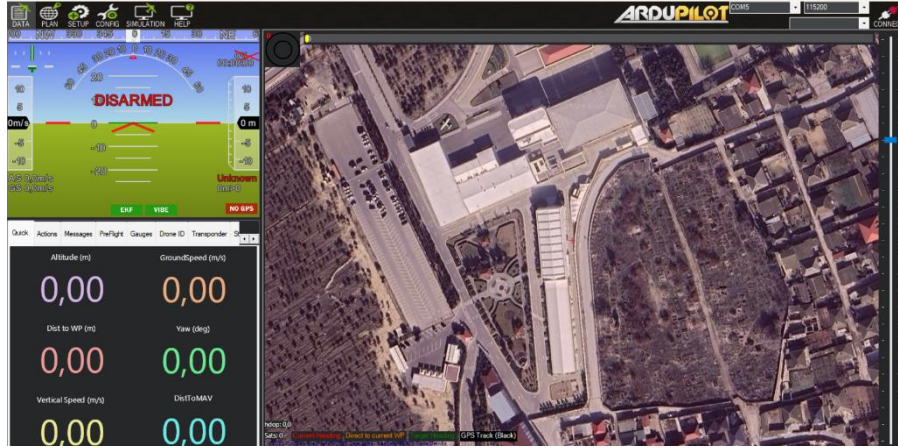
Giriş. PUA-lar insanın heç bir müdaxiləsi olmadan və ya uzaqdan idarə edə biləcəyimiz uçuş aparatıdır. İlk vaxtlar PUA-lar hərbi məqsədlər üçün istifadə olunsa da son zamanlar mülki sahələrdə çox geniş şəkildə istifadə olunmağa başlanmışdır [1]. PUA-lardan bir çox sahədə geniş istifadə olunur. Bunlara misal olaraq, hərbi, tibb sahəsi, inşaat və xəritələmə, axtarış və xilas etmə əməliyyatları, paket çatdırılması, kənd təsərrüfatı, tikinti sənayesi, gizli ərazilərin araşdırılması və s. kimi digər sahələri göstərmək olar [2].



Şəkil 1. Kamera ilə təchiz edilmiş müasir PUA

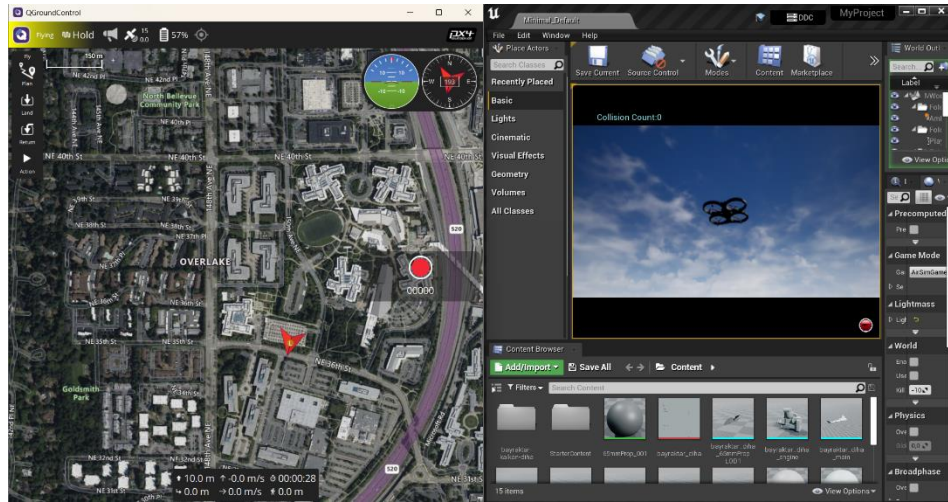
PUA-ların proqramlaşdırılması və idarə olunması üçün müxtəlif proqram təminatlarından istifadə edilir. Bu proqram təminatlarından istifadə, uçuş aparatının optimallaşdırılaraq təhlükəsiz uçuşun yerinə yetirilməsi, sensorlardan alınan məlumatların təhlil edilməsi, uçuş planlarının tərtib edilməsi, uçuş aparatının idarəetmə sistemlərinin optimallaşdırılması və s. üçün bizə geniş imkanlar təklif edir. Bu

proqram təminatlarına misal olaraq Mission Planner, QGround Control, BetaFlight, və s. kimi proqramları göstərmək olar. PUA-nın hazırlanmasında Mission Planner proqram təminatından istifadə edilmişdir. Bu proqram təminatı bizə geniş şəkildə imkanlar verir və bu uçuş aparatında uçuşu rahat şəkildə idarə etməyə və həmçinin uçuş aparatının tam avtonom şəkildə və ya manual şəkildə uçuşunun yerinə yetirilməsinə imkan verir.



Şəkil 2. Mission Planner

PUA-nı hazırlamamışdan əvvəl və real uçuşu yerinə yetirmədən öncə onun simulyasiya proqramlarında test edilməsi mümkündür. Bu testlərə Kamera və Lidar kimi sensorlardan alınan məlumatların analiz edilməsi, Mission Planner və Qground Control kimi proqramları simulyasiya proqramları ilə integrasiya edərək uçuş missiyalarının icra edilməsi, qəza ssenarilərinin test edilməsi, həmçinin PİD tənzimləyicisinin sınaqdan keçirilməsi və analiz olunması daxildir.



Şəkil 3. Airsim vasitəsilə uçuş aparatının test edilməsi

Metodlar. Pilotsuz uçuş aparatın addım-addım yığılması və uçuşunun yerinə yetirilməsi. Yığıdığımız PUA müşahidə məqsədli istifadə olunur. PUA-nın avionikasında istifadə edilən komponentlər bunlardır:

1. GPS - SE100 modeli.
2. Batareya - Jetfire Lipo 11.1V,40c,5200 mAh.
3. Pixhawk 2.4.8 modeli.

4. Emax 30A ESC (Elektron sürət nəzarətçisi).
5. Mühərrik - A2212 1000 kV.
6. UBEC 5V 2-4S, bu batareyadan gələn 12 V gərginliyi 5 V gərginliyə çevirmək üçün istifadə olunur.
7. Flysky fs-i6x qəbuledicisi.
8. PDB (Power Distribution Board) vasitəsilə enerji mənbəyindən gələn gərginlik bir neçə komponentə xüsusilə mühərriklərə və ESC-ya bərabər şəkildə paylanır. [3].
9. 1045 pərvanə.
10. Pixhawk üçün vibrasiya azaldıcı.
11. 900 MHz telemetriya.
12. Runcam Phoenix 2 Kamera.

Bu komponentlər PUA-nın avionikasını təşkil edir. PUA F450 Quad x modeli əsasında Solidworks proqramı təminatı vasitəsilə layihələndirilmişdir.



Şəkil 4. PUA-nın Solidworks proqram təminatında yığılmış görüntüsü

PUA-nın uçuşa hazırlanması üçün Mission Planner proqramından istifadə edilmişdir. Bu proqram vasitəsilə uçuş aparatımız proqramlaşdırılması prosesi və müxtəlif ayarları modelimizə uyğun tənzimləyərək stabil və təhlükəsiz uçuş yerinə yetirilmişdir və PUA uçuşdan əvvəl sınaqlardan keçirilərək uğurlu uçuş əldə olunmuşdur.



Şəkil 5. PUA-nın ümumi görünüşü

Nəticə. Bu işdə müşahidə məqsədli PUA hazırlanmışdır. İlk olaraq PUA-nın məqsədinə uyğun olaraq dizayn konsepti təyin edilmiş, model Solidworks proqram təminatı vasitəsilə modelləşdirilmişdir.

Modelləşdirmə əsasında bəzi PUA komponentləri 3D printer vasitəsilə çap edilmişdir. Daha sonra yığım prosesi başlamış və avionika komponentlərinin-mühərrik, ESC, GPS, uçuş kontrolleri və s. uyğun integrasiyası həyata keçirilmişdir. PUA-nın avionika hissəsi yığıldıqdan sonra Mission Planner proqram təminatı vasitəsilə proqramlaşdırma və lazımı ayarlamalar aparılıb. Sonda uçuş sınaqları keçirilmiş PUA-nın stabil uçuşu uğurlu şəkildə yerinə yetirilmişdir. Beləliklə, PUA-nın hazırlanması ardıcıl və məqsəduyğun şəkildə həyata keçirilmişdir.

Ədəbiyyat

- [1] https://az.wikipedia.org/wiki/Pilotsuz_u%C3%A7u%C5%9F_aparat%C4%B1
- [2] <https://encyclopedia.pub/entry/25512>
- [3] <https://sky-drones.com/power/smartap-pdb.html>

UAV CONTROL: REAL FLIGHT PERFORMANCE AND IMPORTANCE OF SIMULATION TOOLS

Novruzlu F.A., Zeynalova Sh.H.

Abstract: Our main goal in this article is to assemble a UAV (Unmanned Aerial Vehicle) in real conditions, prepare it for flight using the Mission Planner program, and conduct tests using certain simulation programs. The main purpose of our use of simulation programs is to minimize the risks that may be encountered during a real flight and to perform a safe flight. Examples of simulation programs include Gazebo, Airsim, and others. Through these programs, it is possible to test various processes. For example, these processes include analysing data from sensors such as Camera and Lidar, executing flight missions by integrating programs such as Mission Planner and Qground Control with simulation programs, testing accident scenarios, and testing and analysing the PID controller. As a result, the UAV was assembled and tested and performed a stable flight.

Keywords: UAV (Unmanned Aerial Vehicle), Gazebo, Mission Planner, Airsim, QGround Control.



LİDAR SİSTEMİNİN PUA-LARDA EFEKTİV TƏTBİQİ

Məcidov M.M., Sadıqov Ə.H.

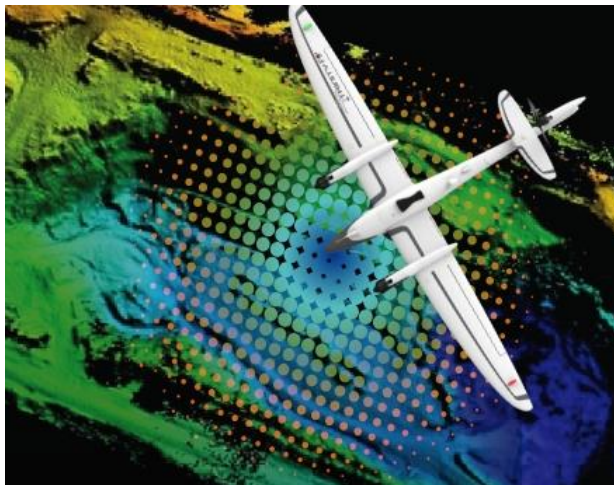
mirkarim.macidli@gmail.com

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. LiDAR (Light Detection and Ranging) texnologiyası işıq impulsları vasitəsilə obyektlərin strukturunu və məsafəsini dəqiq ölçən qabaqcıl bir sistemdir. Bu texnologiya, xüsusilə, PUA-ların (Pilotsuz Uçuş Aparatları) kəşfiyyat, topoqrafiya, xəritələmə və ekologiya sahələrində istifadəsini genişləndirir. Sabit qanad tipli PUA-larda LiDAR-ın effektiv istifadəsi üçün uçuş sürətinin, aerodinamik şəklın və cihazın məlumat toplama tezliyinin optimallaşdırılması vacibdir. Bu məqalədə LiDAR-ın texnoloji əsasları, Sabit qanad tipli PUA-larının xüsusiyyətləri, optimal uçuş parametrlərinin təyini və bu optimallaşdırmanın LiDAR performansına necə təsiri edəcəyi araşdırılacaq. Optimal uçuş sürət və hündürlüyü təyin etməklə, daha geniş ərazilərdə dəqiq ölçülər aparıla bilər. Sabit qanad tipli PUA-ların uzun məsafələrə uçuş qabiliyyəti LiDAR-ın daha əhatəli istifadəsinə imkan verir. Belə optimallaşdırılmış sistem, məlumat itkisinin qarşısını alır, yanacaq istifadəsini minimuma endirir və şəraiti daha dəqiq qiymətləndirmək üçün imkan yaradır. Bu yanaşma, PUA-ları xüsusilə elmi təbiiqlər və şəraiti qiymətləndirmə layihələri üçün mükəmməl bir alətə çevirir

Açar sözlər: LiDAR, PUA (Pilotsuz uçuş aparatı), optimallaşdırma, ətraf mühitin analizi, uçuş parametrləri

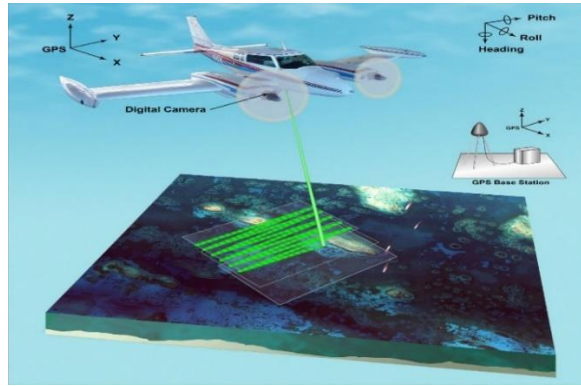
Giriş. Müasir texnologiyalardan istifadə dünya miqyasında çoxsaylı sahələrdə yeniliklərə yol açır. LiDAR sistemi bu texnologiyalardan biridir və PUA-larda istifadə olunaraq, innovativ həllərə şərait yaradır. Xüsusilə sabit qanadlı PUA-lar uzunmüddətli uçuş qabiliyyəti, yanacaq sərfini azaldan dizaynı və geniş əraziləri əhatə etmək imkanları sayəsində LiDAR-ın tətbiqi üçün ideal platforma hesab edilir [1, 2].



Şəkil 1. VTOL PUA ilə yüksək həssas xəritələmə

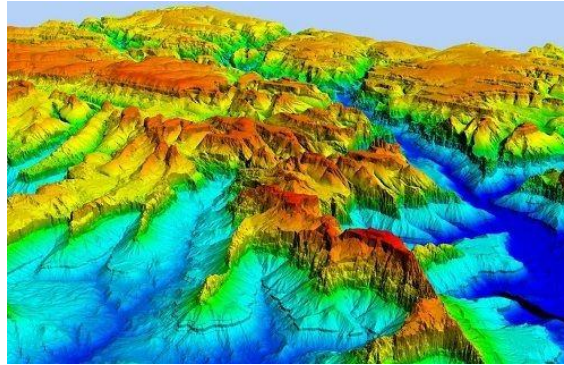
Məsafələrin dəqiq ölçülməsini təmin etmək qabiliyyəti ilə LiDAR bir çox müxtəlif problemləri həll etmək üçün istifadə edilə bilər. LiDAR həmçinin hədəfin sürətini təyin etmək üçün istifadə edilə bilər. Bu, ya Doppler texnikası ilə, ya da sürətlə ardıcıl olaraq hədəfə olan məsafəni ölçməklə edilə bilər. Məsələn, atmosfer küləyinin sürəti və avtomobilin sürəti LiDAR sistemi ilə ölçülə bilər. Bundan əlavə,

LiDAR sistemləri, avtonom idarəetmə nəqliyyat vasitəsinin qarşılaşa biləcəyi dinamik səhnənin üçölçülü modelini yaratmaq üçün istifadə edilə bilər. Bu, adətən bir skanlama texnikası vasitəsilə müxtəlif üsullarla həyata keçirilə bilər. LiDAR-ın tətbiq sahələri geniş və müxtəlifdir. Atmosfer elmlərində LiDAR müxtəlif atmosfer komponentlərinin aşkarlanması üçün istifadə edilmişdir. Bu texnologiya atmosferdəki aerosolların xarakterizə olunması, yüksək atmosfer küləklərinin tədqiqi, buludların profilinin çıxarılması, hava məlumatlarının toplanmasına yardım və bir çox digər məqsədlərdə tətbiq edilmişdir. Astronomiyada isə LiDAR məsafələrin ölçülməsi üçün istifadə olunur, həm uzaq obyektlər, məsələn, Ay, həm də çox yaxın obyektlər üçün. Əslində, LiDAR Ay ilə məsafəni millimetr dəqiqliyinə qədər ölçmək üçün mühüm bir cihazdır [4].



Şəkil 2. Havadan LiDAR məlumat toplama və geodeziya xəritələndirmə prosesi

LiDAR sistemi sabit qanadlı PUA-larla integrasiya olunarkən bir sıra çətinliklər yarana bilər. Buraya aerodinamik strukturun mükəmməl dizaynı, cihazın çəki balansına təsiri, eləcə də şəraitin qiymətləndirilməsi daxil ola bilər. Digər tərəfdən, optimallaşdırılmış parametrlər və kalibrasiya sayəsində bu çətinliklərə həllər tapıla bilər [3]. Beləliklə, şəraiti daha dəqiq ölçmək, optimal məlumat toplamaq və sistem effektivliyini artırmaq mümkün olacaq. Bu yazıda, LiDAR texnologiyasının sabit qanadlı PUA-ların performansına təsiri, optimallaşdırma metodları, çətinliklər və perspektivlər geniş təhlil ediləcək.



Şəkil 3. LiDAR məlumatları əsasında rəqəmsal relyef modeli (DEM)

Metodlar. Sabit qanadlı PUA-larda LiDARın optimizasiya strategiyaları:

LiDAR texnologiyasının sabit qanadlı PUA-larda istifadəsinin səmərəli olması üçün optimallaşdırma strategiyaları vacibdir. Bu hissədə LiDAR sisteminin performansını artırmaq və onun sabit qanadlı PUA-larla tam integrasiyası üçün görülə biləcək addımlar ətrafı şəkildə təhlil ediləcək.

1. *Aerodinamik dizaynın təkmilləşdirilməsi:* sabit qanadlı PUA-larda aerodinamik dizayn LiDAR performansına birbaşa təsir edir. Uçuş stabilizasiyasını qorumaq, hündürlüyü sabit saxlamaq və vibrasiyanı minimuma endirmək üçün qanadın quruluşu və forma faktoru diqqətlə təyin edilməlidir [1].

2. *Optimal uçuş parametrlərinin seçimi*: LiDAR sisteminin dəqiq məlumat toplaması üçün uçuş sürətinin və hündürlüyün düzgün təyin edilməsi vacibdir. Mövcud tələblərə uyğun olaraq, uçuş hündürlüyü və sürət elə təyin edilməlidir ki, məlumat itkiləri minimuma endirilsin.

3. *Vibrasiya və kalibrasiya prosesləri*: uçuş vaxtı vibrasiyalar LiDAR cihazının ölçmə dəqiqliyini azalda bilər. Buna görə, vibrasiyanı azaldan texnologiyaları istifadə etmək və LiDAR-ı tez-tez kalibrləmək tərəfindən vacibdir.

4. *Məlumat toplama tezliyinin uyğunlaşdırılması*: sabit qanadlı PUA-ların daha yüksək sürətlə uçuşa qabiliyyəti LiDAR-ın topladığı məlumat həcmi artırır. Buna görə, cihazın toplama tezliyini uçuş sərhədlərinə uyğun şəkildə kalibrləmək lazımdır [2].

5. *Məlumat emal alqoritmləri*: toplanan məlumatların emalı üçün effektiv alqoritmlərin istifadəsi vacibdir. Məlumat həcmindən asılı olaraq, sürətli və dəqiq alqoritmlərlə məlumatları emal etmək LiDAR-ı daha funksional edir [3].

Bu strategiyaları tətbiq etməklə sabit qanadlı PUA-larda LiDAR-ın səmərəliliyini artırmaq və onun çoxşaxəli istifadə imkanlarını genişləndirmək mümkün olacaq.

Nəticə. LiDAR texnologiyasının sabit qanadlı PUA-larda istifadəsi həm elmi, həm də praktiki sahələrdə böyük potensial təqdim edir. Bu sistemin effektivliyi uçuş parametrlərinin optimallaşdırılması, aerodinamik dizaynın təkmilləşdirilməsi və vibrasiyanın azaldılması ilə artırıla bilər. Sabit qanadlı PUA-lar geniş əraziləri əhatə etmək, daha yüksək dəqiqliklə məlumat toplamaq və enerji sərfini minimuma endirmək baxımından LiDAR-ın tətbiqi üçün ideal platformadır. Beləliklə, LiDAR-ın düzgün integrasiyası və optimallaşdırma strategiyalarının tətbiqi ilə, həm dəqiq elmi araşdırmalar, həm də kommersiya məqsədli layihələr üçün yüksək nəticələr əldə etmək mümkündür.

Ədəbiyyat

[1] Anderson, J. D., "Introduction to Flight," McGraw-Hill, 2016.

[2] Borresen, B., & Larsen, A., "Aerodynamics for UAV Design," Springer, 2018.

[3] Smith, R. W., "LiDAR Applications in UAV Systems," IEEE Journal of Aerospace and Electronic Systems, 2020.

[4] <https://www.synopsys.com/glossary/what-is-lidar.html>

UAV CONTROL: REAL FLIGHT PERFORMANCE AND IMPORTANCE OF SIMULATION TOOLS

Majidov M.M., Sadıgov A.A.

Abstract: LiDAR (Light Detection and Ranging) technology is an advanced system that precisely measures the structure and distance of objects using light pulses. This technology significantly enhances the applications of UAVs (Unmanned Aerial Vehicles) in fields such as reconnaissance, topography, mapping, and ecology. To ensure the effective use of LiDAR in fixed-wing UAVs, it is essential to optimize flight speed, aerodynamic configuration, and the data collection frequency of the system. This article examines the technological foundations of LiDAR, the characteristics of fixed-wing UAVs, the determination of optimal flight parameters, and how such optimization impacts LiDAR performance. By defining optimal flight speed and altitude, it becomes possible to conduct precise measurements over larger areas. The long-range flight capability of fixed-wing UAVs facilitates the broader application of LiDAR. Such an optimized system minimizes data loss, reduces fuel consumption, and enhances the accuracy of environmental assessments. This approach transforms UAVs into an excellent tool, particularly for scientific applications and environmental evaluation projects.

Keywords: LiDAR, UAV (Unmanned Aerial Vehicle), optimization, environmental analysis, flight parameters.



İNTEQRASIYA OLUNMUŞ BORT ŞƏBƏKƏLƏRİNİN PUA-LARDA TƏTBİQ İMKANLARI

Şıxverdiyev O.Ə., Məmmədov A.Z.

orxan050223@gmail.com

aftandilmammadov@naa.edu.az

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

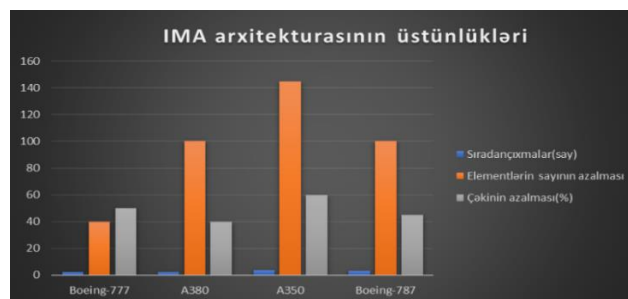
Xülasə. Son illərdə pilotsuz uçuş aparatlarının (PUA) qabarit ölçülərinin, çəkisinin azaldılması, eləcə də etibarlılığının artırılması qarşıda duran əsas vəzifələrdən biri olmuşdur. Əsas sistemlərin elektriklişdirilməsi buna təkan verən amillərdəndir. Bundan əlavə DIMA arxitekturasının tətbiqi qeyd edilən problemlərin həllində bizə əlavə kömək edə bilər. Belə ki, avionika sistemlərində quraşdırılmış bort şəbəkələrin integrasiyası təhlükəsizlik, səmərəlilik və icra səviyyəsinə nail olmaqda mühüm rol oynayır. Bu şəbəkələrin avionika sistemlərinə integrasiyası zaman keçdikcə daha da artmış və müasir PUA sistemləri üçün vacib bir hala gəlmişdir. Təqdim olunan məqalədə texniki tapşırığa uyğun olaraq müasir uçuş aparatlarında tətbiq edilən məlumat ötürmə şəbəkələri araşdırılmış, paylanmış integrasiya olunmuş modul avionika sistemi analiz edilmiş və innovativ xüsusiyyətləri müəyyənləşdirilmişdir.

Açar sözlər: PUA (Pilotsuz uçuş aparatı), bort şəbəkələr, İMA (İntegrasiya olunmuş modul avionika), PİMA (Paylanmış integrasiya olunmuş modul avionika).

Giriş. Hazırda uçuş aparatının çəkisinin azaldılması bütün şirkətlər və aviakompaniyalar üçün prioritet məsələlərdəndir. Belə ki, çəkinin azalması təkcə uçuş aparatının qabarit ölçülərinin kiçilməsi deyil. Bir sıra vacib məsələlərin həll olunmasına da bununla nail olmaq olar. Məsələn: karbon emissiyasının azalması, yanacaq sərfiyyatını azaltmaqla xərclərin minimuma endirilməsi, yanacaq effektivliyinin artırılması. Təbii ki, bütün bunlar effektiv uçuşlara, səfərin razılığının artırılmasına, iqtisadi səmərəliliyə və s. nail olmaq məqsədi daşıyır.

İşin məqsədi. Təqdim olunan məqalənin məqsədi texniki tapşırığa uyğun olaraq müasir uçuş aparatlarında tətbiq edilən məlumat ötürmə şəbəkələri araşdırılması, paylanmış integrasiya olunmuş modul avionika sisteminin analizi və innovativ xüsusiyyətlərinin müəyyənləşdirilməsidir.

Əsas hissə. Uçuş aparatlarının çəkisinin azaldılması üçün başlıca nəzərə alınan şərtlərdən biri də istifadə olunan naqillərin sayının azaldılması idi. Amma bu məqsədlə əvvəlcə yeni texnologiyaya əsaslanan arxitektura layihəsi lazım gəlirdi. Aviasiyada yeni tipli avionika arxitekturası üçün ilk böyük təşəbbüslərdən biri Honeywell tərəfindən "Boeing 777" təyyarələrinin informasiya idarəetmə sisteminin (AIMS) hazırlanması olub. Qeyd etmək lazımdır ki, Boeing-777 təyyarəsində həm ənənəvi həm də integrasiya edilmiş şəbəkələrə rast gələ bilərik. Belə ki, nisbətən az naqıl tələb edən sistemlər (məsələn GPS) köhnə spesifikasiyalara əsaslanan ARINC-429 standartından istifadə edirsə, digərləri (məsələn; əsas idarəetmə səthləri) ARINC-429 standartından dəfələrlə sürətli olan ARINC-629 standartında işləyirlər. Şəkil 1-də İMA arxitekturasının müxtəlif sahələrdə təklif etdiyi üstünlüklər göstərilmişdir.



Şəkil 1. İMA arxitekturasının müxtəlif sahələrdə təklif etdiyi üstünlüklər

Son illərdə daha yeni tətbiq olan DIMA (Distributed Integrated Modular Avionics) və yaxud Second Generation IMA (IMA2G) kimi adlandırılan konsepsiyanın istifadəsinə dair yeni tipli avionika arxitekturası işlənib hazırlanmışdır. Bu şəbəkələr təkcə kommersiya təyyarələrinə deyil, hərbi və mülki məqsədlər üçün istifadə edilən PUA-larda da tətbiq edilmişdir.

Hazırda PUA-lar hərbi məqsədlərlə yanaşı, gündəlik həyatımızda da geniş tətbiq olunur. Belə ki, texnologiyanın inkişafı onların fotoqrafiyada, kənd təsərrüfatında, bəzi əhəmiyyətli monitorinqlərdə (məşə yağınlının monitorinqi, ətraf mühitin monitorinqi, hidroloji monitorinqlər və s.), infrastrukturların yoxlanılmasında, elmi-tədqiqat işlərində və s. sahələrdə geniş tətbiqinə yol açmışdır. Məhz dronların belə istifadə olunma üstünlüyü onların özünün də tədqiqatlara açıq olduğunu göstərir. Cədvəl 1-də PUA-ların çəkisinə görə təsnifatı göstərilmişdir.

Cədvəl 1. PUA-ların çəkisinə görə təsnifatı

Kateqoriya	Böyük	Orta	Kiçik	Mikro	Nano
Çəki	$\geq 150kq$	$\geq 25kq -$ $< 150kq$	$\geq 2kq -$ $< 25kq$	$\geq 250qr -$ $< 2kq$	$< 250qr$

Hazırda PUA texnologiyalarına təsir edən çətinliklərdən bəzilərinə keçmişdə kommersiya təyyarələrində də rast gəlinmişdir. Bunları həll etmək üçün son zamanlar uçuş aparatları Paylanmış İnteqrasiya Olunmuş Modul Avionika (DIMA) adlı avionika arxitekturasına üstünlük verilməyə başlanmışdır. DIMA platformaları indi pilotlu təyyarələrin avionikasında ən müasirdir və qiymət, etibarlılıq və aviasiya sertifikatı uyğunluq arasında optimal tarazlığı təmin edir.

Müzakirə. Beləliklə, DIMA texnologiyaları PUA avionika platformalarının cari tələblərini ödəmək üçün əsas element kimi ortaya çıxır. PUA-lar və onların əməliyyat tələblərindəki rəqəmlərə diqqət yetirməklə, yeni inteqrasiya edilmiş avionika arxitekturası hazırlana bilər və bu arxitektura aşağıdakı xüsusiyyətlərə malik olacaqdır:

- Aviasiya təhlükəsizliyi sertifikatlaşdırma standartlarına uyğunluğu ilə daha yüksək etibarlılıq;
- Bütün ölçülü hava platformaları üçün uyğunluq;
- “Plug and Play” inteqrasiyası ilə müxtəlif növ tapşırıqlara və yüklənmələrə uyğunlaşma.

Müasir avionika sisteminin tələbləri böyük diapazon genişliyi, yüksək sürət və aşağı qiymətdir. Bunlara cavab verən şəbəkə kimi AFDX şəbəkəsini misal göstərmək olar. AFDX şəbəkəsi Ethernet standartına əsaslanır.

DIMA modulunun əsasını təşkil edən AFDX (Avionik Tam Dupleks Keçidli Ethernet) Ethernet standartına əsaslanır. Bəhs olunan şəbəkə növü köhnə standartlarla müqayisədə (məsələn: ARINC 429, ARINC 629) önəmli üstünlüklər təklif edir. ARINC 429 və ARINC 629 mürəkkəb, eləcə də bahalı olduğu halda AFDX ucuz və sadədir. Maksimum ötürmə sürəti 100 Mbps çata bilər. Hazırda adı çəkilən şəbəkə ən son Airbus modeli olan A380-ə tətbiq edilən şəbəkədir. AFDX, aviasiya sənayesi tələblərinə uyğun şəkildə modifikasiya edilmişdir. Bu protokolun əsas üstünlüklərindən biri, yüksək diapazon genişliyi ilə birlikdə məlumatların etibarlı bir şəkildə ötürülməsini təmin etməsidir. Bu sistem uçuş aparatlarının təhlükəsizliyini artırmaq üçün əhəmiyyətli rola malikdir. Şəbəkənin tətbiqi, uçuş zamanı avionika sistemləri arasında mövcud olan uyğunsuzluqların minimumlaşdırılmasına kömək edir.

Cədvəl 2-də IMA arxitekturasının ənənəvi arxitekturalardan fərqli xüsusiyyətləri göstərilmişdir.

Cədvəl 2. Arxitekturaların xüsusiyyətləri

Ənənəvi şəbəkələr	DIMA arxitekturası
Ayrı-ayrı, dəyişdirilə bilən bloklar və prosessorlar	Split proqram təminatı ilə paylaşılan emal modulları (ARINC 653)
Hər bir avionika sistemi üçün ayrıca infrastruktur	Ümumi infrastruktur
ARINC 429/629 və MIL-STD 1553B kimi şinlərin istifadəsi	AFDX standartından istifadə

Göründüyü kimi AFDX şəbəkəsi ənənəvi şəbəkələrdən bir çox fərqli xüsusiyyətlərə malikdir. Cədvələ nəzər salsaq, DIMA arxitekturasının digər şəbəkələrlə müqayisədə önəmli üstünlük təklif etdiyini bir daha görə bilərik.

Nəticə. Nəticə olaraq onu qeyd edə bilərik ki, hazırda DIMA texnologiyası tək-cə təyyarələrə deyil, həm də PUA-lara tətbiq edilməkdədir. Belə ki, son illər PUA-ların sürətli inkişafı və tətbiq sahələrinin genişlənməsi onların daha da inkişaf etdirilməsinə zəmin yaratmışdır. İnteqrasiya olunmuş şəbəkələr PUA-ların sistemləri və müxtəlif komponentləri arasında effektivliyin artırılmasına imkan yaradır. Bu bəzi şəbəkələrin uçuş aparatlarının avionika sistemlərinə tətbiqi artmaqdadır və müasir təyyarə sistemləri üçün əvəzolunmaz bir hala gəlmişdir.

Ədəbiyyat

- [1] Alena R., Ossenfort J., Laws K and others. Communications for Integrated Modular Avionics, IEEEAC, 19 pp., (2006).
- [2] Christopher B. Watkins, Randy Walter. Transitioning from federated avionics architectures to integrated modular avionics. DASC'07. IEEE/AIAA 26th, (2007)
- [3] Fuchs C. The Evolution of Avionics Networks from ARINC 429 to AFDX, Proc. Seminar Aerospace Networks SS2012, Munich, (2012).
- [4] I. Moir, A. Seabridge, and M. Jukes. Civil Avionics Systems. John Wiley & Sons, Ltd, 2nd edition, (2013).

POSSIBILITIES OF APPLICATION OF INTEGRATED ON-BOARD NETWORKS IN UAVS

Shixverdiyev O.A., Mammadov A.Z.

Abstract. In recent years, reducing the dimensions and weight of UAVs, as well as increasing their reliability, has been one of the main tasks ahead. Electrification of the main systems is one of the driving factors. In addition, the application of DIMA architecture can further help us in solving the mentioned problems. Thus, the integration of on-board networks installed in avionics systems plays an important role in achieving the level of safety, efficiency and performance. The integration of these networks into avionics systems has increased over time and has become essential for modern UAV systems.

Keywords: UAV (Unmanned aerial vehicle), onboard networks, IMA (Integrated modular avionics), DIMA (Distributed integrated modular avionics).

PUA-LARIN İNNOVATİV TEXNOLOGİYALAR VƏ YENİ NƏSİL MATERİALLARLA TƏCHİZATI



İbrahimli Ş.C., Əlihüseynov A.S., Səmədov Ə.S.

shibrahimli.30597@naa.edu.az

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Müasir texnologiyalardan istifadə edərək müşahidə sistemi ilə təchiz olunmuş pilotsuz uçuş aparatları (PUA) təhlükəsizlik sahəsində əhəmiyyətli rol oynayır. Bu məqalədə, PUA-ların hazırlanmasında istifadə edilən materiallar, termal görüntülmə və lidar texnologiyaları kimi vacib komponentlər təsvir edilmişdir. Termal görüntülmə sistemləri infraqırmızı şüalanma vasitəsilə istilik qaynaqlarını aşkar edir, lidar texnologiyası isə obyektlərin dəqiq ölçülməsi və üçölçülü modellərin yaradılması üçün mükəmməl vasitədir. Təhlükəsizlik sahəsində bu texnologiyaların istifadəsi həm çeviklik, həm də effektivlik baxımından yeni imkanlar yaratmışdır.

Açar sözlər: pilotsuz uçuş aparatları, termal görüntülmə, lidar, təhlükəsizlik, müşahidə sistemi, innovativ texnologiyalar, materiallar, texnoloji yenilik.

Giriş. Müasir təhlükəsizlik sistemlərində pilotsuz uçuş aparatları (PUA) özünün unikal xüsusiyyətləri və çoxfunksionalılığı ilə geniş imkanlar yaratmışdır. Xüsusilə müşahidə sistemləri ilə təchiz olunmuş PUA-lar çeviklik və səmərəlilik baxımından effektiv həllər təqdim edir. Termal görüntülmə və lidar texnologiyalarının inteqrasiyası bu cihazların qaranlıq şəraitdə, dumanlı havalarda və maneələrlə dolu ərazilərdə belə yüksək dəqiqliklə işləməsini təmin edir. Bu məqalənin məqsədi, adıçəkilən texnologiyaların işləmə prinsiplərini təsvir etmək, onların üstünlüklərini vurğulamaq və təhlükəsizlik sahəsində tətbiq perspektivlərini araşdırmaqdır.

Metodlar. Məqalədə istifadə olunan metodologiya texnologiyaların texniki təhlilinə əsaslanır. Burada müasir texnologiyaların tətbiqi müxtəlif aspektlərdə araşdırılmışdır:

1. Material Seçimi:

- Kompozit Materiallar: Karbon lifli kompozitlər və yüksək davamlı polimer materiallar istifadə olunur.
- Yüksək Performanslı Metal Tərkibli Materiallar: Titan və alüminium ərintiləri kimi materialların istifadəsi təhlil edilib.

2. Termal Görüntülmə Texnologiyası

- Termal kameraların infraqırmızı şüalanma prinsipinə əsaslanan iş prinsipi təhlil edilmişdir.
- Müxtəlif istilik səviyyələrinin müşahidəsi və analizinə diqqət yetirilmişdir.

3. Lidar Texnologiyası

- Lazer şüalarının köməyi ilə məsafələrin yüksək dəqiqliklə ölçülməsi öyrənilmişdir.
- Üçölçülü modellərin yaradılması və relyefin dəqiq təsviri üçün lidarın potensialı araşdırılmışdır.

4. Təhlükəsizlik Tətbiqləri

- Şəhər mühitində monitoring sistemlərinin effektivliyi dəyərləndirilmişdir.
- Təbii fəlakətlərin idarə olunmasında bu texnologiyaların praktik tətbiq imkanları öyrənilmişdir.

Nəticə və müzakirələr. Araşdırmalar göstərir ki, termal görüntülmə və lidar texnologiyaları pilotsuz uçuş aparatlarını (PUA) təhlükəsizlik sistemlərinin ayrılmaz bir hissəsinə çevirir. Xüsusilə, bu texnologiyalar aşağıdakı üstünlükləri ilə fərqlənir:

Kompozit Materiallar:

- Karbon lifli materialların istifadəsi çəki azalmasını təmin edir və struktur davamlılığını artırır.
- CIGS Materiallar:

- CIGS (Copper indium gallium selenide solar cell) materialları çəkiyə çox mühüm təsiri olmadan günəşdən alınan enerjini PUA-nın daxilində yerləşdirilən çevirici vasitəsi ilə elektrik batareykalarına ötürür və bununla da aparatın uçuş müddətini artırır.

Termal Görüntüləmənin Üstünlükləri:

- Gecə vaxtı və zəif görünüşlü şəraitlərdə (məsələn, dumanlı hava) istilik mənbələrinin aşkarlanması.

Lidar Texnologiyasının Üstünlükləri:

- Hərəkətdə olan obyektlərin dəqiq ölçülməsi.
- Üçölçülü dəqiq modellərin yaradılması və relyefin detallı təsviri.

Perspektiv Tətbiqlər:

- Təbii fəlakətlərdən zərər görmüş bölgələrin operativ monitorinqi.
- Terror əməliyyatlarında dəqiq və etibarlı məlumatların təmin edilməsi.

Bu texnologiyaların tətbiqi yalnız operativliyi və səmərəliliyi artırmaqla kifayətlənmir, həm də iqtisadi baxımdan sərfəliliyi ilə diqqət çəkir ki, bu da onların geniş miqyasda tətbiqini daha mühüm edir.

Təkliflər.

1. *Kompozit materialların daha geniş tətbiqi*: yüksək keyfiyyətli karbon lifli materialların istifadəsi struktur davamlılığı və yüksək performansı təmin edir.
2. *CIGS (sunflare) materiallarının tətbiqi*: nazik, yüngül, elastik, davamlıdır. günəş işığından enerjinin bərpa olunması və dəqiq spesifikasiyalar ilə yaradılmışdır.
3. *PUA-ların daha geniş istifadəsi üçün təlim proqramları*: təhlükəsizlik sahəsində ixtisaslı kadrların hazırlanması.
4. *Texnologiyaların təkmilləşdirilməsi*: termal kameraların çözünlülük imkanlarının artırılması, lidar sistemlərində real vaxt rejimində dəqiq məlumat ötürülməsi.
5. *Qanunvericilik bazasının təkmilləşdirilməsi*: PUA-ların istifadəsi üçün beynəlxalq standartların yaradılması.

Ədəbiyyat

- [1] Anderson, J. D. (2020). Thermal Imaging and Security Systems. New York: Springer.
- [2] Smith, R. L., & Brown, T. (2018). Lidar Technology for Modern UAVs. London: Academic Press.
- [3] Miller, P. (2019). "Unmanned Aerial Vehicles in Disaster Management." Journal of Applied Security.
- [4] International Organization for Standardization (ISO). (2021). UAV Safety Standards. Geneva.
- [5] Khan, M., & Ali, S. (2022). Advanced Surveillance Systems with UAVs. Dubai: TechWorld
- [6] <https://www.sunflaresolar.com/our-technology>

SUPPLY OF PILOT-FREE AIRCRAFT WITH INNOVATIVE TECHNOLOGIES AND NEW GENERATION MATERIALS

Ibrahimli Sh.C., Alihuseynov A.S., Samadov A.S.

Abstract. Unmanned aerial vehicles (UAVs) equipped with an surveillance system using modern technologies play an important role in the field of security. This article describes important components such as materials used in the development of UAVs, thermal imaging and lidar technologies. Thermal imaging systems detect heat sources through infrared radiation, and lidar technology is the perfect tool for accurate measurement of objects and creation of three-dimensional models. The use of these technologies in the field of security has created new opportunities both in terms of flexibility and efficiency.

Keywords: unmanned aerial vehicles, thermal imaging, lidar, safety, surveillance system, innovative technologies, materials, technological innovation.

BÖLMƏ 2. MÜASİR AEROKOSMİK ELEKTRONİKA SİSTEMLƏRİ**KOSMİK APARATIN ORİYENTASIYA SİSTEMİNİN
MODELLƏŞDİRİLMƏSİ****Babayeva N.E., Zeinalova S.H.**nbabayevaa123@gmail.com*Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan*

Xülasə. Məqalədə Yerin süni peykinin oriyentasiya sisteminin idarə olunması üçün kombinə edilmiş P və PİD tənzimləyicilərindən istifadə prosesi izah edilir. Sistem təsadüfi siqnalları qəbul edir, onları müəyyən bucaq qiymətləri ilə müqayisə edir və uyğun olaraq P və ya PİD tənzimləyicilərdən istifadə edir. Əsas məqsəd peykin oriyentasiyasını effektiv şəkildə idarə etmək və dayanıqlığını təmin etməkdən ibarətdir. P tənzimləyicisi kiçik bucaqlı rəqslər üçün istifadə edilir, PİD tənzimləyicisi isə daha böyük bucaqlı rəqslərdə tətbiq olunur. Sistemin idarəetmə keyfiyyətini artırmaq üçün integrasiya əmsalı yalnız müəyyən şərtlərdə aktivləşdirilir. Qeyri-xətti xassələrə malik sistemlər üçün ədədi üsullar və xüsusi idarəetmə qanunları tətbiq edilərək, kosmik aparatın stabil trayektoriyasını təmin edən idarəetmə strategiyası hazırlanmışdır.

Açar sözlər: peyk oriyentasiya sistemi, P və PİD tənzimləyiciləri, qeyri-xətti sistemlər, integrasiya əmsalı, kosmik aparat trayektoriyası.

Giriş. Oriyentasiya sistemi kosmik gəminin hərəkətini idarə etmək üçün, yəni verilən istiqamətə nisbətən öz oxları boyunca mövqeyə müəyyən sabitlik vermək üçün nəzərdə tutulmuşdur. Peyk üç oxu olan orbital oriyentasiya ilə xarakterizə olunur: bir ox kurs üzrə yönəldilir, bu ox həmişə Yerin mərkəzinə yönəldilir, digər ox orbitin müstəvisinə perpendikulyar olan tanqaj bucağı üzrə yönəldilir və üçüncü ox bu müstəvidə oxa perpendikulyar olan vurnuxma bucağı üzrə yönəldilir. Mikropeykin hazırkı bucaq vəziyyəti müxtəlif sensorlar olan həssas elementlərdən alınan məlumatlar əsasında müəyyən edilir. Çox vaxt elektro-optik sensorlar, istinad nöqtələri kimi səma cisimlərindən - Günəşdən, Yerdən, Aydan, ulduzlardan istifadə olunur. Optik cihazlar, görünən işığın və ya infraqırmızı şüalanmanın təsiri altında, sensor oxları istinad nöqtəsinin istiqamətindən yayındıqda elektrik siqnalı yaradır [1].

Modelləşdirmə vasitəsi kimi MATLAB proqram təminatı seçilmişdir. MATLAB virtual və fiziki obyektlərin modelləşdirilməsi üçün güclü vasitədir. Ətraf mühit interfeysi fərdi bloklardan modellərin qurulmasına, modelləşdirmə prosesinin işə salınmasına və nəticələrə nəzarət etməyə imkan verir. Oriyentasiyanı təyin etmək üçün istifadə olunan ölçmə cihazları iki növ sensora bölünür: birləşdirilmiş sistemdə koordinat sistemində məlum olan xüsusi bir istiqaməti təyin edən istiqamət sensorları və bucaq sürətinin vektorunu birbaşa ölçən bucaq sürət sensorları [2].

Burada idarəetmə obyekti kimi Azərbaycanın ikinci telekommunikasiya peyki olan, məlumatların ötürülməsini, televiziya yayımını və s. təmin edən Azerspace-2 kosmik gəmisi götürülmüşdür. Azerspace-2 kiçik peyklər kateqoriyasına aiddir - peykin başlanğıc kütləsi 3.500 kiloqramdır. Azerspace-2 kosmik gəmisinin xüsusiyyətləri Cədvəl 1-də təsvir edilmişdir [3].

Azerspace-2 peyki bort alt sistemləri və müasir cihazlarla təmin olunmuşdur. Bu da onun orbitdə dinamik hərəkətini təmin edir. Bu sistemlər enerji təchizatı, bucaq mövqeyinin idarə olunması, rabitə əlaqəsi üçün vacibdir. Təxminən 25 metr uzunluğunda olan panellər, peyk üçün lazım olan enerjini təmin edir. Günəş batareyaları adətən ABŞ və Avropa ölkələrində istehsal olunur. Günəş işığı olmadığı vəziyyətdə (kölgədə) isə litium-ion batareyaları ilə enerjini təmin edir. Bildiyimiz kimi telemetriya sisteminin də rolu böyükdür. Peykin vəziyyəti haqqında məlumatları Yerə ötürür. Qəbuledici cihazlar

vasitəsilə gələn məlumatlar qəbul edilir. Həmçinin rabitə antenaları peykə Yer arasındakı məlumat ötürülməsi üçün istifadə olunur.

Cədvəl 1. Azerspace-2 kosmik gəminin texniki xüsusiyyətləri

Kosmik gəminin məqsədi. Buraxılma tarixi	Peyk rabitəsi, məlumatların ötürülməsi, telekommunikasiya. 26 sentyabr 2018.	
Orbitin növü	Geostasionar orbit	
Geostasionar orbitdə dayanma nöqtəsi	45° şərq uzunluğunda	
Qurumun(təşkilatın) adı	Azərbaycan Respublikasının kosmik rabitə və peyk xidmətlərini təmin edən qurumdur.	
Peyk xidməti sahəsi	Azerspace-2 peykinin xidmət ərazisi Azərbaycan Respublikası, Qafqaz regionu, Mərkəzi Asiya, Yaxın Şərq və Avropanın bəzi hissələrini əhatə edir	
Platforma	SSL 1300 (Space Systems Loral) modelidir. SSL 1300 platforması peykin orbitə yerləşdirilməsi və əməliyyat müddətində yüksək performans təmin etmək üçün nəzərdə tutulub	
Başlanğıc çəkisi	3500 kq	
BRTK-nın istismarı zamanı peykin oriyentasiya dəqiqliyi	0.05 dərəcə	
Peyk izləmə dəqiqliyi	±0,05 dərəcə	
Güc	7 kVt	
Peykin istismar müddəti	15 il	
Yükləmə xüsusiyyətləri		
Diapazon	Ku-band Qəbul 10.95 – 11.20 GHz; Ötürmə- 13.75-14.50 GHz C-band Qəbul 3.625-4.200 GHz; Ötürmə 5.850 –6.425 GHz	
Transponderlərin ümumi sayı	Ümumi sayı 24-dür. 20-si aktiv,4-ü ehtiyat	
Magistralların sayı	Sabit xətt	16
	Televiziya	4
Tezliklər, GHz	Qəbuledici	10.95-11.20GHz
	Ötürücü	13.75-14.50 GHz
Bant genişliyi	54,000 Hz	
Çıxış gücü	6 transponder	Təxminən 316 W
	10 transponder	Təxminən 63 W
Keyfiyyət	5,5 dB/K	
Qütbləşmə	Xətti ortoqanal	
Ümumi enerji istehlakı	20 KVt	

Azerspace-2 peykinin bort sistemlərinin bir sıra üstünlükləri vardır. Bu üstünlüklər bunlardır: yüksək etibarlılıq və uzunmüddətli fəaliyyət; böyük məsafələrə məlumatı ötürmə funksiyası; günəş batareyaları və litium-ion batareyalarının hesabına yüksək enerji effektivliyi və s. Bort sistemi Azerspace-2 peykinin kosmik fəzada stabil fəaliyyətini, həmçinin yüksək keyfiyyətli telekommunikasiya xidmətlərinin göstərilməsini təmin edir.

Oriyentasiya sisteminin struktur təhlilində kosmik gəminin hərəkət tənlikləri əvəzinə hərəkət tənliklərinə uyğun gələn ötürmə funksiyalarından istifadə etmək daha rahatdır. Tənliyin əmsalları stasionardır. Stasionar olması üçün lazım olan əmsalların dəyişməsi nisbətən yavaş baş verdikdə, əmsalları sabit saxlamaqla sadələşdirməyə nail olmaq olar. Bu üsul kosmik aparatın uçuş vaxtını bir sıra addımlara bölməkdən ibarətdir, hər addımda əmsallar sabit hesab olunur. Əmsalların “dondurulması” adlanan bu dəyişməzlik üsulu, sistemdə keçid prosesi zamanı əmsalların 15..20%-dən çox olmamaq şərti ilə, alınan nəticənin dəqiqliyinə təsir göstərmir [4].

İlkin tənliklər aşağıdakı kimidir:

$$\ddot{\vartheta} + a_1 \dot{\vartheta} + a_2 \alpha + a_3 (\delta_b + \delta_b^*) = f_{mz} \quad (1)$$

$$\dot{\theta} = a_4 \alpha + b_y \quad (2)$$

Parametrləri təyin etsək, $\omega_z = \dot{\vartheta}$, $\alpha = \vartheta - \theta$, alacağıq.

$$\frac{d\vartheta}{dt} = \omega_z \quad (3)$$

$$\frac{d\omega_z}{dt} = -a_1 \omega_z - a_2(\vartheta - \theta) - a_3(\delta_b + \delta_b^*) \quad (4)$$

$$\frac{d\theta}{dt} = a_4(\theta - \vartheta) \quad (5)$$

$$x = \begin{bmatrix} \vartheta \\ \omega_z \\ \theta \end{bmatrix}; \quad u = [\delta_b]; \quad A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -a_2 & -a_1 & a_2 \\ a_4 & 0 & -a_4 \end{bmatrix}; \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ -a_3 \\ 0 \end{bmatrix};$$

a_1 əmsali kosmik gəminin sönməsini xarakterizə edir. Kosmik gəminin fırlanması zamanı baş verən an həmişə fırlanmanın əksi istiqamətə yönəldilir və onun irəliləməsinə mane olur. a_2 əmsali kosmik gəminin uzununa statik dayanıqlılığını xarakterizə edən əmsaldır. a_3 əmsali bortda idarəetmənin səmərəliliyini xarakterizə edən əmsaldır. a_4 əmsali kosmik gəminin uçuş trayektoriyasını dəyişmək qabiliyyətini xarakterizə edən əmsaldır. Sonra kosmik gəminin hesablanmış ötürmə funksiyalarını yazacağıq. Ötürücü funksiyaları α - hücum bucağı, ϑ - tanqaj bucağı, θ - sürüşmə bucaqlarının giriş siqnalları ilə əlaqəsini göstərir [5]. Əmsalları hesablayaq:

$$K_c = \frac{-a_3 a_4}{a_2 + a_1 a_4} = \frac{-0.37 \cdot 0.66}{0.78 + 0.46 \cdot 0.66} = -0.23; \quad T_c^2 = \frac{1}{a_2 + a_1 a_4} = 0.92$$

$$K_{c_1} = \frac{a_4}{a_2 + a_1 a_4} = 0.61; \quad T_{1c} = \frac{1}{a_4} = 1.52$$

$$K_{c_2} = \frac{a_2}{a_2 + a_1 a_4} = 0.72; \quad 2\xi_c T_c = \frac{a_1 + a_4}{a_2 + a_1 a_4} = 1.03$$

$$K_{c_3} = \frac{-a_1}{a_2 + a_1 a_4} = -0.12; \quad T_{2c} = \frac{1}{a_1} = 2.17$$

$$T_{c_3}^2 = \frac{1}{a_2} = 1.28$$

$$2\xi_{c_3} T_{c_3} = \frac{a_1}{a_2} = 0.59$$

Əmsalları və zaman sabitlərini bilərək, ötürmə funksiyalarını əldə edirik:

$$W_{\vartheta}^{\delta B}(s) = \frac{0.23[1.52s+1]}{s[0.92s^2+1.03s+1]}, \quad W_{\alpha}^{\delta B}(s) = \frac{0.35}{s[0.92s^2+1.03s+1]},$$

$$W_{\vartheta}^{fmz}(s) = \frac{0.61[1.52s+1]}{s[0.92s^2+1.03s+1]}, \quad W_{\alpha}^{fmz}(s) = \frac{0.92}{[0.92s+1.03s+1]},$$

$$W_{\vartheta}^{fy}(s) = \frac{0.72}{s[0.92s^2+1.03s+1]}, \quad W_{\alpha}^{fy}(s) = \frac{-0.12(2.17s+1)}{[0.92s^2+1.03s+1]},$$

$$W_{\theta}^{\delta B}(s) = \frac{0.23}{s[0.92s^2+1.03s+1]},$$

$$W_{\theta}^{fmz}(s) = \frac{0.61}{s[0.92s^2+1.03s+1]},$$

$$W_{\theta}^{fy}(s) = \frac{0.72[1.28s^2+0.59s+1]}{s[0.92s^2+1.03s+1]}.$$

Burada, W_{ϑ} -tanqaj bucağı, W_{α} -hücum bucağı, W_{θ} -sürüşmə bucağı olaraq göstərilmişdir. Üç variantda tənliklər isə, açıq idarəetmə, qapalı idarəetmə və həyəcanlandırıcı təsirlərin kompensasiya üsuluna görə yazılmışdır [6].

Günəş sensorunun ötürmə funksiyası aşağıdakı ifadəyə malikdir:

$$W_{(p)} = \frac{k_{d_2}}{T^2 p^2 + 2T_{d_2} \xi p + 1} \quad (6)$$

Burada, k -sistemin static xarakteristikası, T -zaman sabiti $\omega_n = \frac{1}{T}$, $T = \frac{1}{\omega_n}$. ξ - sönmə əmsalı olaraq göstərilmişdir.

$$\xi = \frac{T_{sönmə}}{2T}$$

MATLAB-da keçid funksiyası diaqramını qurmaq üçün bu tənliyi çevirək.

$$y(p) = \frac{k_{d_2}}{T^2 p^2 + 2T_{d_2} \xi p + 1} u(p) \quad (7)$$

$$y(p)(T^2 p^2 + 2T_{d_2} \xi p + 1) = k_{d_2} u(p) \quad (8)$$

$$y(p)(T^2 p^2 = -2T_{d_2} \xi p + 1) + k_{d_2} u(p) \quad (9)$$

Burada, k_{d_2} -bu parametrlə sistemin çıxışının girişə nisbətini müəyyən edir. k_{d_2} daha böyük çıxış qiymətinə malik olacaq.

$$T^2 p^2 + 2T_{d_2} \xi p + 1$$

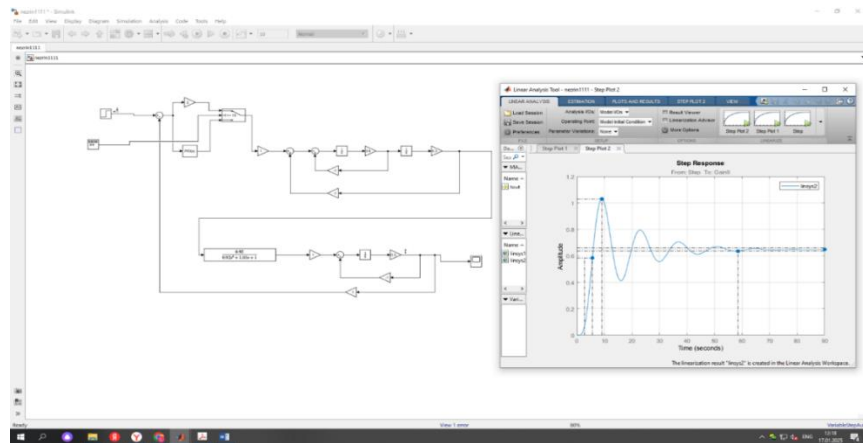
Bu ifadə sistemin dinamik xüsusiyyətlərini təyin edir.

Burada, $T^2 p^2$ - sistemin ikinci dərəcəli təbii tezliklərini ifadə edir. $2T_{d_2} \xi p$ - bu hədd sönmənin təsirini göstərir. Yəni rəqslər tədricən azalır. Düsturda göstərilən 1 sabiti isə sistemin statik vəziyyətini ifadə edir.

Tezlik (ω_n) isə aşağıdakı düsturla müəyyən edilir:

$$\omega_n = \frac{1}{T}$$

Sönmə əmsalı (ξ) sistemin rəqsləri və keçid prosesini müəyyən edir. Əgər $\xi < 1$ olarsa, az sönmüş sistem adlanır. Keçid prosesində rəqslər müşahidə olunur. Keçid prosesi $y(t) \sim e^{-\xi \omega_n t} \cos(\omega_d t)$ şəklində olur. $\omega_d = \omega_n \sqrt{1 - \xi^2}$ ifadəsinə bərabərdir. $\xi = 1$ olarsa, kritik sönmə adlanır. Sistem ən sürətli sabitliyə malik olur. $\xi > 1$ olarsa, həddindən artıq sönmə müşahidə olunur. Yəni sistem rəqssiz, lakin yavaş sabitləşir. Həmçinin zaman sabiti olan T_{d_2} , keçid prosesinin davam etmə müddətinə təsir edir. T_{d_2} qiymətlərinin böyük olması zamanı uzun müddətli keçid prosesi müşahidə olunur.



Şəkil 1. Kosmik aparatın səmmləşdirmə sisteminin kombinasiya edilmiş tənzimləyici sxeminin Matlab Simulink proqramında realizasiyası

Sxemdən göründüyü kimi Switch operatorunun orta girişi yəni müqayisə girişinə təsadüfi siqnallar verilir. Sistem bu siqnala 15° ilə müqayisə edir. Müqayisə zamanı daha kiçik qiymətlərdə P - tənzimləyicisinə, böyük qiymətlərdə isə PİD tənzimləyicisinə keçid alır. Beləliklə də, çıxışda aldığımız vahid siqnalı almış oluruq. Qrafikdən göründüyü kimi kiçik rəqslərin həyata keçirilməsini PİD

tənzimləyici istifadə etməklə təmin etmək mümkündür və dayanıqlıq tənzimləyici tərəfindən təmin edilir. Bununla əlaqədar olaraq, tənzimləyicilərin seçimi ilə riyazi ifadə alınmışdır. Burada kombinə olunmuş tənzimləyicilərdən istifadə edərək, əyilmə bucağından asılı olaraq real vaxt rejimində tənzimləyiciləri dəyişdirəcək bir sistem əldə edilir. Bunun üçün Switch operatorundan istifadə edirik. Sensordan gələn signal toplayıcıya çatdıqda, göstərilən bucaq qiymətini və qəbul edilən bucaq qiymətini müqayisə edir. Əgər meyletmə bucağı $0-15^\circ$ arasında dəyişirsə, burada kiçik meyletmələr P tənzimləyicidən, böyük rəqslərdə $16-30^\circ$ meyletmə bucaqlarında isə PID tənzimləyicidən istifadə edilir. Tənzimləmə qanununa əsasən integral komponentdən istifadə edərək keçid prosesinin keyfiyyətini yaxşılaşdırmadığından, yalnız peykin orbitdə saxlanması zamanı onun daxil edilməsi məntiqlidir. Bu səbəbdən kurs göstərilən qiymətlərdən 5° və ya daha çox kənara çıxdıqda, integrasiya əmsalının sıfıra bərabər olduğunu qəbul edəcəyik. Hazırda qeyri-xəttilik xassələrinin əsaslı əhəmiyyət kəsb etdiyi çoxlu sayda sistemlər mövcuddur və onlara xətti modellərin tətbiqi keyfiyyətə yanlış nəticələrə gətirib çıxaracaqdır. Üstəlik, belə sistemləri təhlil etmək üçün heç bir universal metoddan istifadə edə bilmərik, çünki mürəkkəbliyi və xassələrinin müxtəlifliyi ilə seçilir. Bu səbəbdən qeyri-xətti sistemlərin öyrənilməsi zamanı praktikada ədədi üsullardan geniş istifadə olunur. Tənzimləyicilərlə işləyərkən qarşımızda keçid prosesinin verilmiş keyfiyyəti ilə qeyri-xətti oriyentasiya sistemi üçün tənzimləyici sintez etmək vəzifəsi durur. Bu yanaşma idarəetmə qanununda belə əmsalların məqsədyönlü axtarışından ibarətdir ki, kosmik aparatın trayektoriyaları müəyyən edilmiş ərazilərdən kənara çıxmasın.

Nəticə. Kosmik aparatın bucaq meyletməsinin oriyentasiya sistemi avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemi adlanır. Bu sistem qısa müddət ərzində verilmiş bucaq vəziyyətinə gətirilməsini təmin edir. İdarəetmə sistemi çoxlu sayda elementləri olan mürəkkəb bir sistemdir ki, bu sistemə qoyulan əsas tələb etibarlılıqdır.

Burada kosmik aparatların hərəkətinə nəzarət sistemlərinin qurulması və avtomatlaşdırılması vasitələrinin mövcud üsullarının təhlili aparılmışdır. Oriyentasiya sisteminin elementləri araşdırılmış və oriyentasiya sisteminin müvafiq elementlərinin seçimi aparılmışdır. İdarəetmə obyektini kimi süni Yer peyki "Azerspace-2", idarəetmə obyektinə uyğun olaraq sensorlar seçilib.

Sistemin müxtəlif tənzimləyicilər vasitəsilə idarə olunması araşdırılmış və kosmik aparatın hərəkəti üçün kombinə edilmiş idarəetmə sistemi işlənmişdir.

Ədəbiyyat

- [1] В.Н. Васильев. Обзор системы ориентации космического корабля. стр. 13-14.
- [2] М.К. Шимырбаев. Первичные датчики и исполнительные механизмы. стр. 8-10.
- [3] Общие характеристики азербайджанского телекоммуникационного спутника Azerspace-2. <https://az.wikipedia.org/wiki/Azerspace-2>.
- [4] Молдабеков М.М., Алипова К.А., Елубаев С.А., Джамалов Н.К. Моделирование исполнительного органа системы ориентации космического аппарата.
- [5] Алексеев К.Б., Бебенин Г.Г., Ярошевский В.А. Маневрирование космических аппаратов. – М.: Машиностроение, 1970. – 416 с.
- [6] Бутиков Е. И. Компьютерное моделирование движений космических тел, Санкт-Петербург 2016.

MODELING OF THE SPACECRAFT ORIENTATION SYSTEM

Babayeva N.E., Zeynalova Sh.H.

Abstract. The article describes the process of using combined P and PID controllers for the orientation system management of an artificial Earth satellite. The system receives random signals, compares them with certain angular values, and switches to either the P or PID controller accordingly. The main objective

is to efficiently manage the satellite's orientation and ensure stability. The P controller is used for small angular oscillations, while the PID controller is applied for larger angles. To enhance the control quality of the system, the integral coefficient is activated only under specific conditions. For systems with nonlinear characteristics, numerical methods and specific control laws are applied to develop a management strategy that ensures the stable trajectory of the spacecraft.

Keywords: satellite orientation system, P and PID controllers, nonlinear systems, integral coefficient, spacecraft trajectory.



TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR IMPROVING THE INFORMATION EXCHANGE SYSTEM OF AIRCRAFT

Garayev R.N., Ismailov I.M.

garayev.razi@gmail.com

National Aviation Academy, Azerbaijan

Abstract. In recent years, the complexity of modern aircraft and the need for reliable and fast data transmission systems have driven the aviation industry to seek advanced communications technologies. In this regard, fiber optics are particularly well suited to the stringent requirements of aviation due to their numerous advantages, including lighter weight, immunity to electromagnetic interference (EMI), high data throughput, and increased durability in harsh weather conditions. Fiber optic systems offer significant gains in data capacity, EMI immunity, and weight reduction. These elements support vital functions including avionics, in-flight entertainment, and sophisticated monitoring systems, making aircraft operations safer and more efficient. The potential of fiber optics to improve aircraft performance and reduce operating costs by reducing fuel burn and extending system life is illustrated through a close comparison with traditional copper systems.

Keywords: fiber optic information system, ARINC 429, ARINC 629, avionics, FCS - flight control system, FBW - flight by wire.

Introduction. In today's aircraft, communications and data transmission play a critical role in operational efficiency, safety, and passenger comfort. Fiber optic communication systems have emerged as a key technology to meet the growing demand for high-speed, high-bandwidth data transmission. These systems use light to transmit data, offering a number of advantages over traditional electrical cables, including greater bandwidth, higher data rates, and improved signal integrity over long distances. In aircraft systems, fiber optic networks are increasingly being used to connect a variety of onboard communications systems, from avionics and flight management to in-flight entertainment and cabin management. Fiber optics can support the transmission of large amounts of data at high speeds, which is important for systems such as radar, GPS, and electronic flight displays (EFDs), all of which require real-time data exchange for optimal performance. The benefits of optical communications simply go beyond data capacity. Fiber optics are immune to electromagnetic interference (EMI) and radio frequency interference (RFI), which is especially important in the electrically noisy environment of an aircraft. In addition, fiber optic cables are lightweight and compact, which offers significant weight savings, a key consideration in aircraft design where every kilogram counts. As the aviation industry moves toward increasingly complex, data-intensive systems, the transformative function of fiber optic communication systems will continue to play a key role in the development of aviation communications and networking technologies in improving the efficiency, reliability and safety of aircraft systems.

Purpose of the work. In order to improve the efficiency of information exchange and the quality of information transmission in modern avionics systems, it is possible to use a fiber-optic system that has certain advantages over the information exchange systems currently used on aircraft, and the study of the possibility of transmitting laser converters/transmitters in a fiber-optic system and their reliability in aviation systems raises the question of determining their reliability. As a result, questions are proposed to determine the efficiency of installing such systems on aircraft and study their impact on flight safety. The technical characteristics and structural diagram of the ARINC 429 protocol, which is currently widely used in aircraft, its application in modern aircraft, its disadvantages and advantages are studied.

1. ARINC 429 Protocol

ARINC 429 was also known as the Digital Data Transfer System (DITS). It was first introduced in 1977 and has since become the most widely used ARINC standard in the aviation industry. Although ARINC 429 acted as a data transmission medium, it did not comply with data bus standards. This is because a typical data bus allows for multi-directional data transfer between multiple points over wires. However, ARINC 429 only allowed for one-way data flow between points. Up to 20 terminals can be accommodated on an ARINC 429 communication bus, and the speed of information exchange between terminals can be up to 12.5 or 100 kbps. In addition, the ARINC 429 protocol could not be integrated into the IMA (Integrated Modular Avionics) system, which made it very difficult to use this system in modern aircraft. The data bus is still preferred in the aviation industry due to lower maintenance and operating costs. Figure 1 shows the schematic diagram of the ARINC 429 bus [1].

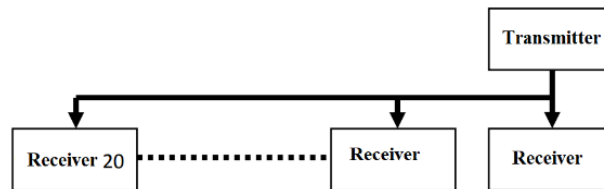


Figure 1. ARINC 429 bus structure

Although the ARINC 429 protocol is still used in modern aircraft, the astronomical development of modern avionics systems, as well as the growth in speed and terminal requirements, made it clear that this system could not meet the new standards. A new replacement bus was already needed. ARINC 629 played an important role in solving most of the problems of modern aviation. The following subheading examines in detail the technical characteristics and structure of the ARINC 629 protocol, as well as its application in modern aircraft.

2. ARINC 629 Protocol

ARINC 629 was first introduced in 1995. It is currently used in aircraft such as the Airbus A330, A340, 350 and Boeing 777, 787, 747-8. The ARINC 629 digital information interchange system was introduced on the B777, Boeing's first electronically controlled aircraft.

This was made possible by nearly two decades of effort by Boeing and its suppliers. ARINC 629 is a faster, half-duplex format used in the Boeing 777, which can connect up to 120 terminals (the Boeing 777 uses only 46). Increasing demands for data exchange between aircraft systems have led to the need to develop high-speed, highly reliable data buses. The development costs of such systems are high, and their reuse in new aircraft designs is highly desirable.

The advances in the development, integration and certification of the ARINC 629 bus have clearly demonstrated that it is capable of supporting applications beyond the 777. Unlike ARINC 429, ARINC 629 is considered a complete data bus because it operates in multi-terminal and multi-directional modes. This means that each terminal can transmit data to and receive data from all other terminals connected to the data bus. In addition, no physical connection is required to transmit information (Figure 2). This allows for greater freedom in the transfer of data between aircraft systems [2].

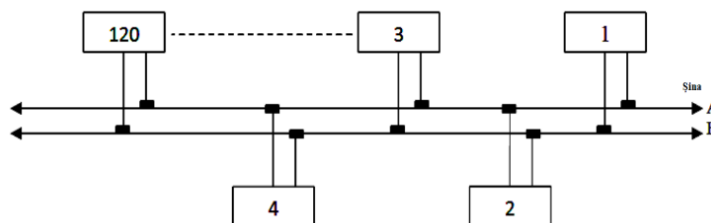


Figure 2. ARINC 629 bus structure

It also has a high data rate of 2 Mbps. At present, despite its widespread use in aviation, it requires high maintenance costs. Also, the communication bus of most systems must be converted from the ARINC 429 protocol to the ARINC 629 protocol when operating devices installed on aircraft. This, in turn, makes it difficult for manufacturers to integrate new systems into aircraft, and also creates the need to install additional devices. Despite all this, the ARINC 629 system is widely used in modern avionics systems. In addition, since this system can be integrated into the proposed FOIMS, it can be used for a longer period with minor changes in future designs. However, the rapid development of aviation systems indicates that soon 2.

3. Fiber Optic Systems Used in Aircraft Primary Control Systems

Fly-by-light is a new concept that uses fiber optic communication networks instead of traditional fly-by-wire (FBW) systems. Control signals are transmitted electrically between the aircraft's flight control surfaces and the cockpit in a standard fly-by-light system. Using fiber optic cables instead of electrical lines offers a number of advantages to fly-by-light systems. Fiber optics provide a faster and more reliable communication route, and its resistance to electromagnetic interference (EMI) makes it particularly well suited for use in complex aircraft where electrical interference is common.

There is some interest in considering the integration of fly-by-light technology into future military and commercial aircraft. In addition to reducing the likelihood of signal degradation, these technologies allow more precise control of the flight surfaces, improving stability and maneuverability. Ailerons, elevators, and rudder are some of the primary flight control systems that govern the basic operations of an aircraft. Adding fiber optic cables to these systems enables faster and more accurate control signal transmission, ensuring that the aircraft responds to pilot inputs more quickly and reliably. By eliminating traditional hydraulic lines and electrical connections, these systems are generally lighter and more reliable. To ensure safety in the event of component failure, aircraft primary control systems must operate with a high level of redundancy. In this regard, fiber optic systems provide a clear advantage. Redundancy can be incorporated into fiber optic networks so that control signals can be rerouted along alternative routes in the event of a failure. This improves the overall safety of the aircraft and increases fault tolerance. In addition, fiber optics can be used to enhance the diagnostic and monitoring capabilities of primary control systems. Fiber optic connections allow for continuous monitoring of the functionality and health of control systems due to the high data rate. This reduces the likelihood of mechanical failures and improves aircraft maintenance by enabling real-time diagnostics and early detection of potential problems. For aircraft control systems, the transition to autonomous flight systems brings both new opportunities and challenges. Autonomous flight is made possible by fiber optic technology, which offers high data rates and immunity to interference. For example, autonomous aircraft require real-time transmission of control signals from sensors, actuators, and flight control computers. Fiber optics offer a reliable way to meet these communication requirements. The pilots' analog commands are converted into digital signals using a fiber optic signal generator. This signal is subsequently converted into a light signal using a fiber optic signal converter before being transmitted to the control computer. The received light signals are decoded and then transmitted to the appropriate control surfaces. Here, the control actuator also converts the received impulses into motion. The subsystem immediately notifies the main control computer that there are no problems with the commands when they are executed. Figure 3 shows the block diagram of the information exchange system and the structure of the modular avionics system using the proposed fiber optic data transmission. Figure 4 shows the block diagram of the fiber optic cable control.

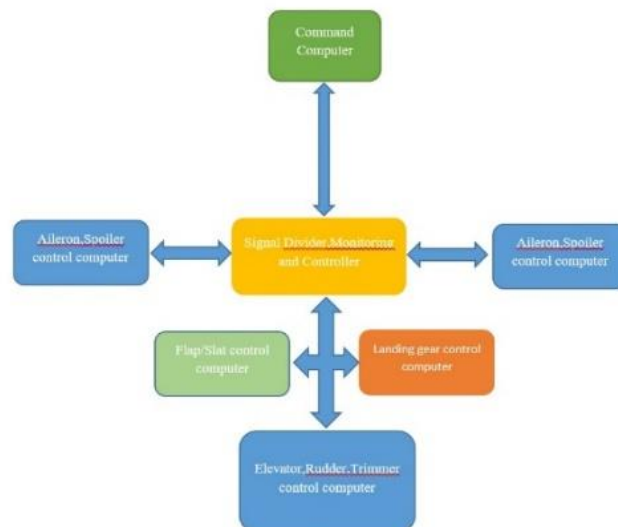


Figure 3. Structure of fiber-optic information exchange system

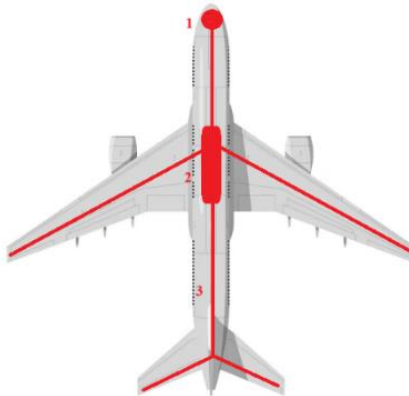


Figure 4. Fiber Optic Cable Control Block Diagram .1 FOSG (Fiber Optic Signal Generator).2 Signal Divider/Controller

Conclusion. An important development in the aviation sector is the incorporation of fiber optic technology into aircraft control systems. High data transmission speeds, more capacity, and immunity to electromagnetic interference are just a few advantages of fiber optics, all of which are essential for the intricate and safety-critical control systems of modern airplanes. Furthermore, fiber optic cables' small size and low weight contribute to an overall decrease in aircraft weight, which enhances performance and fuel economy. Fiber optics has emerged as a game-changing solution to the increasing needs for more effective, dependable, and secure communication within aircraft, improving modern aviation's functioning and safety. Fiber optics will surely become much more important in determining the direction of aviation control systems as technology develops.

Reference

- [1] ARINC-429 Tutorial and Reference - Aerospace DAQ, Test, HIL - UEI (ueidaq.com). ARINC 429 protocol tutorial
- [2] ARINC 629 Digital Data Bus Specifications [2023] (logic-fruit.com). ARINC 629 protocol tutorial
- [3] <https://hal.science/hal-01184101/document>.
- [4] <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/integrated-avionics>

- [5] https://www.researchgate.net/figure/5-Attenuation-of-an-optical-fiber-as-a-function-of-the-wavelength_fig3_291147735/download
- [6] <https://www.moog.com/products/fiber-optic-rotary-joints/multi-channel-forj/fo292ra.html>
- [7] <https://www.moog.com/products/fiber-optic-rotary-joints/multi-channel-forj/fo319.html>
- [8] <https://math.mit.edu/~stevenj/18.369/spring16/Laser-Math@NEU.pdf>
- [9] 2ND PLMO 2023, Section #2/23, İsmayıl İsmayilov, Razi Garayev. Technical and technological solutions for improving the information exchange system of aircraft

TƏYYARƏLƏRİN İNFORMASIYA MÜBADİLƏSİ SİSTEMİNİN TƏKMİLLƏŞDİRİLMƏSİ ÜÇÜN TEXNİKİ VƏ TEXNOLOJİ HƏLLƏR

Qarayev R.N., İsmayilov İ.M.

Xülasə. Son illərdə müasir təyyarələrin mürəkkəbliyi və etibarlı, sürətli məlumat ötürmə sistemlərinə ehtiyac aviasiya sahəsini qabaqcıl rabitə texnologiyaları axtarmağa sövq etmişdir. Bu baxımdan, fiber optika daha yüngül çəki, elektromaqnit müdaxiləsinə qarşı toxunulmazlıq (EMI), yüksək məlumat ötürmə qabiliyyəti və sərt hava şəraitində artan davamlılıq da daxil olmaqla çoxsaylı üstünlüklərinə görə aviasiyanın ciddi tələblərinə xüsusilə uyğundur. Fiber optik sistemlər məlumat tutumunda, EMI toxunulmazlığında və çəkinin azaldılmasında əhəmiyyətli səmərəlilik təklif edir. Bu elementlər avionika, uçuş zamanı əyləncə və mürəkkəb monitorinq sistemləri daxil olmaqla həyati funksiyaları dəstəkləyir, təyyarə əməliyyatlarını daha təhlükəsiz və səmərəli edir. Fiber optikanın yanacaq yanmasını azaltmaqla və sistemin ömrünü uzatmaqla təyyarənin performansını yaxşılaşdırmaq və əməliyyat xərclərini azaltmaq potensialı ənənəvi mis sistemləri ilə müqayisə edilməklə təsvir edilmişdir.

Açar sözlər: fiber optik informasiya sistemi, ARINC 429, ARINC 629, avionika, FCS - uçuş idarəetmə sistemi, FBW – naqillə uçuş texnologiyası.



KİÇİK ÖLÇÜLÜ PILOTSUZ UÇUŞ APARATLARINDA HÜNDÜRLÜYÜN ÖLÇÜLMƏ XÜSUSİYYƏTLƏRİ

Əsgərova S.N., Məmmədov A.Z.

shuseynova@naa.edu.az

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Məqalədə kiçik ölçülü pilotsuz uçuş aparatlarında (PUA) tətbiq edilən uçuş hündürlüyünün ölçülməsinin müxtəlif üsul və vasitələri analiz edilmişdir. İşdə hündürlüyün ölçülməsi üçün istifadə edilən müxtəlif sensor texnologiyaları araşdırılmış, müqayisəli təhlili aparılmış və onların bəzi metroloji xarakteristikaları müəyyənəndirilmişdir.

Açar sözlər: pilotsuz uçuş aparatı, hündürlük, naviqasiya, sensor, LIDAR, ultrasəs.

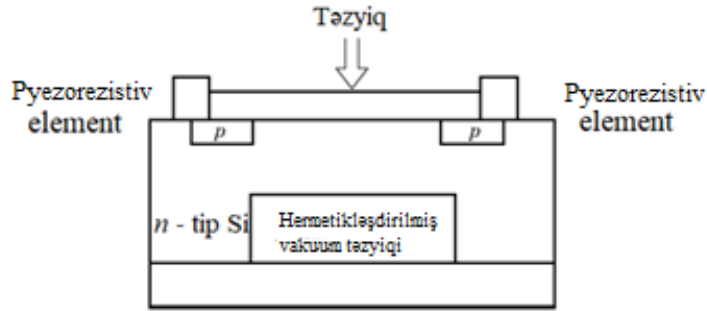
Giriş. Uçuş aparatlarında (dron, təyyarə, helikopter və s.) hündürlüyün ölçülməsi çox vacibdir və bir neçə səbəbə görə böyük əhəmiyyət kəsb edir. Uçuş aparatlarının müxtəlif hündürlüklərdə uçması zəruridir ki, digər hava nəqliyyat vasitələri ilə toqquşmasın. Məsələn, təyyarələr üçün təyin edilmiş uçuş hündürlükləri vardır və bu, hər bir təyyarənin müəyyən zonada hərəkət etməsinə şərait yaradır ki, bunun da nəticəsində təhlükəsizlik təmin olunur. Uçuş hündürlüyünün ölçülməsi binalar, ağaclar, dağlar və digər obyektlərdən təhlükəsiz məsafədə olmağa imkan yaradır. Yüksək hündürlüklərdə hava təzyiqi və temperatur azalır, bu da uçuş aparatının aerodinamikasına, mühərrikin performansına və yanacaq sərfiyyatına təsir edir. Məsələn, reaktiv təyyarələr çox yüksək hündürlükdə uçaraq az təzyiqli atmosferdə daha səmərəli yanacaq sərf edirlər. Ümumilikdə, uçuş aparatlarında hündürlüyün idarə olunması uçuşun təhlükəsizliyini, səmərəliliyini və dəqiqliyini təmin edir. Kiçik ölçülü uçuş aparatlarında, hündürlükölçmə sistemi əsasən bir neçə müxtəlif sensor və texnologiyadan istifadə edilərək həyata keçirilir. Aviasiya sahəsində uçuş hündürlüyünün ölçülməsi üçün ən çox istifadə olunan üsul barometrik və radiotexniki üsuldur [1]. Lakin bununla yanaşı, hündürlüyün ölçülməsinin müxtəlif üsul və vasitələri də mövcuddur.

Metodlar. Hündürlüyün təyin edilməsi üçün atmosfer parametrlərindən istifadə olunmasından və hansı istinad nöqtəsinə əsaslanaraq ölçülməsindən asılı olaraq müxtəlif növ uçuş hündürlükləri mövcuddur. Bu müxtəlif hündürlüklər aerokosmik istifadəçilər üçün olduqca vacibdir və hər biri konkret məqsədlər üçün istifadə edilə bilər. Bu hündürlüklər: mütləq hündürlük, barometrik hündürlük, sıxlıq hündürlüyü, həqiqi hündürlük, indikasiya olunan hündürlükdür (hündürlükölçənin korrektə edilməmiş göstəricisi) [2].

Ümumilikdə hündürlükölçənləri iki kateqoriyaya bölmək olar: obyektin sabit Yer istinad səviyyəsindən (məsələn, dəniz səviyyəsindən) yuxarıdakı və obyekt ilə Yer istinad səviyyəsi arasındakı məsafəni ölçən hündürlükölçənlər. Bir sıra geniş yayılmış hündürlük ölçmə üsul və vasitələri mövcuddur:

1. Barometrik üsul. Hündürlüyün ölçülməsinin barometrik üsulu atmosfer təzyiqinin hündürlüyə görə dəyişməsinə əsaslanır. Bu üsul əsasən aşağı maliyyəti və dəqiqliyi orta səviyyədə olan seçimdir. İllər ərzində barometrik hündürlük ölçmələri üçün bir çox fərqli mexanizmlər inkişaf etdirilmişdir. Bununla belə, bütün mexanizmlərdə hava təzyiqi ilə hündürlük arasındakı asılılıqdan istifadə edilir.

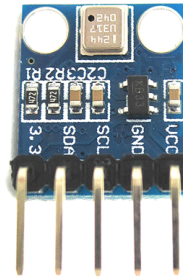
Ən müasir barometrik hündürlükölçənlərdə, şəkil 1-də göstəriləndiyi kimi, integrallaşdırılmış dövrənin təzyiq sensorlarından istifadə olunur. Silisiumun xüsusiyyətləri, tətbiq olunan təzyiq nəticəsində əylə bilən nazik diafraqmanın hazırlanmasına imkan verir və beləliklə, diafraqmada yerləşən pyezorezistiv elementlərin müqavimətində dəyişikliklər yaranır.



Şəkil 1. Pyezorezistiv inteqrallaşdırılmış dövrəyə əsaslanan barometrik hündürlükölçən.

Tipik müasir barometrik hündürlükölçənin ölçüsü təxminən 35 mm × 30 mm-dir və maye kristal ekrana (LCD) malikdir. Tətbiq sahəsindən asılı olaraq minimum və maksimum hündürlükləri, mütləq hündürlüyü, şaquli sürəti, mütləq hava təzyiqini təyin etmək üçün nəzərdə tutula bilər. Adətən, barometrik hündürlükölçənlərin ölçmə diapazonu –700 m-dən 10,000 m-ə qədərdir və məlumatları hər saniyədə bir dəfə yeniləyir. Təzyiq diapazonu $\pm 0.5\%$ dəqiqlik və 0.1 mbar ayırdetmə qabiliyyəti ilə 600 mbar-dan 1100 mbar – a qədərdir. Hündürlüyün ayırdetmə qabiliyyəti təxminən 0.1 m-dir [3].

Müxtəlif xüsusiyyətlərə malik bir çox təzyiq sensoru mövcuddur ki, bunlar barometrik hündürlükölçən tətbiqlərinin geniş diapazonu üçün uyğundur. Təzyiq sensorlarının işləmə prinsipi, atmosfer təzyiqinin xüsusiyyətlərindən asılıdır. Şəkil 2 – də BMP – 180 sensoru göstərilmişdir. Cədvəl 1 – də bu sensorun bəzi metroloji xüsusiyyətləri göstərilmişdir:



Şəkil 2. BMP 180 sensoru

Cədvəl 1. BMP 180 sensorunun metroloji xüsusiyyətləri

Parametr	Qiyməti	Ölçü vahidi
İşçi gərginlik	1.8 – 3.6	V
Təzyiq diapazonu	300 – 1100	hPa
Temperatur diapazonu	-40 – + 85	$^{\circ}\text{C}$
Dəqiqlik	± 0.12	hPa
Təzyiqi ayırdetmə qabiliyyəti	0.01	hPa
Temperatur ayırdetmə qabiliyyəti	0.1	$^{\circ}\text{C}$

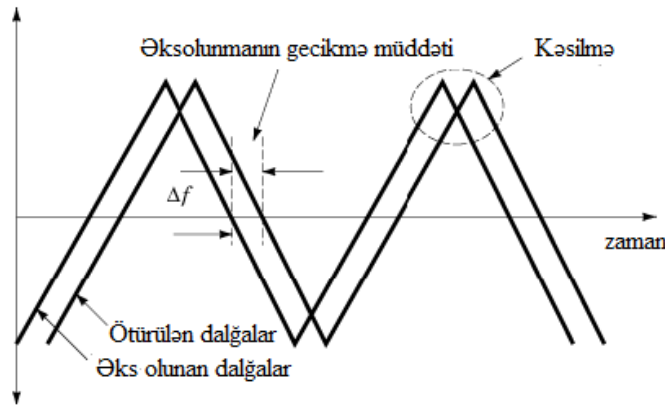
2. Radiotexniki üsul. Bu üsulun işləmə prinsipi radiosiqnalın yerə və ya digər dayaq səthinə ötürülməsinə və əks olunan siqnalın alınmasına sərf olunan zaman müddətində siqnalın tezliklər fərqiinin ölçülməsi prinsipinə əsaslanır. Bu prinsiplə radiosiqnalın əks olunduğu səth ilə uçuş aparatı arasındakı məsafə hesablanır. Radiohündürlükölçən indiki təyyarələrin əksəriyyətində istifadə olunur və təhlükəsiz eniş üçün olduqca vacibdir. Şəkil 3-də ötürülən və qəbul edilən siqnallardakı zaman fərqləri göstərilmişdir. Tipik radiohündürlükölçən təxminən 4.3 GHz tezlikdə işləyir. Aşağı tezlikli (100 Hz)

üçbucaqlı dalğa təqribən ± 50 MHz diapazonunda modulyasiya edir. Radiohündürlükölçən həmçinin yerə yaxın uçuşlarda uçuş aparatının yer səthindən təhlükəsiz məsafədə uçmasını təmin etmək üçün istifadə olunur [4].

Radiodalğalar işıq sürətilə (c) obyektə R məsafəsində irəliləyir və yenidən radara R məsafəsində geri əks olunur. Beləliklə, R məsafəsi aşağıdakı düsturla ifadə olunur:

$$R = \frac{f_b \cdot c}{4 f_m \cdot \Delta f} \quad (1)$$

Burada f_m – modulyasiya tezliyi, Δf – ötürülən siqnalın maksimal və minimal tezliyi arasındakı fərq, f_b - ötürülən siqnal ilə əks olunan siqnalın tezliklər fərqi. Obyektin məsafəsi fəzada gecikmə müddətindən asılıdır. Lakin elektromaqnit dalğaları dövrü impulslarla ötürüldüyündən, gecikmə müddəti impuls periodundan daha böyük olarsa, qeyri-müəyyənliklər yarana bilər.



Şəkil 3. Radiohündürlükölçənin ötürülən və qəbul edilən dalğaları

Radiohündürlükölçənin işləmə tezliyi 4200 – 4400 MHz, ötürücü gücü 0.5 W, ölçmə məsafəsi 2500 ft-dur. 0 – 500 ft diapazonunda xətası ± 2 ft, 500 – 2500 ft diapazonunda isə xətası hündürlüyün $\pm 0.5\%$ -i qədərdir [5].

3. Ultrasəs üsul. Ultrasəs sensorları müxtəlif mühitlərdə obyektləri aşkarlamaq və onların yerini müəyyən etmək üçün yüksək tezlikli səsdən istifadə edir [6]. Bu tip sensorlar 3 m-ə qədər məsafəni 0.5% dəqiqliklə, 6 m-ə qədər məsafəni 0.7% dəqiqliklə, 6 m-dən artıq məsafələrdə isə 0.4% dəqiqliklə ölçür. Məlumdur ki, sensorun dəqiqliyi bütün hallarda ölçmə diapazonu ilə əlaqəlidir. Ultrasəs sensorları müntəzəm olaraq qısa, yüksək tezlikli səs impulsları yayırlar. Bunlar havada səs sürəti ilə yayılır. Ultrasəs sensoru PUA-nın ön hissəsinə, qanadlarına və ya quyruğuna quraşdırılaraq səs impulslarını ötürə və relyefdən və ya obyektin səthindən əks olunma ilə hündürlüyü və ya məsafəni müəyyən dəqiqliklə ölçə bilər (Şəkil 4). 1931-ci ildə Amerika Birləşmiş Ştatlarının Hərbi Hava Qüvvələri tərəfindən ilk ultrasəs hündürlükölçəni test edilmişdir və bunun hava təzyiqinə əsaslanan hündürlükölçən sistemindən daha etibarlı və dəqiq olduğu müəyyən edilmişdir [4].

Ultrasəs hündürlükölçənləri bitki örtüyü olan ərazilərdə tətbiq olunmur. Çünki ultrasəs tezliyi, adətən 40 kHs-dən 45 kHs-ə qədərdir, və dalğa uzunluğu bitki örtüyünün ölçülərindən çox böyük olduğundan, bitkilərə asanlıqla nüfuz edir. Buna görə də ultrasəs hündürlükölçənlərinin meşələr və bitki örtüyü olan digər ərazilər üçün istifadəsi uyğun deyil.



Şəkil 4. HC – SR04 Ultrasəs sensoru

4. Lazer üsulu. Lazer hündürlükölçənləri əsasən lazer məsafəölçmə cihazlarının bir növüdür və dəqiq məsafə ölçmələri üçün geniş şəkildə istifadə olunur. İşləmə prinsipləri radar hündürlükölçənləri ilə oxşardır, çünki ötürülən və qəbul edilən siqnallar arasındakı zaman fərqi əsaslanır. Yəni, məsafə lazer işıq mənbəyindən yayılan və ötürücünün yaxınlığında yerləşən detektor vasitəsilə əks olunan işıq impulsunun zamanını ölçməklə təyin olunur. Lazer hündürlükölçən tətbiqlərində üç ölçmə texnikasından istifadə olunur:

- Təqribən 100 m – ə qədər qısaməsafəli ölçmələrdə istifadə olunan interferometrik metod;
- 100 m – dən 50 km – ə qədər məsafələr üçün uyğun olan amplitud-modulyasiyası edilmiş lazer şüa telemetriyası;
- 10 km-dən çox hündürlüklər üçün impuls lazer radar metodu.

Lazer üsulunda əsasən LIDAR və LADAR sensorları istifadə olunur. Bu texnologiyalar eyni iş prinsipi ilə işlədikləri üçün bir-birinə çox bənzəyir. Bəzi mənbələrə görə [7], hətta onları bir texnologiya kimi qəbul edib, sadəcə LIDAR adlandırmaq olar. Şəkil 5 – də hündürlüyün ölçülməsi üçün istifadə edilən müxtəlif sensorlar göstərilmişdir. LIDAR və LADAR sensorlarının əsas funksiyası, baxılan sahədəki obyektlərlə öz aralarındakı məsafəni ölçməkdir. Onların əsas fərqi istifadə olunan şüanın səpələnmə bucağıdır. LIDAR-da şüanın səpələnməsi daha genişdir, bu da daha böyük əhatə sahəsi təmin edir, lakin ölçmələrin dəqiqliyinə müəyyən təsir göstərə bilər. Digər tərəfdən, LADAR lazer impulslarından istifadə edir ki, bunlar çox kiçik səpələnmə bucağına malikdir. Bu, işıq impulsunun enerjisinin daha kiçik bir sahədə cəmlənməsi deməkdir ki, bu da daha yaxşı əksolunmalara və nəticədə daha yüksək dəqiqliyə gətirib çıxarır. Cədvəl 2 – də müxtəlif sensor texnologiyalarının metroloji xüsusiyyətləri göstərilmiş.

a) Lightware S11-C
LADARb) LeddarTech
LeddarOne LIDARc) LeddarTech M16
LIDAR

d) µLanding RADAR

Şəkil 5. Hündürlüyün ölçülməsi üçün istifadə edilən müxtəlif sensorlar

Cədvəl 2. Sensorların metroloji xüsusiyyətləri

Xüsusiyyətlər	Sensorlar			
	Ultrasəs HC – SR04	RADAR Aerotenna µ Landing	LADAR Lightware SF11-c	LIDAR LeddarTech M16
Min. məsafə (m)	0.02	0.32	0.1	0
Max. məsafə (m)	4	45	120	100
Dəqiqlik (m)	0.003	0.05	± 0.1	± 0.05
Ayırdetmə qabiliyyəti (m)	0.003	0.01	0.01	0.01
Ölçmə tezliyi (Hz)	40	800	20	1.56 – 100

5. GPS üsulu. GPS-dən istifadə hündürlüyün ölçülməsi yollarından biridir, lakin GPS-lə ölçmənin ümumi dəqiqliyi birbaşa istifadə etmək üçün kifayət qədər yüksək olmadığından, onlar uçuş aparatlarında əsas məlumat mənbəyi kimi geniş istifadə edilmir. Belə ki, GPS yüksək dəqiqlikli hündürlüyü təyin etmək üçün digər mənbələrlə birlikdə istifadə edilir. GPS sistemi Yer in orbitindəki peyk şəbəkəsi tərəfindən göndərilən zaman və mövqe məlumatlarını özündə əks etdirən siqnallardan istifadə edir. Bu siqnallar, Yer kürəsindəki GPS qəbuledicilər tərəfindən qəbul edilir. GPS qəbuledicisi, ən az dörd peyk tərəfindən göndərilən siqnalları qəbul edir. Hər peyk, siqnalı göndərdiyi zamanı və mövqeni kodlayır. Qəbuledici, bu siqnalların əksolunma müddətindən istifadə edərək hər peyk ilə arasındakı məsafəni hesablayır. GPS qəbuledicisi ən az dörd peyk ilə əlaqə yaradaraq olduğu mövqeni müəyyən edir. Bu mövqe məlumatı en, uzunluq və hündürlük olaraq təmin edilir. [8]

- GPS-in üstünlükləri aşağıdakılardır:
- Global əhatə dairəsi : GPS, dünya üzrə demək olar ki, hər nöqtədə işləyə bilər.
- Yüksək həssaslıq: Müasir GPS qəbulediciləri, əsasən metrler səviyyəsində dəqiqliyi təmin edirlər.
- Müxtəlif tətbiqlər: GPS, yol naviqasiyasından hava və dəniz naviqasiyasına, coğrafi məlumat sistemlərinə (GIS) qədər bir çox müxtəlif tətbiqlərdə istifadə edilir.
- Yüksək etibarlılıq: Əsasən hava şəraitindən və ya fiziki maneələrdən təsirlənmirlər.

Lakin GPS-in bir sıra məhdudiyyətləri də mövcuddur:

- Bloklanmış siqnallar: Binalar, dağlar və ya sıx meşəlik sahələri kimi fiziki maneələr siqnal qəbulunu bloklaya və ya zəiflədə bilər.
- Dəqiqlik hədləri: Standart GPS sistemləri adətən 3-5 metrə qədər dəqiqliyi təmin edirlər, daha yüksək həssaslıq tələb edən tətbiqlər üçün əlavə üsullar və düzəlişlər lazım ola bilər.
- Yüksək maliyyət: Yüksək həssaslıqlı və ya xüsusi məqsədli GPS qəbuledicilər adətən yüksək maliyyətlidirlər.

Nəticə və müzakirələr. Kiçik ölçülü pilotsuz uçuş aparatlarında tətbiq edilən uçuş hündürlüyünün ölçülməsinin müxtəlif üsul və vasitələri analiz edilmişdir. Hündürlüyün ölçülməsi üçün istifadə edilən müxtəlif sensorlar analiz edilmiş, müqayisəli təhlili aparılmış və metroloji xarakteristikaları müəyyənləşdirilmişdir. Hündürlüyün ölçülməsi üçün istifadə edilən sensorların üstün və çatışmayan cəhətləri müəyyənləşdirilmiş və PUA-ların təhlükəsiz uçuşunun təmini üçün hündürlüyün ölçülməsinin kompleks üsulunun tətbiq edilməsinin məqsədəuyğunluğu müəyyənləşdirilmişdir.

Ədəbiyyat

- [1] Reilly Burke, flight instruments 2005
- [2] Boyes, Walt. Instrumentation Reference Book, 4Th Edition., Butterworth Heinemann. pp. 1312, 2008
- [3] https://www.researchgate.net/publication/295072491_Altimeters
- [4] Nasreldeen Ali, Moutaman Mirghani ' Design of Altitude Measurement system for aerospace application' Journal of Space Technology (JST), Vol 7 July Islamabad- Pakistan, 2017

- [5] FM-CW Radar Altimeter Test Board Aydın Vural, Ms. Thesis, Electric and Electronics (EE) Department at METU, December 2003.
- [6] Fraden, J.: Handbook of Modern Sensors, Physics: Design and Applications, Springer: Berlin, Germany, 2003.
- [7] Evaluation of Altitude Sensors for an Application in a Pulverization Drone, Porto Alegre, UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL ESCOLA DE ENGENHARIA, December 22, 2017.
- [8] Pallet, E.H.J., aircraft instrument and integrated system (November -11992)

ALTITUDE MEASUREMENT CHARACTERISTICS IN SMALL UNMANNED AERIAL VEHICLES (UAV)

Asgarova S.N., Mammadov A.Z.

Abstract. The article analyzes various methods and tools used for measuring flight altitude in small unmanned aerial vehicles (UAVs). Different sensor technologies used for altitude measurement are examined, a comparative analysis is conducted, and some of their metrological characteristics are identified.

Keywords: unmanned aerial vehicle, altitude, navigation, sensor, LIDAR, ultrasound.



СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПЕРЕГРУЗКИ ЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА НА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

Алиев Т.Р., Искендеров И.А.

teymour.aliyev@gmail.com

Национальная Академия Авиации, Азербайджан

Аннотация. В статье рассматривается проблема перегрузки частотного диапазона 1030–1090 МГц, используемого в системах управления воздушным движением (УВД). Приведён статистический анализ негативного влияния на безопасность и эффективность работы радиолокационных систем. Описаны основные риски и ограничения существующих технологий, включая перегрузку спектра в условиях интенсивного воздушного трафика и влияние помех на точность работы систем УВД от ADS-B (Automatic Dependent Surveillance – Broadcast), ACAS (Airborne Collision Avoidance System) и других радиосистем, работающих на том же частотном диапазоне. Особое внимание уделено исследованиям, проведенным с использованием приборов, таких как бортовая измерительная установка AMF (Airborne Measurement Facility) и приемник Avionix openAir Duo. Рассматриваются проблемы радиочастотного загрязнения, влияние перегрузки на безопасность воздушного движения и предлагаются рекомендации по гармонизации международных стандартов использования радиочастотного спектра. Предложены пути решения проблемы с использованием адаптивной обработки сигналов, внедрения современных технологий и прогнозных моделей, что способствует повышению надёжности систем управления воздушным движением и авиационной безопасности в целом.

Ключевые слова: перегрузка частотного спектра, частотные помехи, спектральный анализ, интерференция сигналов, интенсивный воздушный трафик.

Введение. Системы УВД играют ключевую роль в обеспечении безопасности и эффективности воздушного сообщения. Однако с увеличением плотности воздушного трафика на первый план выходит проблема перегрузки частотного диапазона 1030–1090 МГц, используемого вторичными обзорными радиолокаторами (ВОРЛ), системами ACAS, ADS-B и др. Это приводит к множеству технических сложностей, включая ложные тревоги, потерю сигналов и снижение надежности радиолокационных данных [2].

Проблема усугубляется использованием одних и тех же частотных диапазонов различными авиационными системами, что приводит к наложению сигналов и помехам. В результате возникают трудности в координации воздушного движения, что особенно критично на этапах взлёта, посадки и разрешения конфликтных ситуаций. Особенно актуальной эта проблема стала в крупных авиационных узлах, таких как международные аэропорты Нью-Йорка, Лос-Анджелеса, Франкфурта и Лондона, где интенсивное использование диапазона создает угрозу безопасности воздушного движения.

Существующие методы обработки данных в УВД не всегда справляются с такими вызовами, что требует поиска новых решений. Современные авиационные технологии нуждаются в адаптивных и интеллектуальных решениях, которые смогут учитывать динамические изменения условий эксплуатации. В данной статье рассматриваются системные причины перегрузки, анализируются методы мониторинга и оценки загруженности спектра, а также предлагаются пути решения на основе международных стандартов.

1. Роль и регулирование частот 1030/1090 МГц в авиационных системах наблюдения

Моделирование, проведенное SESAR (Single European Sky ATM Research) в 2011 году, показало, что использование частот 1030/1090 МГц в условиях высокой радиочастотной

интерференции достигло критического уровня в Европе. Без вмешательства это может ухудшить производительность систем наблюдения, угрожая безопасности воздушного движения. Для решения проблемы европейское агентство по безопасности полетов EASA (European Union Aviation Safety Agency) рекомендовало сократить количество запросов от систем SSR (Secondary Surveillance Radar), MLAT (Multilateration) и WAM (Wide Area Multilateration), избегать ненужных передач во время технического обслуживания и сохранять данные о частотах не менее шести месяцев для анализа.

Основой регулирования является правила SPI IR (Surveillance Performance Interoperability Implementation Rule), которые требуют гармонизации мер среди стран ЕС для минимизации помех и обеспечения эффективного использования частот. Документ уточняет понятия «чрезмерных запросов» и «вредных помех», подчеркивая необходимость их регулярной проверки. Это помогает предотвратить снижение производительности и эксплуатационные затраты, сохраняя работу систем наблюдения на должном уровне.

Частотный диапазон 1030/1090 МГц используется как воздушными, так и наземными системами во многих аэропортах, что требует согласованных действий для поддержания его производительности. Одной из целей SPI IR является предотвращение необходимости внедрения новых систем радиосвязи для наблюдения в воздушном пространстве Европы. Среди ключевых требований SPI IR — обеспечение защиты радиолокационных ответчиков от чрезмерных запросов и предотвращение вредных помех со стороны наземных передатчиков. Это регламентировано с четкими сроками выполнения для всех государств. Эти меры направлены на создание устойчивой и эффективной системы наблюдения в Едином европейском воздушном пространстве, которая учитывает растущие потребности авиации и минимизирует нагрузку на частотный спектр [3].

Диапазоны частот 1030 МГц и 1090 МГц играют ключевую роль в авиационной связи. Частота 1030 МГц используется для отправки запросов, а 1090 МГц предназначена для ответных сигналов транспондеров. Эти частоты применяются в работе радиолокационных ответчиков режимов А и С, а также режима S. ADS-B также функционирует на частоте 1090 МГц, обеспечивая передачу и прием данных для повышения ситуационной осведомленности. Система ACAS использует частоты, — 1030 МГц для запросов и 1090 МГц для ответов. Всенаправленные дальномерные радиомаяки DME (Distance Measuring Equipment), работают в диапазоне от 962 до 1213 МГц, а планируемая к внедрению цифровая аэронавигационная система связи LDACS (L-Band Digital Aeronautical Communication System) использует частоты от 960 до 1164 МГц. Интенсивное использование диапазонов 1030/1090 МГц вызывает риски перегруженности спектра. Это связано с увеличением количества запросов, несанкционированными передачами и техническими ограничениями транспондеров. Такие проблемы могут снижать точность наблюдения, вызывать операционные сбои и ограничивать использование воздушного пространства [4, 5].

Для анализа загрузки диапазона 1030–1090 МГц применяется система AMF, разработанная лабораторией MIT Lincoln. Установленная на самолете Cessna 421, она измеряет радиолокационные сигналы, включая ответы транспондеров и автоматические сквиттеры. Система включает приемник для частоты 1090 МГц, фильтры для удаления шума, GPS и высотомер для определения местоположения, а также регистратор для сохранения данных. Метод "time-gating" позволяет записывать данные в течение 1 мс с паузой 99 мс, что снижает объем записей, сохраняя их информативность (рисунок 1).

AMF помогает исследовать помехи и проблемы, возникающие в загруженном воздушном пространстве, такие как потеря данных или перекрытие сигналов. Она фиксирует и анализирует современные ответы режима S, содержащие информацию об идентификаторе и высоте, а также старые ответы ATCRBS (Air traffic control radar beacon system), используемые для базовых

функций. Сквиттеры, автоматически передаваемые транспондерами, также обрабатываются системой. Полученные данные позволяют улучшить работу радаров и ACAS, повышая безопасность и эффективность воздушного движения [1].

Анализ загруженности диапазона 1030–1090 МГц проведен на основе данных систем 1030/1090 МГц и радаров в аэропорту JFK, а также в других крупных аэропортах США. Исследование выявило высокую плотность сигналов, обусловленную использованием этих частот различными системами, что приводит к перегрузке спектра.

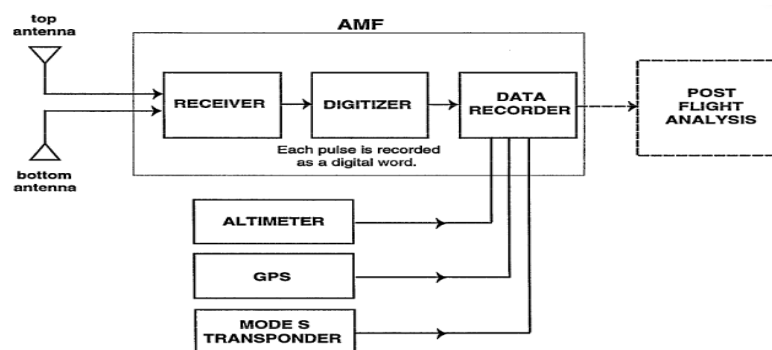


Рисунок 1. Блок-схема системы AMF

Система AMF, установленная на борту самолета Cessna 421, использовалась для измерений в разных воздушных пространствах. Она фиксировала ответы транспондеров в диапазонах 1030 и 1090 МГц, включая ответы ATCRBS и Mode S. В Нью-Йорке и Филадельфии отмечена высокая активность старых систем ATCRBS с пиками до 3000 ответов в секунду, тогда как современные ответы Mode S оставались на уровне 200–300 ответов. В Далласе и Лос-Анджелесе наблюдалась экстремальная плотность трафика: ATCRBS достигли 7000–10 000 ответов в секунду, а Mode S — 500–800. В менее загруженных районах, таких как Бостон и Лейкленд, показатели ATCRBS составили около 2000 ответов в секунду, а Mode S оставались минимальными. Эти результаты демонстрируют, что старые системы ATCRBS сохраняют ключевую роль в интенсивных зонах трафика, в то время как новые технологии Mode S играют вспомогательную роль (таблица 1).

Таблица 1. Анализ частоты ответов ATCRBS и Mode S в основных аэропортах США

Аэропорт	ATCRBS (ответов/сек)	Mode S (ответов/сек)	Условия измерения
Нью-Йорк (JFK/LGA)	3000 (макс)	200–300	Регион с высокой плотностью трафика, измерения на высоте 6000 футов.
Филадельфия (PHL)	2000 (средн.)	150–200	Аналогичные условия с регионом Нью-Йорка.
Атланта (ATL)	800–1200 (средн.)	80–120	Измерения при постоянной высоте 6000 футов.
Даллас (DFW)	7000 (пик)	500–700	Измерения над аэропортом с высокой плотностью.
Лос-Анджелес (LAX)	10000 (пик)	600–800	Включает данные с близлежащих районов, таких как Лонг-Бич.

AMF показала, что в районах с высокой плотностью трафика ACAS увеличивает трафик на частоте 1030 МГц на 50%, а на 1090 МГц — на 90%, что снижает дальность наблюдения на 20%.

Регулировка чувствительности АМФ позволила точно фиксировать сигналы даже в перегруженных районах. Линейное увеличение количества самолетов с удалением от радара подтвердило равномерное распределение трафика, особенно вблизи крупных хабов, таких как JFK.

Растущий объем воздушного движения в Центральной Европе приводит к перегрузке диапазона 1030–1090 МГц, что вызывает перекрытие сигналов, помехи и снижение эффективности радиолокационных систем. Это приводит к «искажению» сигналов, ненужным ответам и потере критической информации, что угрожает безопасности воздушного движения. Проблема радиочастотного загрязнения актуальна для всей Европы, особенно в густонаселенных регионах с плотным покрытием радаров.

Для исследования использовался двухдиапазонный приемник Avionix openAir Duo, который в реальном времени регистрировал данные частот 1030 и 1090 МГц. Во время рейса FR2917 (Брюссель–Барселона) 16 декабря 2020 года приемник фиксировал сигналы, включая запросы радаров и ответы самолетов, выявляя проблемы, такие как высокая частота сообщений (до 42 в секунду), наложение сигналов и избыточные ответы на запросы разных радаров. Приемник Avionix обладает высокой чувствительностью и позволяет анализировать трафик в сложных условиях.

Он выявил, что ключевые узлы, такие как FRA, CDG и LHR, демонстрируют пиковую активность (>50 сообщений в секунду), в то время как менее загруженные регионы, например Скандинавия и Южная Европа, имеют более низкую активность. Эти данные подчеркивают необходимость улучшения управления радиочастотами, чтобы минимизировать перегрузку и повысить надежность систем наблюдения в европейском воздушном пространстве (рисунок 2) [6].

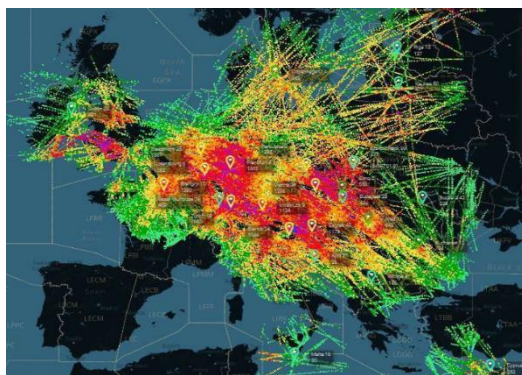


Рисунок 2. Карта частот 1090 МГц по Европе

Методология оценки помех и совместимости систем в L-диапазоне, включая SSR, DME и ACAS, основана на анализе работы оборудования в перегруженном спектре. Основной целью является определение того, соответствуют ли уровни помех установленным стандартам и критериям защиты для приемников-жертв, подверженных воздействию сигналов других систем. Анализ включает расчет уровней помех, их сравнение с допустимыми порогами и оценку их влияния на эффективность работы систем. Мощность помех рассчитывается с использованием модифицированной формулы баланса линии связи, которая учитывает параметры передачи, пространственное и частотное разделение, потери на трассе и подавление внеполосных сигналов (OCR):

$$I(d, \Delta f) = P_{Tx} - L_{Tx} + G_{Tx} - PL(d) + G_{Rx} - L_{Rx} - OCR(\Delta f) + DC \quad (1)$$

Здесь учитываются мощность передачи (PTx), усиление антенн (GTx), потери на трассе (PL), подавление внеполосных сигналов (OCR), и рабочий цикл (DC). OCR определяется через спектральную плотность мощности сигнала помехи (P(f)) и частотную характеристику фильтра приемника (H(f)):

$$OCR(\Delta f) = -10 \cdot \log \left(\frac{\int_{-\infty}^{\infty} P(f) |H(f+\Delta f)|^2 df}{\int_{-\infty}^{\infty} P(f) df} \right) \quad (2)$$

Максимально допустимый уровень помех основывается на отношении сигнал/помеха (C/I) с учетом чувствительности приемника и условий эксплуатации. Сравнение расчетных значений с допустимыми порогами помогает определить минимальное частотное и географическое разделение, а также разработать рекомендации по распределению каналов. Ключевыми факторами, влияющими на риск помех, являются характеристики антенн, мощность передачи и рабочий цикл. Высокая плотность воздушного движения и ограничения размещения наземных станций усложняют соблюдение необходимых расстояний, что требует применения передовых технологий управления помехами. Такая методология имеет решающее значение для обеспечения совместимости и снижения электромагнитных помех в системах L-диапазона, особенно в условиях интенсивного воздушного трафика [4].

Закключение. Проведенный анализ подтвердил, что перегрузка частотного диапазона 1030–1090 МГц существенно влияет на эффективность и безопасность систем управления воздушным движением. Рост воздушного трафика, особенно в густонаселенных регионах, создает значительную нагрузку на этот спектр, вызывая перекрытие сигналов, снижение точности радиолокационных данных и помехи в работе авиационных систем. Использование инструментов, таких как система AMF и приемник Avionic open Air Duo, позволило выявить ключевые проблемы, включая избыточные запросы, наложение сигналов и снижение дальности наблюдения TCAS. Эти данные подчеркивают необходимость оптимизации управления спектром и гармонизации международных стандартов.

Литература

- [1] Harman, W. H., and Brennan, M. J., *Beacon Radar and TCAS Reply Rates: Airborne Measurements in the 1090 MHz Band*, Project Report ATC-256, Lincoln Laboratory, Massachusetts Institute of Technology, Lexington, MA, Jan. 29, 1997. Prepared for the Federal Aviation Administration, Washington, D.C.
- [2] Isgandarov, I., and Aliyev, T., *Development of Prospective Methods for Increasing the Reliability of Radar Information in the ATC System*, Abstract Book, International Symposium on Unmanned Systems: AI, Design & Efficiency (ISUDEF'24), National Aviation Academy, May 22–24, 2024, Baku, Azerbaijan, ISU24-43.
- [3] I. Isgandarov and T. Aliyev, "Review of innovative methods to improve the reliability of radar information in air traffic control," *Bulletin of Civil Aviation Academy*, no. 34, pp. 3–7, 2024. DOI: 10.53364/24138614_2024_34_3_7.
- [4] Micciullo, L., *Professional Radio Systems for Aeronautical and Public Safety Applications*, Ph.D. dissertation, Università degli Studi di Firenze, Computer Science, Systems and Telecommunications, Cycle XXVII, Disciplinary Scientific Area ING-INF/03, January 2015.
- [5] Dessì, G., *ICAO – Annex X Volume IV: Analysis of Requirements and Their Implementation*, Master's thesis, Politecnico di Torino, Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Aerospaziale, Academic Year 2020/2021.
- [6] Aguilar, B. K., *Analysis and Optimisation of Radio Spectrum Pollution on 1030/1090 MHz Bands Associated with Mode S Transponders*, Degree's Final Thesis, Escola d'Enginyeria de Telecomunicació i Aeroespacial de Castelldefels (EETAC), Universitat Politècnica de Catalunya, 7th February 2021.

**STATISTICAL ANALYSIS OF THE IMPACT OF FREQUENCY BAND OVERLOAD
ON AIR TRAFFIC SYSTEMS****Aliyev T.R., Isgandarov I.A.**

Abstract. This article addresses the issue of frequency band overload in the 1030–1090 MHz range, which is used in air traffic management (ATM) systems. A statistical analysis of the negative impact on the safety and efficiency of radar systems is presented. The main risks and limitations of existing technologies are described, including spectrum congestion in conditions of high air traffic density and interference affecting the accuracy of ATM systems such as ADS-B, ACAS, and other radio systems operating within the 1030–1090 MHz frequency range. Particular attention is given to research conducted using tools such as the Airborne Measurement Facility (AMF) and the Avionix openAir Duo receiver. The article examines the issues of radio frequency pollution, the impact of overload on air traffic safety, and provides recommendations for harmonizing international standards for frequency spectrum usage. Solutions to the problem are proposed through adaptive signal processing, the implementation of modern technologies, and predictive models, which contribute to improving the reliability of ATM systems and overall aviation safety.

Keywords: frequency spectrum overload, frequency interference, spectral analysis, signal interference, high air traffic density.



KİÇİK UÇUŞ APARATLARINDA PİD VƏ SÜNİ İNTELLEKTİN TƏTBİQİNİN PERSPEKTİVLƏRİ

Baxshiyev H.E., İsgəndərov İ.Ə.

huseyn.baxshiyev@naa.edu.az

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Bu məqalə, kiçik UA-ların (uçuş aparatları) naviqasiya sisteminin təkmilləşdirilməsi, daha dəqiq idarə edilməsi üçün PID (Proportional-Integral-Derivative) nəzarət və idarəetmə sistemi ilə MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems) sensorlarından istifadə edərək UA-nın fəzada vəziyyət bucaqlarının (roll, pitch, yaw) optimallaşdırılmasına dair nəzəri yanaşmaları təqdim edir. Bu yanaşma, PID nəzarəti və idarəetmənin ənənəvi üstünlükləri ilə süni intellektin (Sİ) imkanlarının birləşdirilməsi nəticəsində yüksək, sabit və çevik idarəetmə təmin edilməsini əhatə edir. İşdə göstərilir ki, PID və süni intellektin (AI) birləşdirilməsi ilə UAV-ların yüksək dəqiqlikli və dinamik nəzarətini inkişaf etdirmək mümkündür.

Açar sözlər: vurnuxma, kren və tanqaj bucaqları, maqnit kursu, MEMS vericiləri, PİD nəzarət, süni intellekt tətbiqi, AHRS (Attitude and heading reference system) sistemi

Giriş. İstənilən UA-nın x, y və z üzrə fəzada vəziyyətini əks etdirən üç mühüm (vurnuxma, kren və tanqaj bucaqlarının) təyin edilməsi və UA-nın dinamik vəziyyətlərində naviyasiya sisteminin dəqiq idarə edilməsi və xətlərin aradan qaldırılması ən mühüm məsələdir. Bu bucaqlar, təyyarənin müxtəlif istiqamətlərdə hərəkət etməsini təmin edən vacib parametrlərdir. Kiçik UA-da qabarit ölçülərinə və çəkirlərinə görə MEMS akselerometrlər, giroskoplar və maqnitometrlər bu bucaqları ölçmək və maqnit kursunu müəyyənləşdirmək üçün istifadə olunur [1,2].

Naviqasiya sistemində bir neçə növ xəta yarana bilər [6]. Girokopik sürüşmə xətası. Zamanla, girokopun hesablanmış vəziyyəti özünə xas küy və xüsusiyyətlərə görə qeyri-məhdud şəkildə sürüşür.

Akselerometrin sistematik xətası. Akselerometrin ölçməsi zamanı tanqaj və kren bucaqlarının ölçülməsində qeyri-dəqiqliklərə səbəb olur. Akselerometrin dinamik hərəkət xətası. Akselerometrin ağırlıq qüvvəsini ölçməsi dinamik hərəkət zamanı pozulur və tanqaj və kren bucaqlarının hesablanmasında xətəyə səbəb olur.

Maqnitometrin maqnit anomaliyaları. Metal konstruksiyalar və ya elektronika kimi xarici və daxili maqnit burulğanları yerin maqnit sahəsini təhrif edir və maqnit kursunun qiymətləndirilməsində xətəyə səbəb olur. Maqnit meyli - maqnit Şimal və həqiqi şimal arasındakı fərq. Həqiqi şimalla bağlı dəqiq istiqamətin təyini təmin etmək üçün meylin hesablanmasını tələb edir.

Davamlı sürətlənmə xətası. Girokopun davamlı təcilli hərəkəti zamanı (məsələn, UA-nın qalxma və ya eniş zamanı) dəqiq uzunmüddətli məlumatları təmin edə bilməməsi tanqaj və kren bucaqlarının qiymətləndirilməsində qeyri-dəqiqliklərə səbəb olur.

Bu xətlər və problemlər dəqiq oriyentasiyanın təmin edilməsi və saxlanılması üçün AHRS sistemlərinin MEMS vericilərinin istifadəsi ilə mürəkkəbliklərini və məhdudiyyətlərini vurğulayır [3,4].

Metodlar. Yerin zəif maqnit sahəsində, digər qurğuların yaratdığı maqnit sahəsi maqnit vericisinin sahəsini dəyişdirərək maqnit kursunun qiymətləndirilməsində MEMS vericiləri tələb olunan dəqiqliyə malik olmalıdır [5]. Maqnit şimali qütbü həqiqi şimal qütbindən fərqlənir, buna görə də düzgün kursu təyin etmək üçün bu iki qütb arasındakı sürüşmə bucağını da nəzərə almaq lazımdır. Həmçinin, akselerometr və maqnitometrlər tez-tez sıfır olmayan tanqaj və kren bucaqları ilə yerləşdirildiyi üçün AHRS sistemlərində bu bucaqların təsirini aradan qaldırmaq üçün korreksiya tələb olunur. Bu sistemlər MEMS əsasında girokop, akselerometr və maqnitometrlərin məlumatlarını birləşdirərək, fəzada vəziyyətin və maqnit kursunun düzgün qiymətləndirməsini, girokopun sürüşməsinin qarşısının

alınmasını və dəqiq, sürüşməsiz nəticələr əldə etməyi tələb edir.

PID nəzarət sistemi, hər üç bucağın (pitch, roll, yaw) idarə edilməsi üçün geniş şəkildə istifadə olunur. PID nəzarətinin məqsədi, təyyarənin istənilən fəza bucaqlarını tələb olunan bucağa yaxınlaşdırmaq və mümkün olan minimum xəta ilə idarə etməkdir. PID nəzarətinin hər bir komponenti aşağıdakı şəkildə işləyir (Şəkil 1).

$$error_{pitch} = \theta_{desired} - \theta_{actual} \quad (1)$$

$$error_{roll} = \phi_{desired} - \phi_{actual} \quad (2)$$

$$error_{yaw} = \Psi_{desired} - \Psi_{actual} \quad (3)$$

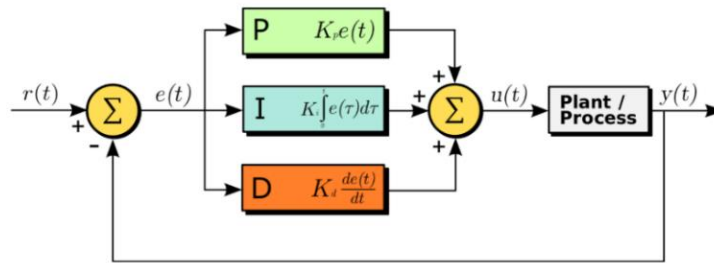
$$PID_{pitch} = K_p error_{\theta} + K_i \int_0^t error_{\theta}(t) dt + K_d \frac{d}{dt} error_{\theta}(t) , \quad (4)$$

$$PID_{roll} = K_p error_{\phi} + K_i \int_0^t error_{\phi}(t) dt + K_d \frac{d}{dt} error_{\phi}(t) , \quad (5)$$

$$PID_{yaw} = K_p error_{\psi} + K_i \int_0^t error_{\psi}(t) dt + K_d \frac{d}{dt} error_{\psi}(t) , \quad (6)$$

haradakı, error – xəta termini həqiqi və ölçülən fəza bucaqları arasındakı fərqdır,

K_p – tənzimləyicinin proporsional (mütənasib) gücləndirmə əmsalı olub, K_i və K_d isə uyğun olaraq integral və diferensial sazlama parametrləridir.



Şəkil 1. PID tənzimləyicisinin iş prinsipi

Ənənəvi PID nəzarəti metodları uzun müddətdir müxtəlif mühəndislik sahələrində, xüsusilə aviasiya və avtomatlaşdırma sistemlərində istifadə olunur və bəzən mürəkkəb və qeyri-sabit şəraitlərdə uğursuz ola bilər. Mühitin dəyişkənlikləri və digər kənar təsirlər PID tənzimləyici sistemin uyğunlaşmasında xüsusilə sistemin parametrləri zamanla dəyişdikdə və ya gözlənilməz təsirlər meydana gəldikdə problemlər yaradır. Bu zaman PID nəzarətinin işi pisləşə bilər və sistemin idarə edilməsi daha çətin vəziyyətə gələ bilər. Belə şəraitlərdə PID nəzarəti effektivliyini azalda bilər, çünki bu yanaşma əsasən müəyyən edilmiş qaydalara əsaslanır və dəyişən mühitə uyğunlaşmaqda məhdudiyyətlərə malikdir [7-9].

Bu səbəbdən, süni intellekt metodlarının (qeyri səlis məntiq-fuzzy logic, neyron şəbəkələri, gücləndirici öyrənmə) PID ilə birləşdirilməsi, təyyarənin uçuş keyfiyyətini və uyğunluğunu yaxşılaşdırma bilər [10]. Gücləndirici öyrənmə (RL) dinamik və təsirli bir sahə olduğu üçün maşınlar (UA-a) mühitləri ilə birbaşa qarşılıqlı əlaqə vasitəsilə qərar qəbul etməyi öyrədir. Ənənəvi metodlar geniş həcmli verilənlər toplusuna, proqramlaşdırmaya əsaslandığı halda, RL sınaq və səhv öyrənmə metodu ilə işləyir. Bundan istifadə edərək UA-nın dinamik hərəkətlərinin nəticələri öyrənilə, sonrakı qərarlara birbaşa təsir göstərə bilər.

Cədvəld 1-də hər bir sensor üçün xətalara gücləndirici öyrənmə (RL) əsaslı PID gücləndirici alqoritmləri vasitəsilə necə təyin oluna, riyazi şəkildə formalaşdırıla və qurula biləcəyi ümumi şəkildə qeyd edilmişdir. Hər üç sensor üçün PID və RL alqoritmının əsas prinsipləri bir-birinə bənzər olduğu üçün eyni nəzərə alınmışdır.

Cədvəl 1. Suni intellekt ilə PİD tənzimləyicisinin tətbiqi

Alqoritm	Vericinin riyazi ifadəsi
Giroskopik sürüşmə xətası	$e_{gyro}(t) = \theta_{gyro}(t) - \theta_{desired}(t)$
PİD ifadəsi	$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt}$
RL ifadəsi	$Q(s, a) = R + \gamma \max_a Q(s', a')$ öyrənilən parametrlər
Akselerometr xətası	$e_{acc}(t) = a_{acc}(t) - a_{desired}(t)$
PİD ifadəsi	$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt}$
RL ifadəsi	$Q(s, a) = R + \gamma \max_a Q(s', a')$ optimal hərəkət strategiyası
Maqnitometr xətası	$e_{mag}(t) = B_{mag}(t) - B_{desired}(t)$
PİD ifadəsi	$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt}$
RL ifadəsi	$Q(s, a) = R + \gamma \max_a Q(s', a')$ mükafatlandırma ilə optimallaşdırma

Giroskopda yaranan sürüşmə xətası, UA-nın reallaşdırılmış bucaq sürətinin nəzərdə tutulan bucaq sürətindən fərqi ölçür. Bu xəta PID alqoritmı ilə tənzimlənə bilər. Süni intellektin tətbiqi, bu xətanı düzəltmək üçün gücləndirici öyrənmə (RL) istifadə edərək, PID parametrlərini təkmilləşdirir.

Akselerometrin ölçdüüy sürət və ya təcil qiymətləri ilə nəzərdə tutulan qiymət arasındakı fərq əsasında UA-nın hərəkəti izlənilir və PID alqoritmı vasitəsilə düzəldilir. RL, bu xətaların azaldılması üçün PID parametrlərini tənzimləyir.

Maqnitometrin ölçdüüy maqnit sahəsi ilə nəzərdə tutulan həqiqi maqnit sahəsi arasındakı fərq təyin edilir. PID alqoritmı ilə bu xəta tənzimlənə bilər. RL alqoritmləri, PID parametrlərini öyrənməklə maqnitometrin ölçmə xətalarını daha effektiv minimallaşdırma bilər.

Sİ tətbiqi ilə UA-nın daha dəqiq idarə edilməsi, öyrənmə, planlama, yaranmış problemi həll etmə kimi mürəkkəb naviqasiya məsələlərinin həllinə kömək edəcəkdir.

Yekunda isə UA üçün təhlükəsizliyi və etibarlılıq üzrə risklərin qiymətləndirilməsi mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Aşağıda qeyd edilən kateqoriyalar nəzərə alınmaqla qiymətləndirilmə aparılmalıdır:

- Əməliyyat riskləri;
 - hava şəraiti (külək, rütubət, temperatur dəyişikliyi və s.)
 - texniki nasazlıqlar (sensorlar, mühərriklər və batareyalar)
 - insan səhvləri (pilot səhvləri)
- Kibertəhlükəsizlik riskləri;
 - Heyət və ya UA-ı ilə əlaqənin itməsi
 - məlumat sızmaları və haker hücumları
- Ətraf mühit və sosial risklər;
 - canlılar üçün təhlükə
 - hüquqi məsələlər
- Əməliyyat təhlükəsizliyi riskləri;
 - pilot hazırlığı və digər təhlükəsizlik protokolları

Risk Qiymətləndirmə Metodları. Risklərin qiymətləndirilməsi üçün FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) və FTA (Fault Tree Analysis) metodlarından istifadə edilir. Bu metodlar komponentlərin və sistemin uğursuzluq ehtimallarını qiymətləndirərək ən böyük təhlükələri müəyyən

etməyə kömək edir.

Nəticə. MEMS vericiləri əsasında qurulan naviqasiya sistemi üçün PID nəzarəti və süni intellektin (AI) tətbiqi kiçik UA-larının optimal idarə edilməsi, daha sabit, çevik və yüksək dəqiqlikli uçuş təmin edir. Bu yanaşma həm ənənəvi PID metodlarından, həm də AI metodlarından faydalanaraq daha müasir və uyğunlaşa bilən idarəetmə mexanizmləri təklif edir.

Gücləndirici öyrənmə və qeyri-səlis məntiq kimi süni intellekt imkanları, güclü küləklər və ya turbulent hava kimi çətin şəraitlərdə UA-nın idarəetməsinin optimallaşdırmaq üçün real vaxt rejimində PID parametrlərini uyğunlaşdırma bilər ki, bununla da UA-nın mürəkkəb dinamik uçuşlarda xətlərin azaldılmasına, uçuş sabitliyini və dəqiqliyinin təkmilləşdirilməsinə, kiçik UA-ların avtonom naviqasiyasına və enerji səmərəliliyinin artırılmasına imkan verəcəkdir.

UAV-lar üçün təklif olunan təhlükəsizlik və risk qiymətləndirmə meyarları, əməliyyatların daha etibarlı və təhlükəsiz həyata keçirilməsinə zəmin yaradır.

Ədəbiyyat

- [1] Neda N., Rene L, Jr., A New Perspective on Low-Cost MEMS-Based AHRS Determination (2021).
- [2] Isgandarov I., Bakhshiyev H., The mathematical and simulink models for determining attitude of aircraft using MEMS sensors (2022). https://www.researchgate.net/publication/366237550_THE_MATHEMATICAL_AND_SIMULINK_MODELS_FOR_DETERMINING_ATTITUDE_OF_AIRCRAFT_USING_MEMS_SENSORS_B_U_L_L_E_T_I_N_OF_CIVIL_AVIATION_ACADEMY_No_225_2022_p8-17
- [3] <https://medium.com/@ericco741/mems-imu-error-analysis-1969c5010210>
- [4] Minha P., Yang G., Error and Performance Analysis of MEMS-based Inertial Sensors with a Low-cost GPS Receiver (2008).
- [5] Isgandarov I., Bakhshiyev H., The application of MEMS technology to determine an aircraft orientation(2021).https://www.researchgate.net/publication/353738789_THE_APPLICATION_OF_MEMS_TECHNOLOGY_TO_DETERMINE_AN_AIRCRAFT_ORIENTATION_BULLETIN_OF_CIVIL_AVIATION_ACADEMY_No_120_2021_Almaly_Kazakhstan_pp14-19
- [6] <https://www.ericointernational.com/application/mems-accelerometer-installation-error-correction-method.html>.
- [7] Mingrui S., Application of PID Control Technology in Unmanned Aerial Vehicles (2024).
- [8] Hans O., Yudong M., Review of PID Controller Applications for UAVs (2023).
- [9] Orlando A., Daniel C., Javier R., Montserrat G., José D., Ramon V., Model-Based Optimization Approach for PID Control of Pitch–Roll UAV Orientation (2023).
- [10] Hrishitva P., Applications of Deep reinforcement learning in MEMS and nanotechnology (2023).

PROSPECTS FOR THE APPLICATION OF PID AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN SMALL AIRCRAFTS

Bakhshiyev H.E., Isgandarov I.I.

Abstract. This article presents theoretical approaches to optimizing the attitude angles (roll, pitch, yaw) of small aircraft (UAVs) using PID control and MEMS sensors for improving the navigation system with more precise control. This approach includes providing high, stable and flexible control as a result of combining the traditional advantages of PID control with the capabilities of artificial intelligence (AI). It is shown that possibility of developing high-precision and dynamic control of UAVs by combining PID and artificial intelligence.

Keywords: pitch, roll and yaw angles, magnetic heading, MEMS sensors, PID control, artificial intelligence application, AHRS (Attitude and heading reference system).



ENHANCING AIRCRAFT CONTROL SYSTEMS AND PERFORMANCE WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Karimov Y.A., Isgandarov I.A.

ykarimov@naa.edu.az

National Aviation Academy, Azerbaijan

Abstract. This paper explores the transformative impact of Artificial Intelligence (AI) on aircraft navigation and control systems. AI is revolutionizing aviation by optimizing flight paths, enhancing real-time decision-making, and enabling predictive maintenance. Key AI techniques, including Kalman Filtering and Sensor Fusion, play a crucial role in improving navigation accuracy and reliability. The paper delves into specific applications such as flight path optimization, autonomous navigation, and predictive maintenance, highlighting the benefits of AI in enhancing safety, efficiency, and operational costs. Furthermore, the paper discusses the role of various machine learning algorithms, including supervised, unsupervised, and reinforcement learning, in driving these advancements. By leveraging AI, the aviation industry can achieve new levels of safety, efficiency, and sustainability, ushering in an era of more intelligent and autonomous flight.

Keywords: artificial intelligence, engineering, navigation systems, technical parameters, machine learning, autonomous navigation, predictive analytics.

Introduction. The integration of Artificial Intelligence (AI) is revolutionizing aircraft navigation and control systems. By leveraging AI algorithms and advanced data analysis techniques, aviation engineers are enhancing efficiency, safety, and reliability across various aspects of aircraft operations. This paper will explore how AI is being applied to optimize flight paths, improve real-time decision-making capabilities, and ultimately pave the way for autonomous navigation. Specifically, we will delve into the critical role of Kalman Filtering and Sensor Fusion in enabling accurate state estimation and enhancing the performance of navigation systems.

AI's ability to process vast amounts of data and make real-time decisions has made it an invaluable tool in optimizing flight paths, improving maintenance protocols, and enhancing air traffic management.

The integration of AI in these areas not only promises to improve operational efficiency but also aims to significantly reduce costs and enhance safety standards.

This article delves into the specific applications and benefits of AI in aviation, while also addressing the challenges associated with its integration. By examining current trends and future prospects, we aim to provide a comprehensive understanding of how AI is poised to transform the aviation industry.

Methods. The data has been collected based on several articles and the formula (1) proposed based on Kalman filtering and Sensor Fusion calculations.

Results and discussion. The integration of Artificial Intelligence (AI) in the control systems of navigation and technical parameters of aircraft is revolutionizing the aviation industry. Kalman filtering and sensor fusion based on AI can be widely used in a variety of aircraft to improve navigation, control, and safety. As AI and sensor technology continue to advance, we will review in more details in next articles to see more sophisticated usage variety of this technique in the future.

Conclusions. AI's ability to process vast amounts of data in real-time and make predictive and autonomous decisions is enhancing the efficiency, safety, and reliability of aircraft operations. From optimizing flight paths and enabling real-time decision-making to predictive maintenance and advanced health monitoring systems, AI is driving significant advancements in aviation engineering.

AI algorithms, such as supervised and unsupervised learning, deep learning, reinforcement learning are at the core of these transformations. These algorithms enable dynamic route adjustments, early detection

of potential failures, and real-time analysis of technical parameters, ensuring that aircraft operate at peak efficiency and safety. The use of convolutional neural networks (CNNs) for automated inspections and recurrent neural networks (RNNs) for time-series analysis exemplifies how AI can outperform traditional methods in accuracy and efficiency.

As AI technology continues to evolve, its impact on aviation is expected to grow, leading to more innovative, efficient, and safer air travel. The future of aviation will likely see an increasing blend of human expertise and AI-driven systems working in harmony to push the boundaries of what is possible in flight. By embracing these advancements, the aviation industry can achieve new heights of operational excellence and passenger satisfaction.

1) *Integration of Artificial Intelligence in the Control System of Navigation and Technical Parameters of Aircraft*

The integration of Artificial Intelligence (AI) in the control systems of navigation and technical parameters of aircraft is transforming aviation engineering. AI technologies are enhancing the efficiency, safety, and reliability of aircraft operations by optimizing flight paths, enabling predictive maintenance, and improving real-time decision-making. This section explores the specific applications and benefits of AI in these critical areas.

2) *AI in Navigation Control Systems.*

- *Optimizing Flight Paths:* AI algorithms are revolutionizing the optimization of flight paths by analyzing vast datasets, including weather conditions, air traffic, and historical flight performance. AI systems can dynamically adjust routes to ensure optimal fuel efficiency and reduced flight time. These adjustments not only save costs but also minimize carbon emissions, contributing to more environmentally friendly aviation.

- *Real-time Decision Making:* AI enhances real-time decision-making capabilities within navigation systems. During flights, AI can process real-time data and provide pilots with actionable insights to navigate around adverse weather, turbulence, or air traffic congestion.

- *Autonomous Navigation:* AI's ultimate goal in navigation is the development of fully autonomous systems. These systems use AI to interpret data from various sensors, making complex navigational decisions without human intervention. Autonomous navigation systems can potentially lead to pilotless commercial aircraft, reducing human error and operational costs while increasing overall efficiency.

While AI in navigation control systems doesn't rely on a single, universal formula, several mathematical and computational concepts underpin its functionality. For multisensor data fusion, distributed state estimation techniques that enable a local processing of sensor data are the means of choice in order to minimize storage and communication costs. In particular, a distributed implementation of the optimal Kalman Filtering and Sensor Fusion has recently been developed. A significant disadvantage of this algorithm is that the fusion center needs access to each node so as to compute a consistent state estimate, which requires full communication each time an estimate is requested (1). Kalman Filtering and Sensor Fusion combines data from multiple sensors (GPS, IRU, radar, etc.) to estimate the most accurate position, velocity, and attitude.

Here are some key areas and examples:

$$\hat{x}(k|k) = \hat{x}(k|k-1) + K(k)[z(k) - H(k)\hat{x}(k|k-1)] \quad (1)$$

where:

- $\hat{x}(k|k)$: Estimated state at time k given all measurements up to time k
- $\hat{x}(k|k-1)$: Predicted state at time k given measurements up to time k - 1
- $K(k)$: Kalman gain, calculated to minimize estimation error
- $z(k)$: Measurement at time k
- $H(k)$: Measurement model (relates state to measurement)

In order to use the Kalman filter to estimate the internal state of a process given only a sequence of noisy observations, one must model the process in accordance with the following framework. This means specifying the matrices, for each time-step k , following:

Predict step, we are trying to predict how our state changes both for the model and for the

1. Predicted (a priori) state estimate: $\hat{x}_{k|k-1} = F_k \hat{x}_{k-1|k-1} + B_k u_k$ or what measurement we predict.
2. Predicted (a priori) estimate covariance: $P_{k|k-1} = F_k P_{k-1|k-1} F_k^T + Q_k$, or the uncertainty of the predicted measurement. Works due to the covariance transformation rule.

where:

- F_k , the state-transition model;
- H_k , the observation model;
- Q_k , the Variance and Covariance|covariance of the process noise;
- R_k , the Variance and Covariance|covariance of the observation noise;
- sometimes B_k , the control input model, only if it exists;
- u_k , the control vector, represents the controlling input into control-input sequence.

Kalman filtering and sensor fusion based on AI can be used on a wide range of aircraft, from small drones to large commercial airliners. Here are some specific examples:

- *Flight control systems*: Kalman filtering is used to combine data from various sensors (GPS, IMU, radar, barometric altimeter) to accurately estimate the aircraft's position, velocity, and attitude. This information is crucial for maintaining stability and controlling the aircraft's flight path.
- *Landing systems*: During landing, Kalman filtering can be used to fuse data from the aircraft's sensors with information from ground-based systems (e.g., ILS) to ensure a safe and precise landing.
- *Navigation and guidance*: Kalman filtering is essential for navigation and guidance systems, especially in GPS-denied environments. It can fuse data from inertial navigation systems, radar, and other sensors to maintain accurate position and heading information.
- *Enhanced autopilot systems*: Kalman filtering can be used to improve the accuracy and reliability of autopilot systems in general aviation aircraft.
- *Collision Avoidance Systems*: Kalman filtering can be used to track other aircraft and predict potential collisions, enhancing safety.
- *AI in Monitoring Technical Parameters*.

Predictive Maintenance one of the most significant applications of AI in aviation is predictive maintenance. AI-driven systems analyze data from sensors embedded in various aircraft components to predict potential failures before they occur. This predictive capability allows airlines to schedule maintenance proactively, reducing the risk of in-flight failures and unscheduled downtime. By addressing issues before they become critical, predictive maintenance enhances aircraft reliability and safety.

AI-powered health monitoring systems continuously assess the condition of critical aircraft systems, such as engines, avionics. Machine learning algorithms detect anomalies and provide early warnings about potential issues, enabling proactive maintenance. This continuous monitoring ensures that aircraft remain in optimal operating condition, enhancing overall operational safety.

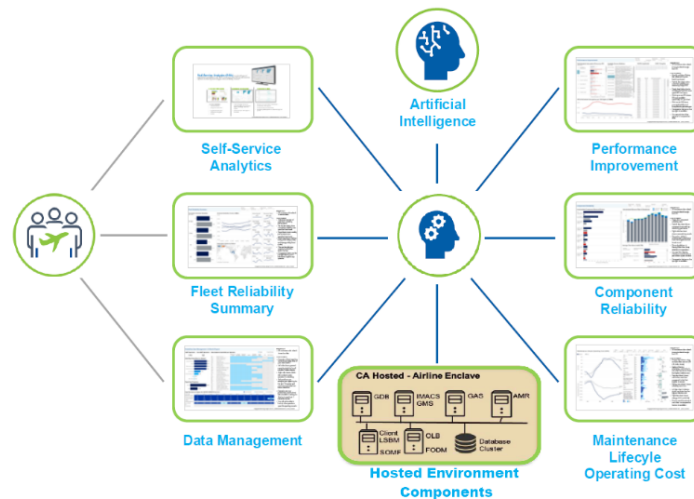


Figure 1. AI driven monitoring data benefits.

Inside the hosted environment are several virtual machines that run each of the applications:

- Ground Distribution Bridge (GDB) – Routes aircraft data to ground servers and other users as needed.
- Ground Communication Manager (GCM) – Manages aircraft communication server.
- Ground Messaging Server (GMS) – Manages aircraft uplinks and downlinks.
- Ground Administration and Servicing (GAS) – Manages aircraft connectivity, messaging.
- Load Secure Batch Media (LSBM) – Creation, signing and checking of Field Loadable Software (FLS).
- Structural Overload Management Function (SOMF) – Analyzes aircraft data for potential structural overloads and alerts after events such as a hard landing.
- *Algorithms for AI Integration in Aviation Control Systems*

The successful integration of AI in the control systems of navigation and technical parameters of aircraft relies on a range of sophisticated algorithms. These algorithms are designed to handle large datasets, make real-time decisions, and predict future events, ensuring the safety and efficiency of aircraft operations. Below are some of the key algorithms used in various applications within the aviation industry.

Supervised learning algorithms:

- *Regression Algorithms (e.g., Linear Regression, Polynomial Regression):* used for predicting continuous variables, such as wear-and-tear rates of aircraft components.
- *Classification algorithms (e.g., support vector machines, decision trees, random forests):* employed in predictive maintenance to classify the condition of aircraft components and identify potential failures.

Unsupervised Learning Algorithms:

- *Clustering algorithms (e.g., k-means, dbscan):* used for anomaly detection in health monitoring systems by grouping similar data points and identifying outliers that may indicate potential issues.
- *Dimensionality reduction algorithms (e.g., principal component analysis, t-sne):* applied to reduce the complexity of high-dimensional data from aircraft sensors, making it easier to analyze and interpret.

Reinforcement Learning Algorithms:

- Q-Learning, Deep Q-Networks (DQN): utilized in autonomous navigation systems for learning optimal flight paths and decision-making policies through interaction with the environment.

The integration of AI in aviation control systems leverages a diverse set of algorithms, each tailored to specific tasks such as predictive maintenance, autonomous navigation, and real-time decision-making. Machine learning and deep learning algorithms play a crucial role in processing vast amounts of data, while optimization algorithms ensure the efficiency of operations. As AI technology continues to

advance, these algorithms will become even more sophisticated, further enhancing the safety, reliability, and efficiency of aviation systems.

References

- [1] I.Isgandarov & Y.Karimov (2023). The scientific article "DEVELOPMENT AND MODERNIZATION PRINCIPLES OF AIRCRAFT DIGITAL GROUND/AIR COMMUNICATIONS ARCHITECTURE" was published in "Vestnik" magazine of the Civil Aviation Academy of the Republic of Kazakhstan #2(29).
- [2] I.Isgandarov & Y.Karimov (2023). The scientific article "OPPORTUNITIES AND PROSPECTS FOR THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN AVIATION" was presented at the International Scientific-Practical Conference "Artificial Intelligence Technologies and Aerospace Issues" dedicated to the 100th anniversary of H. Aliyev, held at the National Aviation Academy on June 22-23, 2023 and the conference material was printed.
- [3] Zhang, W., Li, R., Zong, M., Zhang, X., & Ji, S. (2018). Deep learning for remote sensing data: A technical tutorial on the state of the art. IEEE Geosc. and Remote Sens. Journal., 6(2), 22-40.
- [4] Katharina D., Benjamin N., ORCID and Uwe D. Hanebeck (2018). Optimally Distributed Kalman Filtering with Data-Driven Communication, 18(4), 1034.

TƏYYARƏ İDARƏETMƏ SİSTEMLƏRİNİN VƏ SÜNİ İNTELLEKT LƏ PERFORMANSIN ARTIRILMASI

Kərimov Y.A., İsgəndarov İ.İ.

Xülasə. Bu məqalə Süni İntellektin (AI) təyyarələrin naviqasiyası və idarəetmə sistemlərinə transformativ təsirini araşdırır. Süni intellekt uçuş yollarını optimallaşdırmaq, real vaxt rejimində qərarların qəbulunu artırmaq və proqnozlaşdırıcı texniki xidmətə imkan verməklə aviasiyada inqilab edir. Kalman Filtering və Sensor Fusion daxil olmaqla əsas süni intellekt üsulları naviqasiya dəqiqliyinin və etibarlılığının artırılmasında mühüm rol oynayır. Məqalə təhlükəsizlik, səmərəlilik və əməliyyat xərclərinin artırılmasında süni intellektin faydalarını vurğulayaraq, uçuş yolunun optimallaşdırılması, avtonom naviqasiya və proqnozlaşdırıcı texniki xidmət kimi xüsusi tətbiqləri araşdırır. Bundan əlavə, məqalədə müxtəlif maşın öyrənmə alqoritmlərinin, o cümlədən nəzarət edilən, nəzarətsiz və gücləndirici öyrənmənin bu təyyarələrin naviqasiyası və idarəetmə sistemlərində rolu müzakirə olunur. Süni intellektdən istifadə etməklə aviasiya sahəsi daha ağıllı və avtonom uçuş dövrünü açaraq yeni təhlükəsizlik, səmərəlilik və davamlılıq səviyyələrinə nail ola bilər.

Açar sözlər: süni intellekt, mühəndislik, naviqasiya sistemləri, texniki parametrlər, maşın öyrənməsi, avtonom naviqasiya, proqnozlaşdırıcı analitika.



BORT-ELEKTRİK QIDA SİSTEMİNİN FUNKSIONALLIĞININ NƏZARƏT QURĞUSU

Yusifov A.S., Həsənova T.E., Mirzəyeva M.R.

yusifov.aydin@mail.ru

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Burada, xüsusi hərbi texnikanın seriyalı istehsal olunan elektron nümunələrindən birinin düzgün işləməsini yoxlamaq üçün nəzərdə tutulmuş nəzarət qurğusu təsvir edilir. Burada müəlliflər tərəfindən hazırlanmış, istehsala tətbiq edilmiş, hazırlanması sadə, kiçik ölçülü və ucuz nəzarət qurğusunun funksional sxemi, tərkibi, konstruktiv xüsusiyyətləri və iş rejimləri təsvir olunur.

Açar sözlər: nəzarət qurğusu, stimulların tsikloqramı, nəzarət parametrlərinin tsikloqramı, radioelektron avadanlıqların test edilməsi, interfeys, elektron blok, avtomatlaşdırılmış nəzarət sistemi.

Giriş. İşin məqsədi müəlliflər tərəfindən hazırlanmış və istehsala tətbiq edilmiş seriyalı istehsal olunan məhsullardan birinin düzgün işləməsini təmin edən nəzarət qurğusunun təsvirindən ibarətdir.

Seriyalı istehsal olunan elektron avadanlıqların keyfiyyəti və onun effektiv istifadəsi böyük ölçüdə avadanlığın etibarlılıq səviyyəsi ilə müəyyən edilir. Bu isə onun müəyyən edilmiş funksiyaları nəzərdə tutulmuş istismar şəraitində kifayət qədər uzun müddət ərzində yerinə yetirə bilməsi deməkdir [1].

Avtomatlaşdırılmış nəzarət və ölçmə sistemlərinin iqtisadi effektivliyindən əlavə, bu cür sistemlərin hazırlanmasının əsas səbəblərindən biri "insan faktoru"nun aradan qaldırılmasıdır. Bu, diaqnostika nəticələrinin dəqiqliyinə müsbət təsir göstərir. Xüsusilə hərbi texnika və xüsusi təyinatlı avadanlıqların qəbul-satış sınaqları zamanı "insan faktoru"nun aradan qaldırılmasına xüsusi ehtiyac yaranır. Çünki bu cür avadanlıqların etibarlılığı yüksək tələblərə cavab verməlidir. Məhsulun uzun müddətli və fasiləsiz işlək vəziyyətdə olması diaqnostika metodunun düzgün seçilməsindən böyük ölçüdə asılıdır.[2]

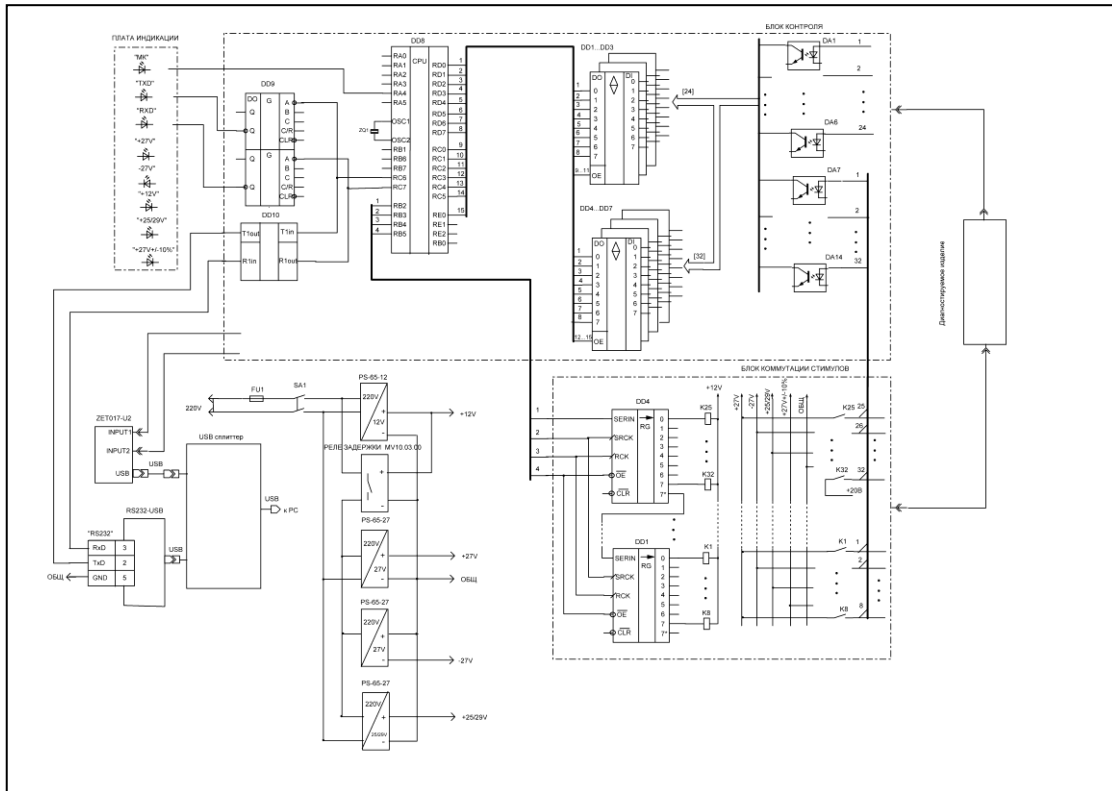
Avtomatlaşdırılmış test sistemlərinin əlavə üstünlüklərini qeyd etmək olar:

- Əl ilə həyata keçirilən eyni həcmdəki testlərlə müqayisədə daha az vaxt sərf olunur;
- Test nəticələri avtomatik olaraq hesabat şəklində göndərilir və saxlanılır;
- Sistemin digər məhsulların test edilməsi üçün proqramlaşdırılması mümkündür.

Bu səbəbdən, testlərin avtomatlaşdırılması problemi həm aktual, həm də bəzi hallarda kritik əhəmiyyət daşıyır. Xüsusən də hərbi texnika və xüsusi avadanlıqların etibarlılığına artan tələblər fonunda bu məsələ aktuallıq qazanır [3].

Elektron avadanlıqların funksionallığının yoxlanması, test olunan məhsulun iş algoritminə uyğun xüsusi idarəedici təsirlərin (stimulların) formalaşdırılması və ardıcıl olaraq tətbiq edilməsindən ibarətdir. Bu təsirlərə cavab olaraq alınan reaksiyalar, istismar-texniki sənədlərdə göstərilən məlumatlarla müqayisə edilir. Avadanlığın funksionallığı, onun iş qabiliyyətini xarakterizə edən və istismar-texniki sənədlərdə göstərilən parametrlərin cəmindən asılı olaraq yoxlanılır[4].

Bizim tərəfimizdən hazırlanmış nəzarət qurğularından birinin funksional sxemi təqdim olunub. Bu qurğu stimulların formalaşdırılmasını (Cədvəl 1) və cavab reaksiyalarının yoxlanmasını (Cədvəl 2) həyata keçirir. Funksional sxem Şəkil 1-də göstərilib.



Şəkil 1. Nəzarət qurğusu. Elektrik funksional sxem

Nəzarət qurğusu USB2 interfeysi vasitəsilə şəxsi kompüterə (PC) qoşulur və aşağıdakı funksional bloklardan ibarətdir:

1. Nəzarət bloku
2. Stimulların kommutasiya bloku
3. ZET 017-U2 spektr analizatoru
4. PS-65-27 enerji təchizatı bloku
5. PS-65-12 enerji təchizatı bloku

Stimulların kommutasiya bloku 32 elektromaqnit rele və dörd 8-bitlik sürüşmə registrindən ibarətdir. Bu blok, test olunan məhsulun zəncirlərinə komanda-stimullarını göndərmək üçün nəzərdə tutulmuşdur.

Nəzarət bloku isə məhsuldan alınan nəzarət parametrlərini qəbul edir və onların təhlili üçün PC-yə ötürür.

Spektr analizatoru, nəzarət edilən məhsulun çıxardığı gərginlik parametrlərini ölçür və ölçmə nəticələrini təhlil üçün PC-yə ötürür.

USB vasitəsilə PC-dən hər əməliyyat nömrəsi üçün *dörd baytlıq kod stimulları* göndərilir. Bu kodlar nəzarət qurğusunun mikrokontrolleri tərəfindən qəbul edilir və stimulların kommutasiya blokundakı *sürüşdürmə registrlərinə* ötürülür. Registrlərin çıxışlarına qoşulmuş kiçik ölçülü elektromaqnit relelər, öz kontaktları vasitəsilə *lazımi stimulların gərginliklərini* test edilən məhsulun müvafiq kontaktlarına tətbiq edir.

Cədvəl 1. Stimulların verilmə tsikloqramı

Parametr V	Stimulu n adı	Stimulların Verilmə Tsikloqramı																									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
+27±2,7	Düzgün			x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
+27±2,7	27BПЗ-1		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
0	MНП		x	x	x		x	x	x	x	x	x															
25-29	27B6от. ПП-2		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	

Eyni zamanda, stimulların gərginlikləri mikrokontroller tərəfindən blokun çıxış kontaktlarından oxunur və *təkrar PC-yə ötürülərək* stimullar cədvəli ilə müqayisə edilir. Əgər göndərilən və qəbul edilən stimulların kodları uyğun gəlməzsə, *səhv mesajı* verilir.

Nəzarət kodları test edilən məhsuldan qəbul edilir, PC-yə ötürülür və *nəzarət tsikloqramı cədvəli* (Cədvəl 2) ilə müqayisə edilərək məhsulun texniki şərtlərə uyğunluğu haqqında qərar qəbul edilir.

Nəzarət qurğusunun təsviri

Nəzarət qurğusu 19 düymlük modul konstruksiyada hazırlanmışdır və daxilə aşağıdakı blokları ehtiva edir:

- Stimulların kommutasiya bloku
- Nəzarət bloku
- ZET 017-U2 spektr analizatoru
- Enerji təchizatı blokları

Cədvəl 2. Parametrlərin nəzarət tsikloqramı

№	Наименование параметра	Əməliyyatların nömrəsi																									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
K1	Готовность			x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
K2	СВР					x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
K3	СВРБ					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
K5	ЗМРР1						x																				

Nəticə. Elektron blokların ümumi yığım prosesinin son mərhələsində *avtomatik nəzarət qurğusunun tətbiqi*, onların funksionallığının düzgünlüyünü yoxlamaq üçün sərf olunan vaxtı xeyli azaltmağa imkan verir. Bununla yanaşı, bahalı avtomatlaşdırılmış yoxlama komplekslərindən istifadə etməyə ehtiyac qalmır.

Hazırda təqdim olunan sxem əsasında hazırlanmış və tətbiq edilmiş nəzarət qurğuları, Azərbaycan Müdafiə Sənayesi Nazirliyinin müəssisələrindən birində *xüsusi texnikanın* tərkib hissələrinin funksional yoxlanılması və sex sınaqları üçün istismara verilib.

Ədəbiyyat

- [1] Гуменюк В.М. Надежность и диагностика электротехнических систем: Учеб. пособие для вузов. — Владивосток: Изд-во Дальневост. гос. техн. ун-та, 2010. - 218с.
- [2] Муин В. А. Применение БАОТ-технологии для решения задач технической диагностики систем военного вооружения и техники / В. А. Муин, Е. П. Степанова // Россия молодая : передовые технологии - в промышленность : матер. 3 Всерос. молод, науч. - техн. конф. / ОмГТУ. - Омск. 2010. - Кн. 1. -С. 184-187.
- [3] <https://intellect.icu/avtomatizirovanoe-funksionalnoe-testirovanie-6122>

- [4] Зайченко С.Н. Опыт разработки контрольно-измерительных систем на базе российских модульных приборов в открытых стандартах VXI, LXI, AXIe. Авиационное приборостроение, №2, 2015, с.64.
- [5] Страхов П.В., Байков В.И., Рогожин О.В., Давлетчин Д.И. Автоматизированная система контроля и диагностики радиоэлектронной аппаратуры. Мир измерений, 2012, №5, с.3-8.

CONTROL DEVICE FOR MONITORING THE FUNCTIONALITY OF THE ONBOARD ELECTRICAL POWER SYSTEM

Yusifov A.S., Hasanova T.E., Mirzayeva M.R.

Abstract. This paper describes a control unit that is intended to test the proper functioning of a serially generated electronic samples of specialized military devices. It presents the function diagram, the composition, the structural features and the operating modes of a control unit developed by the authors, implemented in production and characterized by simple design, compact size and inexpensive costs.

Keywords: control device, cyclogram of stimuli, cyclogram of control parameters, testing of radio-electronic equipment, interface, electronic module/block, automated control system.



УСТРОЙСТВО ДЛЯ БЫСТРОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Гасанова Ш.С., Гасанов А.Р.

shahanagasanova2111@gmail.com

Национальная Академия Авиации, Азербайджан

Аннотация. В данной статье обсуждаются критерии определения направления движения летательного аппарата. Показана необходимость быстрого определения направления движения высокоскоростного летательного аппарата. Установлена возможность построения устройства, необходимого для выполнения поставленной задачи, на основе узкополосных полосовых фильтров на кварцевом резонаторе. Также исследованы частотные характеристики и добротность кварцевого резонатора в контексте решаемой задачи. Приведены схема узкополосного фильтра на основе кварцевого резонатора и результаты экспериментальных исследований. Однозначно доказана возможность построения устройства мгновенного определения направления движения ЛА на базе узкополосного фильтра на кварцевом резонаторе.

Ключевые слова: узкополосный фильтр, кварцевый резонатор, добротность, частотная характеристика, радиолокационная станция

Введение. Концепция ведения современных боевых действий значительно отличается от войн прошлого века. Раньше акцент делался на пехоту и артиллерию, чуть позже – на танки и авиацию. В нынешнее время ключом к успеху является радиоэлектронная борьба.

Сегодня, когда скорости самолётов-истребителей и других летательных аппаратов достигают тысяч километров в час, основной целью радиолокации становится быстрое определение направления движения летательного аппарата противника. Это не случайно, ведь за самолётом последует ракета с бомбой, которая приведёт к большим потерям не только техническим, но и человеческим.

Как известно, активная радиолокационная система [1] состоит из радиопередающего и радиоприёмного устройств, также антенны, антенного коммутатора и синхрогенератора (рисунок. 1.). Радиопередающее устройство формирует и излучает в пространство зондирующий ЛЧМ-импульс. При наличии летательного объекта, сигнал отражается. Именно параметры отражённого сигнала являются ценными для определения расстояния до объекта, направления движения и скорости объекта. Чем быстрее будет определено направление движения объекта, тем больше вероятность успеть предпринять меры по защите.

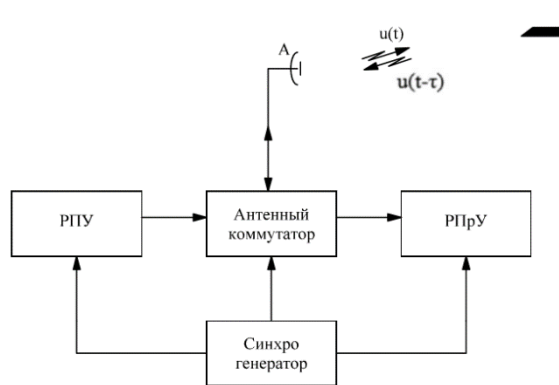


Рисунок 1. Упрощенная структурная схема активной радиолокационной станции

В современных радиолокационных станциях для определения направления движения высокоскоростных летательных аппаратов используется эффект Доплера [1]. В приёмной части РЛС измеряется разница между частотой зондирующего сигнала и частотой отражённого сигнала. Данная разность носит название доплеровский сдвиг частоты, который определяется по следующей формуле:

$$\pm \Delta f = \pm \frac{2v}{c} \times f_0 = \pm \frac{2v}{\lambda} \quad (1)$$

где f_0 – исходная частота (частота передаваемого сигнала), v – радиальная скорость объекта, c – скорость света в вакууме ($c \approx 3 \times 10^8$ с).

Если объект движется к радару (в сторону источника излучения), то частота отражённого сигнала увеличивается, и скорость будет положительной, что даёт положительный доплеровский сдвиг. При удалении летательного аппарата (ЛА) от радара, частота отражённого сигнала уменьшается, и скорость будет отрицательной, что приводит к отрицательному доплеровскому сдвигу.

Как и было упомянуто ранее, время определения направления движения высокоскоростных летательных аппаратов является важной проблемой радиолокации, и в целом радиоэлектронной борьбы. Поэтому разработка и моделирование новых технических средств для быстрого определения направления движения высокоскоростных аппаратов является актуальной темой.

Методика. В данной работе использованы методы математического моделирования и методы экспериментальных исследований.

Обсуждение. В данной статье мы предлагаем структурную схему устройства для быстрого определения направления движения высокоскоростных аппаратов. Схема такого устройства представлена на рисунок 2.

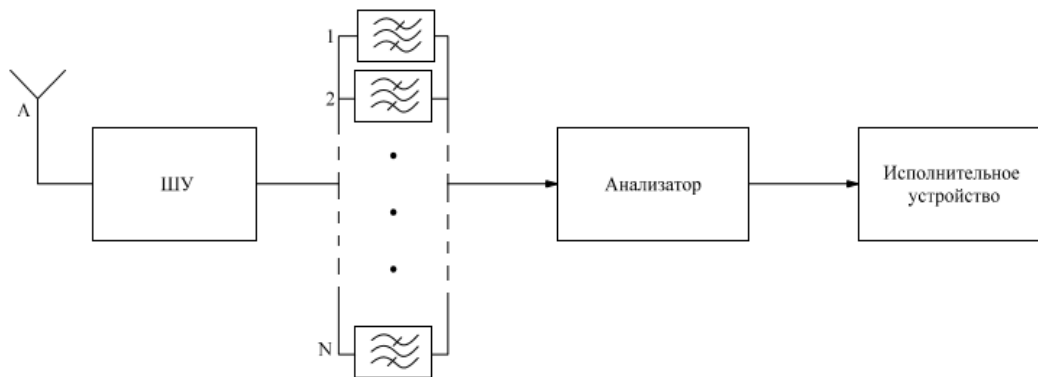


Рисунок 2. Структурная схема устройство для быстрого определения направления движения высокоскоростного ЛА

Широкополосный усилитель (ШУ) охватывает полосу частот $f_0 \pm \Delta f_{max}$, где Δf_{max} – максимальный доплеровский сдвиг частоты, обусловленный движением ЛА с максимально возможной скоростью. К выходу широкополосного усилителя подключены N узкополосных полосовых фильтров, которые реализованы на кварцевом резонаторе. Возможный вариант реализации узкополосного фильтра на кварцевом резонаторе иллюстрируется на рисунок 3. Схема, приведенная на рисунок 3. собрана нами, исследована в лаборатории и определена возможность её применения для решения указанной задачи.

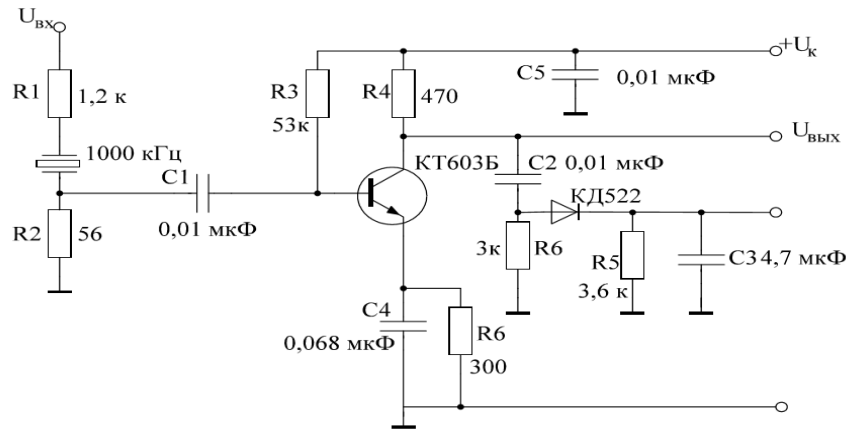


Рисунок 3. Узкополосный полосовой фильтр на кварцевом резонаторе

Добротность кварцевого резонатора колеблется в пределах от 10000 до 100000 [2]. В нашем полосовом фильтре был использован кварцевый резонатор марки РК77СР-1В-15БТ. Частота данного кварцевого резонатора $1 \text{ МГц} \pm 20 \text{ ppm}$.

Общий вид макета для экспериментальных исследований приведён на рисунок. 4. Была исследована зависимость полосы пропускания $2\Delta f$ узкополосного кварцевого фильтра и добротности кварцевого резонатора Q от амплитуды входного напряжения $U_{вх}$.



Рисунок 4. Общий вид макета для экспериментальных исследований

Резонансная частота равна $f_0 = 999\,976 \text{ Гц}$.

В таблице 1 представлены входные данные и результаты экспериментов.

Таблица 1. Исследование добротности кварцевого резонатора

$U_{вх}, \text{ В}$	$f_{0,7}, \text{ Гц}$	$\Delta f_{0,7} = f_{0,7} - f_0, \text{ Гц}$	$2\Delta f_{0,7}, \text{ Гц}$	$Q = f_0 / 2\Delta f_{0,7}$
4	1 000 018	42	84	11904,48
3,5	1 000 012	36	72	13888,55
3	1 000 011	35	70	14285,37
2,5	1 000 007	31	62	16128,65
2	1 000 004	28	56	17856,71
1,5	1 000 003	27	54	18518,07
1	999 999	23	46	21738,61
0,5	999 990	15	30	33332,53

В MathCAD был построен график зависимости добротности кварцевого резонатора от амплитуды напряжения на входе (рисунок 5). График зависимости полосы пропускания идентичен графику зависимости добротности.

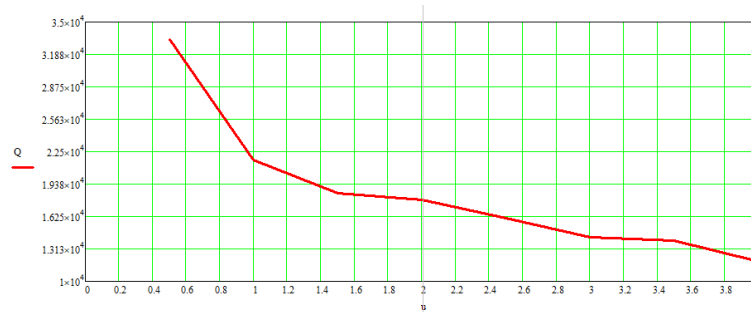


Рисунок 5. График зависимости добротности кварцевого резонатора от амплитуды напряжения на входе

При помощи степенного полинома была проведена аппроксимация данной кривой и получена математическая модель зависимости добротности кварцевого резонатора от амплитуды напряжения на входе (2). В качестве напряжения смещения было выбрано напряжение 2,25 В. Были составлены 8 уравнений. При помощи MathCAD была рассчитана система уравнений и найдены коэффициенты аппроксимации.

$$Q = 17260 - 3,58 \cdot 10^3 \cdot (u - 2,25) - 4,743 \cdot 10^3 \cdot (u - 2,25)^2 + 2,061 \cdot 10^3 \cdot (u - 2,25)^3 + 7,698 \cdot 10^3 \cdot (u - 2,25)^4 - 1,342 \cdot 10^3 \cdot (u - 2,25)^5 - 3,899 \cdot 10^3 \cdot (u - 2,25)^6 + 129,975 \cdot (u - 2,25)^7 + 678,345 \cdot (u - 2,25)^8 \quad (2)$$

Результат. Из проведённых экспериментальных исследований можно сделать вывод о том, что добротность кварцевого резонатора меняется в зависимости от приложенного к нему напряжения. Сравнив результаты всех восьми измерений, можно прийти к выводу, что с уменьшением напряжения, приложенного к кварцу, увеличивается добротность и сужается полоса пропускания, что имеет важное значение для решения поставленной задачи.

Полосовые фильтры на кварцевых резонаторах обладают достаточно узкой полосой пропускания. Поэтому если расположить N фильтров с близкими резонансными частотами, можно максимально быстро определить увеличение или же уменьшение частоты относительно частоты зондирующего сигнала, и соответственно, принять максимально быстро решение о направлении движения высокоскоростных летательных аппаратов.

Литература

- [1] Филатова С.Г. Радиотехнические системы: учебное пособие / С.Г. Филатова. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2018. – 119 с.
- [2] Хоменко И.В. Кварцевые резонаторы и генераторы: учеб. пособие/ И.В. Хоменко, А.В. Косых; Минобрнауки России, ОмГТУ. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2018. – 160 с.: ил.

DEVICE FOR QUICKLY DETERMINING THE DIRECTION OF MOVEMENT OF A HIGH-SPEED AIRCRAFT**Gasanova Sh. S., Gasanov A.R.**

Abstract. This paper discusses the criteria for determining the direction of motion of an aircraft. The necessity of fast determination of the direction of motion of a high-speed aircraft is shown. The possibility of constructing a device necessary to fulfill this task based on narrowband band pass filters on a quartz resonator is established. The frequency characteristics and goodness of the quartz resonator in the context of the problem to be solved are also investigated. The scheme of narrowband filter based on quartz resonator and the results of experimental studies are presented. The possibility of building a device for instantaneous determination of the direction of movement of aircraft based on a narrowband filter on the quartz resonator is unambiguously proved.

Keywords: narrowband filter, quartz resonator, quality factor, frequency response, radar station.



AVTOMATİK İLKİN MÖVQELƏŞDİRMƏ SİSTEMİNİN MODELLƏŞDİRİLMƏSİ

Bədəlov H.Y., Nəsimova G.H., Kərimli T.İ.

bedelovhuseyn995@gmail.com

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

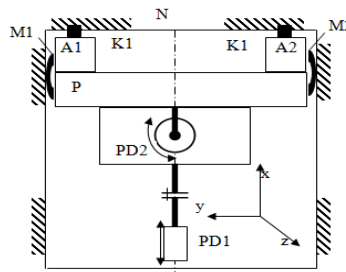
Xülasə. Verilmiş məqalədə uçuş aparalarının (UA) idarəetmə və ölçmə sistemlərində, xüsusilə akselerometrlerin və giroskopların ilkin mövqeləşdirmə sistemində, UA-nın harmonik siqnalların təsirinə dayanıqlığının avtomatik təmin edilməsi sistemində, UA-nın kütlə mərkəzinə avtomatik nəzarət sistemində tətbiqi nəzərdə tutulan girokopik qurğularla birgə və ayrılıqda fəaliyyət göstərən mikromexaniki pyezoelektrik akselerometrlerin bazasında əlavə əks-əlaqə qurğuları istifadə edilmədən avtomatik ilkin mövqeləşdirmə sisteminin (AİMS) mövqeləşdirilməsi məsələsi həll edilmişdir.

Açar sözlər: avtomatik ilkin mövqeləşdirmə sistemi, akselerometr, girokop, pyezoelektrik mühərrik, izləyici sistem, idarəetmə alqoritmi, MATLAB simulyasiyası, harmonik siqnallar, dayanıqlılıq, kalibrəlmə.

Giriş. UA-nın avtomatik idarəetmə sistemlərinin dəqiqliyi və etibarlığı bir sıra göstəricilərlə təyin edilir. Bu göstəricilərdən biri də ilkin informasiya mənbələrinin dəqiq quraşdırılmasıdır [1, 2, 3]. Daha çox dinamik yüklənmə şəraitində fəaliyyət göstərən UA-da ilkin mexaniki birləşmə və quraşdırma mövqeləri istismar prosesində pozulan akselerometr və giroskoplarda, hərəkətli və hərəkətsiz platforma üzərində quraşdırılan informasiya mənbələrində çox zaman tələb edən stend kalibrəşdirmə işləri aparmaq zərurəti yaranır.

Müxtəlif təyinatlı pilotlu və pilotsuz UA-nın ölçmə, nəzarət və idarəetmə məsələlərinin həllində təzyiq qəbuledicilərinin, vericilərin, akselerometr və giroskopların həssaslıq oxlarının UA-nın oxları ilə eyni istiqamətdə mövqeləşdirmə dəqiqliyinin artırılması aktual məsələlərdən hesab olunur [4, 5].

Təklif edilən Avtomatik ilkin mövqeləşdirmə sisteminin (AİMS)-in iş prinsipi aşağıdakı mərhələlərdən ibarətdir: kobud və dəqiq mövqeləşdirmə üzrə sazlanma [6, 7]. Kobud sazlanma zamanı P platformasının N gövdənin divarına X oxu üzrə yüksək sürətli yaxınlaşma ilə idarəetmə yerinə yetirilir və K1, K2 elektron kontaktlarının A1 və ya A2 akselerometrində üfüqi müstəvi üzrə xəta 1° bucaq təşkil edəndə işin 1-ci mərhələnin tamamlanması yerinə yetirilir. İkinci mərhələ olaraq daha dəqiq bucaq üzrə mövqeləşdirməni yerinə yetirmək üçün PD1 izləyici elektrik intiqalının şəbəkədən açılması və eyni zamanda PD2 mühərrikə malik dönmə intiqalın işə qoşulması yerinə yetirilir. A1, A2 akselerometrlerin çıxış siqnalları ikinci mərhələnin, yəni dəqiq sazlanmanın başlanması üçün zəruri şərtidir. Şəkil 1-də AİMS prinsipial sxemi və onun tərkib hissələri göstərilmişdir.

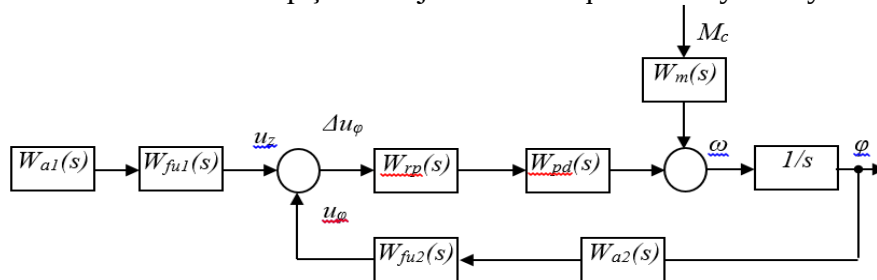


Şəkil 1. AİMS-nin prinsipial sxemi

A1, A2-pyezoelektrik akselerometrlər; K1, K2-akselerometrlərin elektron kontaktları, M1, M2-elektromaqnit tormozlar; P- hərəkətli platforma; PD1- yüksək sürətli izləyici elektrik intiqalı, PD2-aşağı sürətli pyezoelektrik intiqalı; N-hərəkətli obyektin xəyali gövdəsi.

Dəqiq sazlama mərhələsində PD2 reversiv mühərrikə malik döənən intiqal platforma ilə aşağı sürətlə sərt bərkidilmiş A1, A2 akselerometrlərinin yerləşdiyi P platformanı A1 və A2-nin çıxış siqnallarından müqayisə qurğusuna daxil olan siqnallar fərqi sıfır olana qədər Z oxu ətrafında saat əqrəbi və ya saat əqrəbinin əksi istiqamətində fırladır. Yəni, onların uzununa oxları kifayət qədər dəqiqliklə müəyyən olunmuş müstəviyə nəzərən üfüqi və ya perpendikulyar yerləşməklə, yan həssaslıq effektinə malik olmur.

İzləyici sistemin struktur sxemində AİMS-un döənən masasının pyezoelektrik mühərrikindən tapşırıq və bucaq vericisi funksiyasını tezlik siqnalını gərginliyə çevirən hər biri məxsusi diskriminatora qoşulmuş $W_{a1}(s)$, $W_{a2}(s)$ akselerometrlər yerinə yetirir (şəkil 2). Bununla belə, K1, K2 mexaniki kontaktlardan birinə toxunan akselerometr tapşırıq qurğusu kimi, digəri isə vəziyyətə görə əks-əlaqə dövrəsinə qoşulur. Akselerometrlərin belə qoşulma rejimini məntiq sxemləri yerinə yetirir.



Şəkil 2. AİMS döənən platformanın pyezoelektrik mühərrikli izləyici sisteminin struktur sxemi

$W_{pd}(s)$ ötürmə funksiyasına (ÖF) malik pyezoelektrik mühərrikli akselerometrlərin çıxış siqnalları fərqlərinin azalması istiqamətində fırlanacaq. $W_{rp}(s)$ ÖF-a malik tənzimləyici sürət xətlərini istisna etmək üçün aperiodik xarakteri təmin etməlidir.

Nümunəvi hesabat kimi, ilkin tədqiqatlar nəticəsində ədədi verilənlər istifadə edilmişdir: $K_0 = 1.1$, $K_y = 105$; $d_{13} = 2,31 \cdot 10^{-12}$ Kl/N; $\omega_0 = 100000$ rad/san; $\zeta_f = 0,175$; $C_0 = 1930$ pF; $R_e = 25$ Om; $m_0 = 0.05$; $m_k = 0,035$.

Aşağıdakı əmsal və parametrlər təyin edilmişdir:

$$K_n = K_y d_{33} = 2.42 \cdot 10^{-12} \text{ Kl/N}; K_0 = K_y d_{33} = 2.55; m_a = m_0 + 0,4 m_k = 0.65; T_0 = C_0 R_e = 0.0048; T_f = 0.001s;$$

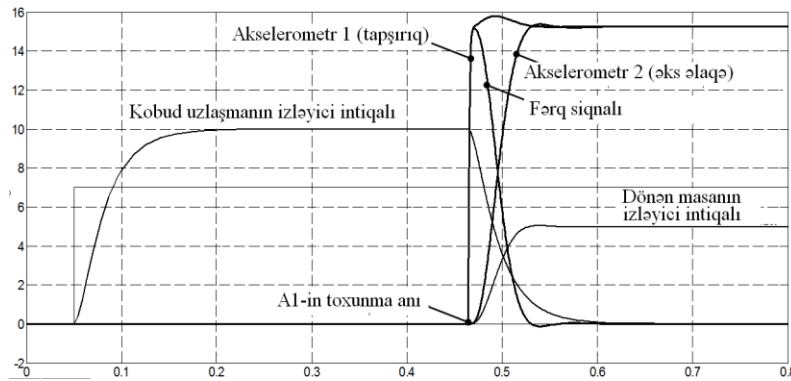
$$a_0 = 1 \cdot 10^{-12}; a_1 = 3.5 \cdot 10^{-7}; b_0 = 3.5 \cdot 10^7; c_0 = 2.98 \cdot 10^{-8}; c_1 = 0.6191 \cdot 10^{-4}; c_2 = 0.011477.$$

MATLAB Symbolic proqramı mühitindən istifadə etməklə pyezoelektrik mühərrikə malik izləyici sistemin struktur sxemi üçün Hurvis matrisi tərtib edilmiş və aşağıdakı ifadə alınmışdır:

$$2.83104 \cdot 10^{(-45)} y^6 x - 2.55302 \cdot 10^{(-46)} y^5 x^2 + 4.84613 \cdot 10^{(-47)} y^5 x - 9.00542 \cdot 10^{(-55)} y^4 x^3 - 2.4816 \cdot 10^{(-49)} y^4 x^2 + 1.90951 \cdot 10^{(-49)} y^4 x + 2.16898 \cdot 10^{(-70)} y^3 x^4 - 1.0756 \cdot 10^{(-60)} y^3 x^3 - 6.1075 \cdot 10^{(-53)} y^3 x^2 + 8.91194 \cdot 10^{(-53)} y^3 x - 1.43499 \cdot 10^{(-66)} y^2 x^3 - 3.20363 \cdot 10^{(-58)} y^2 x^2 + 4.71854 \cdot 10^{(-58)} y^2 x - 8.29888 \cdot 10^{(-73)} y x^3 - 1.65557 \cdot 10^{(-64)} y x^2 + 2.43226 \cdot 10^{(-64)} y x - 3.39835 \cdot 10^{(-79)} x^3 - 2.9877 \cdot 10^{(-70)} x^2 + 4.40495 \cdot 10^{(-70)} x.$$

MATLAB Symbolic mühitinin formatına uyğun gələn bu ifadədə iki məchul var: x (vəziyyət tənzimləyicisinin ötürmə əmsalı) və y (vəziyyət tənzimləyicisinin zaman sabiti). Sıfıra bərabər qəbul edib alınmış tənliyi həll etməklə, izləyici sistemin həmişə dayanıqlı vəziyyətə, lakin müxtəlif keçid proseslərə malik olduğu parametrlərin qiymətlərini təyin etmək olar (şəkil 3).

Həmçinin, rəqslər kompensatorundan istifadə etməklə UA-nın füzelyajının səthindəki həyəcanlandırıcı harmonik siqnalların təsirinə dayanıqlığı təmin edən avtomatik sistem qurulmuşdur.



Şəkil 3. AİMS idarəetmə sisteminin kompüter modelinin simulyasiyasından alınmış əyrilər

Nəticə. Təqdim edilən işdə əlavə əks-əlaqə qurğuları, stend kalibrleyici avadanlıqları tətbiq edilmədən avtomatik ilkin mövqələşdirmə sisteminin (AİMS) funksional sxemi qurulmuş, idarəetmə algoritmi işlənmiş və AİMS-in kompüter modeli tərtib edilmişdir. Yüksək sürətli keçid prosesinin reallaşması simulyasiya edilmişdir

Ədəbiyyat

- [1] BS ISO 5348:1998. Mechanical vibration and shock. mechanical mounting of accelerometers. <http://shop.bsigroup.com/ProductDetail/?pid=000000000001377010>
- [2] Рекомендации по выбору акселерометров в зависимости от применения http://www.radiant.su/files/images/endevco/Endevco_accelerometers.pdf
- [3] Характеристики акселерометров. <http://metrologu.ru/info/izmerenia/vibroizmerenia/6-harakteristiki-akselerometrov.html>.
- [4] Янчик В.В. Пьезоэлектрические датчики вибрационного и ударного ускорения: Учеб. Пособие. – Ростов-на-Дону, 2008.
- [5] А.С.Кулик, А.М.Суббота, О.В.Резникова. Эффективность избыточных систем стабилизации и ориентации космических аппаратов с двигателями-маховиками. Проектирование аэрокосмических летательных аппаратов. Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского, Украина. khai.edu.ua/csp/nauchportal/Arhiv/AKTT. KulSubb.pdf
- [6] Paşayev A.M., Qurbanov T.B., Nəbiyev R.N, Kərimli T.İ. Diferensial mikromexaniki vibrasiyalı akselerometr, Patent-ixtira İ20150063, Azərbaycan Respublikası, -2015.
- [7] Каримли Т.И. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Баку: Национальная академия авиации, - 2023.

MODELING OF AUTOMATIC POSITIONING SYSTEM

Badalov H.Y., Nasibova G.H., Karimli T.I.

Abstract. The article presents the application of gyroscopic devices, working together and separately, in control and measurement systems of aircraft (AC), especially in the system of initial positioning of accelerometers and gyroscopes, in the system of automatic provision of AC stability to the influence of harmonic signals, in the system of automatic control of the center of mass of UAV. The problem of positioning the system of automatic initial positioning without using additional feedback devices based on micromechanical piezoelectric accelerometers is solved.

Keywords: automatic initial positioning system, accelerometer, gyroscope, piezoelectric motor, tracking system, control algorithm, MATLAB simulation, harmonic signals, stability, calibration.



KOSMİK BAZALI GÜNƏŞ ENERJİSİ STANSİYALARI: BAXIŞ VƏ POTENSİAL TƏTBİQLƏR

Həsənov Ə.Ç., İsgəndərov İ.Ə.

asad.hasanovwork@gmail.com

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Məqalədə, Kosmosda Qurulan Günəş Enerjisi (KBGES) sistemlərinin yaradılmasının, bəşəriyyətin enerji ehtiyaclarını qarşılamaq üçün böyük potensiala malik olan inqilabi yanaşma olduğu göstərilmişdir. Göstərilmişdir ki, bu sistemlər atmosferik maneələr, hava şəraiti və gecə-gündüz dövrü kimi məhdudiyyətləri aradan qaldıra bilər. Bu məqalədə, KBGES sistemlərinin əsas komponentləri, faydaları, çətinlikləri və potensial tətbiqləri üzərində dayanaraq global enerji ehtiyaclarını qarşılamaq üçün onun əhəmiyyətini araşdırılmış və belə sistemin ilkin energetik hesabı aparılmışdır. Aparılmış hesablamalar nəticəsində, belə sistemin gələcəkdə reallaşdırılması imkanları və perspektivləri göstərilmişdir.

Açar sözlər: günəş enerjisi toplama, mikrodalğa enerjisi, lazer enerjisinin ötürülməsi, fotovoltaiq panellər, qəbul stansiyası, kosmik texnologiyalar.

Giriş. Enerji istehsalı insan sivilizasiyasının əsas prioritetlərindən biridir və davamlı enerji mənbələrinin axtarışı dünya miqyasında böyük maraqla qarşılanır. Bu kontekstdə Kosmosda Qurulan Günəş Enerjisi (KBGES) stansiyaları, atmosferik maneələrdən azad olan və fasiləsiz enerji istehsalı təmin edən bir texnologiya kimi diqqət mərkəzindədir. KBGES konsepsiyası Yerdəki günəş enerjisi sistemlərinin məhdudluqlarını üstələyir və global enerji ehtiyaclarını qarşılamaq üçün əvəzedilməz imkanlar yarada bilər.

Kosmosda Qurulan Günəş Enerjisi sistemləri həm texniki, həm iqtisadi və siyasi perspektivlərdən xüsusi çətinliklər daşıyır, amma eyni zamanda bu sistemlər bəşəriyyətin enerji strategiyalarını köklü şəkildə dəyişikliyə uğrada bilər. Bu məqalə KBGES texnologiyasının əsas prinsiplərini, faydalarını, çətinliklərini və potensial istifadə sahələrini təhlil edir. Məqsəd bu texnologiyanın bəşəriyyətin enerji ehtiyaclarına həlledici təsirlərini önə çıxarmaq və onun gələcək perspektivlərini araşdırmaqdan ibarətdir [3,4].

1. *KBGES konsepsiyası və komponentləri.* KBGES sistemləri sadə, lakin iddialı bir konsept üzərində qurulmuşdur: kosmosda günəş enerjisini toplamaq, onu enerji çevirməsi prosesindən keçirərək Yerüstü stansiyaya göndərmək.

Bu sistemin əsas komponentləri bunlardır:

- *günəş enerjisinin toplanması sistemi:* Geostasionar və ya alçaq orbitdə yerləşdirilmiş iri fotovoltaiq panellər fasiləsiz olaraq Günəş işığını toplamaq üçün istifadə edilir.

- *enerjinin çevrilməsi və ötürülməsi sistemi:* Toplanmış Günəş enerjisi mikrodalğalar və ya lazer şüaları halında Yerə göndərilir. Bu proses enerjinin uzun məsafələrə daha effektiv ötürülməsini təmin edir.

- *qəbuledici stansiya (Rektenna):* Yerə yerləşdirilmiş rektennalar göndərilmiş enerjini elektrik enerjisinə çevirər və onu enerji sisteminə daxil edir. Bu stansiyalar minimal səviyyədə ətraf mühitə veriləcək ziyanlı təsir ilə enerji özündə saxlamaq üçün dizayn edilir.

- *idarəetmə sistemləri:* KBGES stansiyalarının səmtləşdirilməsi, orbit və mövqedə optimal istifadəsini idarə edən qabaqcıl idarəetmə sistemləri məcburi şəkildə təmin edilməlidir.

2. *KBGES sistemlərinin faydaları, yaradılma problemləri və tətbiq sahələri.*

KBGES sistemləri adi enerji mənbələrinə və yerdəki günəş enerjisi sistemlərinə aşağıdakı müasir üstünlükləri təklif edir:

- Fasiləsiz enerji təminatı;

- Yüksək effektivlik;
- Qlobal enerji paylanması;
- Karbon emissiyalarını azaltmaq;
- Artan enerji tələbatını qarşılamaq;

Qarşıda dayanan problemlər və məhdudiyyətlər:

Bu potensiala baxmayaraq, KBGES bəzi texniki, iqtisadi və siyasi maneələrlə üzləşir:

- *yüksək başlanğıc mərhələ xərcləri*: Araşdırma, işə salma infrastrukturu və texnologiya üzərində çox böyük investisiya tələb edilir.
- *texnoloji maneələr*: Daha böyük inkişaf etmiş az kütləli materiallar, effektiv enerji dəyişiklikliyi texnologiyaları kimi sahələrə də yeniliklər lazımdır.
- *kosmik şərtlər*: Kosmosda artan tullantılar, KBGES stansiyaları üçün böyük təhdid təşkil edir.

Metodlar və təkliflər. KBGES sistemləri çox geniş tətbiq sahələrində istifadə oluna bilər:

1. qlobal enerji təminatı sahəsində;
2. təbii fəlakətlər zamanı;
3. yeni texnologiyalar üçün enerji alınmasında;
4. kosmik tədqiqatlar və kolonizasiya üçün.

Enerjinin çevrilməsi. Prosesin ilk mərhələsi günəş enerjisini toplamaq və onu günəş paneli və ya quraşdırılmış sistem vasitəsilə elektrik enerjisinə çevirməkdir. Günəş enerjisinin elektrik enerjisinə çevrilməsi üçün əsas düstur fotovoltak (PV) düstur ilə verilir:

$$P_{PV} = A \cdot G \cdot \eta \cdot \tau \cdot \frac{d}{dt} \left[\int_0^E E \cdot P(E) dE \right] \quad (1)$$

- P_{PV} : Elektrik güc çıxışı.
- A : Günəş panelinin sahəsi.
- G : Günəş hüceyrəsinin səmərəliliyi.
- η : Günəş hüceyrəsinin səmərəliliyi.
- τ : Optik ötürülmə səmərəliliyi.
- E : Fərdi fotonların enerjisi.
- $P(E)$: Enerji E -də olan foton axını.
- $\frac{d}{dt}$: Zaman törəməsi.

Toplanan elektrik enerjisi istifadə edilə bilən formaya çevrilməli və peyk birbaşa günəş işığında olmadıqda istifadə üçün saxlanmalıdır. Bunun üçün batareyalar və digər enerji saxlama qurğularından istifadə olunur. Saxlama sisteminin tutumu və çevirmə səmərəliliyi istifadə olunan spesifik texnologiya ilə müəyyən edilir və əlaqəli düsturlar vasitəsilə modelləşdirilə bilər.

Enerjinin lazerə çevrilməsi. Enerjinin Yerə ötürülməsi üçün gəmidə istehsal olunan elektrik enerjisi lazer şüasına çevrilir. Lazer şüasının çıxış gücü (P_{Laser}) lazer impulsunun intensivliyi (E) və impuls müddəti (t) ilə müəyyən edilir:

$$P_{Laser} = \frac{E}{t} \quad (2)$$

Bu çevirmə prosesinin səmərəliliyi istifadə olunan spesifik lazer texnologiyasından asılıdır və modelə daxil edilə bilər. Lazer şüası Yer atmosferindən keçdikdə udulma, səpələnmə və şüa divergensiyası kimi müxtəlif atmosfer təsirləri ilə qarşılaşır. Lazer şüasının mənbədən uzaqda (z) dinamik qanunları Beer-Lambert qanunu ilə ifadə oluna bilər:

$$I(z) = I_0 \cdot e^{-\alpha z} \quad (3)$$

Burada:

- $I(z)$: Uzaqlıq z -də lazer şüasının intensivliyi,
- I_0 : Başlanğıc intensivlik,
- α : Atmosferdə udulma və səpələnməni nəzərə alan zəifləmə əmsəlidir.

Yerüstü qəbuledici və fotovoltak çevrilmə. Yerüstü müştəri bazası KBGES-nin vacib bir hissəsidir.

O, kosmosdan lazer enerjisini qəbul edir və fotovoltaiq (PV) hüceyrələr vasitəsilə onu elektrik enerjisinə çevirir. Ətraflı izah belədir:

Fotovoltaiq çevrilmə: Qəbuledicinin əsas komponenti yüksək səmərəli fotovoltaiq hüceyrədir və bu hüceyrələr daxil olan lazer enerjisini effektiv şəkildə elektrik enerjisinə çevirmək üçün hazırlanmışdır. Bu hüceyrələrin səmərəliliyi (η_{PV}) onların fiziki qatlarının keyfiyyətindən və səth dizaynından asılıdır. Bu, Shockley-Queisser həddi və spesifik materiallar üçün digər əlaqəli düsturlar vasitəsilə modelləşdirilə bilər.

İzləmə və optika: Maksimum enerji qənaəti üçün qəbuledici qabaqcıl izləmə sistemləri və optikalarla təchiz olunmalıdır. Günəş izləmə sistemi qəbuledicinin geosinxron orbitdə hərəkət edən peykdən gələn lazer şüası ilə uyğunlaşmasını təmin edir. Optikalar gələn lazer şüasını PV hüceyrələrinə fokuslamaq üçün istifadə edilə bilər ki, bu da enerjinin qəbul olunma səmərəliliyini artırır.

Enerjinin saxlanması: PV hüceyrələr tərəfindən istehsal olunan elektrik enerjisi adətən batareyalar və ya superkondensatorlar kimi enerji saxlama sistemlərinə yönəldilir. Bu saxlama qurğuları güclü lazerlər tərəfindən istehsal olunan artıq enerjini saxlayır və azaldılmış lazer gücü və ya gecə vaxtı istifadə üçün hazır saxlayır.

Fotovoltaiq hüceyrələrin səmərəliliyi Shockley-Queisser həddi ilə modelləşdirilə bilər:

$$\eta_{PV} = \frac{J_{sc} \cdot V_{oc} - P_m}{J_{sc} \cdot V_{oc}} \quad (4)$$

a. Enerji saxlanması (Batareya):

Batareyanın doldurulma vəziyyəti (SOC) aşağıdakı düsturla modelləşdirilə bilər:

$$SOC = \frac{Q_{stored}}{Q_{total}} \quad (5)$$

Burada:

- SOC: Batareyanın doldurulma vəziyyəti,
- Q_{stored} : Batareyada saxlanılan enerji,
- Q_{total} : Batareyanın ümumi enerji tutumu.

b. Güc çeviricisinin səmərəliliyi:

Güc çeviricisinin ($\eta_{inverter}$) səmərəliliyi aşağıdakı düsturla modelləşdirilə bilər:

$$\eta_{inverter} = \frac{P_{AC, out}}{P_{DC, in}} \quad (6)$$

Burada:

- $P_{AC, out}$: AC çıxış gücü,
- $P_{DC, in}$: DC giriş gücü.

c. Enerji ötürülməsi və paylanma itkiləri:

Enerji ötürülməsi və paylanması zamanı itkilər adətən ötürülən ümumi enerjinin faizlə göstərilən hissəsi kimi modelləşdirilir. Verilən gücü ($P_{delivered}$) hesablamaq üçün düstur belədir:

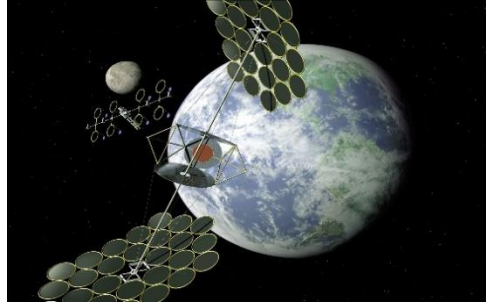
$$P_{delivered} = P_{generated} \cdot (1 - \text{loss percentage}) \quad (7)$$

Bu düsturlar KBGES-nin enerjinin qəbul edilməsi, saxlanması və paylanması mərhələlərini modelləşdirmək üçün istifadə edilir. Texniki itkilərin bəzi səbəbləri aşağıdakılardır:

- Uzun paylama xətləri
- Keçirici naqillərin kifayət qədər ölçüdə olmaması
- Paylama transformatorlarının yükləmə mərkəzlərindən uzaqda quraşdırılması
- Fazalar arasında qeyri-bərabər yük paylanması
- Güc itkisi və sızmalar
- Xətlərin həddindən artıq yüklənməsi
- Normal olmayan iş şəraiti

EPRI tərəfindən görülmə işlərə və digər sənaye tədqiqatlarının icmallarına əsasən, elektrik itkisini həm ötürmə, həm də paylama sistemlərində edilən təkmilləşdirmələrlə azaltmaq mümkündür. Bu sistem

təkmilləşdirmələri üçün tələb olunan xərclərin əsaslandırılması üçün ümumi və ya spesifik vəziyyətə uyğun dəyər/fayda analizi tələb olunur.



Şəkil 1. Kosmik bazalı günəş enerjisi sisteminin teorik modeli

İlkin hesablamalar. Bu məqalədə göstərilən bütün düsturlara əsasən, KBGES sisteminin müəyyən real sənaye dəyərlərini hesablaya bilərik.

Günəş enerjisinin tutulması:

- Günəş panelinin sahəsi (A): 50 m^2 (GEO peykləri üçün tez-tez istifadə olunan böyük bir dəyər).
- Günəş şüalanması (G): Geosinxron orbit yüksəkliklərində təqribən 1360 W/m^2 .
- Günəş hüceyrələrinin səmərəliliyi (η): İnkişaf etmiş kosmik günəş hüceyrələri üçün təqribən 25%.
- Optik ötürmə səmərəliliyi (τ): Kosmos əsaslı sistemlər üçün adətən çox yüksək, təqribən 98%.

Aşağıdakı düsturdan istifadə edərək, günəş panelləri ilə istehsal olunan gücü hesablayaq:

$$P_{PV} = A \cdot G \cdot \eta \cdot \tau \quad (8)$$

$$P_{PV} = 50 \text{ m}^2 \cdot 1360 \text{ W/m}^2 \cdot 0.25 \cdot 0.98$$

Hesablama:

$$P_{PV} = 50 \text{ m}^2 \cdot 1360 \text{ W/m}^2 \cdot 0.25 \cdot 0.98 \approx 16,720 \text{ W or } 16.72 \text{ kilvatt (kV)}.$$

Beləliklə, 50 m^2 sahəli günəş panelli GEO peyki təxminən 16.72 kVt gücündə günəş enerjisi istehsal edə bilər.

Gələcək perspektivlər. Bir çox dövlətlər və təşkilatlar KBGES texnologiyalarını araşdırmaq və işə salmaq üçün çalışır. Məsələn, Yaponiyanın JAXA proqramı və Birləşmiş Ştatların SSPIDR proqramı bu sahədə irəliləyişə nail olmaqda önəmli rola malikdir. Eyni zamanda, kosmik texnologiyalardakı tərəqqi, təkrar istifadə edilə bilən daşıyıcılar və avtomatik idarə etmə sistemləri KBGES stansiyalarının maddi dəyərini azaltmaq üçün əsas yer tuturlar. Beynəlxalq əməkdaşlıq texnoloji maneələrin öhdəsindən gəlmək üçün bu tip inqilabi missiyalar üçün çox vacibdir.

Nəticə. Tədqiqatlar nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, Kosmosda Qurulan Günəş Enerjisi Stansiyaları dünyanın enerji ehtiyaclarına işıq saçıran inqilabi bir həll yolu təklif edir. Belə sistem Günəş enerjisini dünyaya inteqrasiya edərək, KBGES davam edən enerji çətinliyini qaldırmaq üçün məqsədli çox yönlü perspektivlər yaradır. Müəyyən olunmuşdur ki, bu sistemlər atmosferik maneələr, hava şəraiti və gecə-gündüz dövrü kimi məhdudiyyətləri aradan qaldıra bilər. KBGES sistemlərinin əsas komponentləri, faydaları, çətinlikləri və potensial tətbiqləri üzərində dayanaraq qlobal enerji ehtiyaclarını qarşılamaq üçün onun əhəmiyyətini araşdırılmış, belə sistemin ilkin energetik hesabı aparılmış və belə sistemin gələcəkdə reallaşdırılması imkanları müəyyənləşdirilmişdir.

Ədəbiyyat

[1] NASA's Space-Based Solar Power Report. This comprehensive study evaluates the potential benefits, challenges, and options for NASA's engagement with KBGES. <https://ntrs.nasa.gov/citations/20230018600>

- [2] "Space-Based Solar Power" – Wikipedia an extensive overview of KBGES, including its history, technological aspects, and current developments. https://en.wikipedia.org/wiki/Space-based_solar_power
- [3] Survey of Space-Based Solar Power (KBGES). A detailed survey discussing various KBGES concepts and their potential applications. <https://nss.org/wp-content/uploads/2024-Survey-of-Space-Based-Solar-Power-Virtus-Solis.pdf>
- [4] "Space-Based Solar Power: Addressing Fundamental Challenges towards Wireless Power Transmission". This paper focuses on the challenges and solutions related to wireless power transmission in KBGES systems. <https://ieeexplore.ieee.org/document/10374466>
- [5] "A Lightweight Space-based Solar Power Generation and Transmission Satellite". This research proposes a novel design for a lightweight, high-performance KBGES satellite. <https://arxiv.org/abs/2206.08373>

SPACE-BASED SOLAR POWER STATIONS: OVERVIEW AND POTENTIAL APPLICATIONS

Hasanov A.C., Isgandarov I.A.

Abstract. The article highlights that the development of Space-Based Solar Power (SBSP) systems represents a revolutionary approach with great potential to meet humanity's energy needs. It is demonstrated that these systems can overcome limitations such as atmospheric interference, weather conditions, and the day-night cycle. This study examines the key components, benefits, challenges, and potential applications of SBSP systems, emphasizing their significance in addressing global energy demands. Additionally, an initial energy assessment of such a system has been conducted. The calculations indicate the feasibility and future prospects of implementing such a system.

Keywords. solar energy collection, microwave energy, laser power transmission, photovoltaic panels, receiving station, space technologies.

**NEO REJİMİ VƏ TAWS SİSTEMLƏRİNİN MATLAB İLƏ SİMULYASIYASI
VƏ ANALİZİ****Ramazanov R.A., İsgəndərov İ.Ə.**mrramazanov99@gmail.com*Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan*

Xülasə. Bu məqalə Yer səthinə yaxın uçuş (Nap-of-the-Earth, NOE) rejimi üçün optimallaşdırma metodunu təqdim edir. Yer səthinə yaxın uçuş (NOE) rejimi ən həyəcanlı, ən təhlükəli və adətən ən yavaş rejim hesab olunur. Bu rejim hərbi təyyarələr tərəfindən yüksək təhlükəli mühitdə düşmən aşkarlanmasından və hücumundan qaçmaq üçün istifadə edilir. NOE rejimi yerdə yerləşən radar, hədəflər və idarəetmə sistemi tərəfindən aşkarlanmanı minimuma endirmək üçün istifadə olunur. NOE uçuşlarında uçuş zamanı maneələri aşkar etmək üçün radar hündürlükölçən və ya ərazini izləyən radar sistemi, ərazi məlumatlandırma və xəbərdarlıq sistemi (TAWS) istifadə olunur.

Burada, təyyarə Yer səthinə yaxın uçuş rejimində olduğu zaman, sürət və yüksəklik əvvəlcədən təyin edildiyi kimi aşağı olmalıdır. Bununla yanaşı, TAWS-ın fərqli rejimləri, rejim seçiminin izahı və TAWS sistemindəki inkişafılar ətraflı şəkildə açıqlanır. Bu məqalədə TAWS rejimlərinin bəziləri üçün MATLAB proqramlaşdırılması həyata keçirilmiş və relyefin çətinlik səviyyəsi üçün uçuş trayektoriyası simulyasiya olunmuşdur. Təyyarənin “rejim 2” əsasında yaxınlaşma sürəti də hesablanmışdır.

Açar sözlər: təhlükəli yaxınlaşma, CFIT, TAWS, yer səthinə yaxın uçuş, radar sistemi, optimallaşdırma metodu.

Giriş. Təkmilləşdirilmiş Yerə yaxınlaşmanı xəbərdarlıq sistemləri (EGPWS) çoxlu sayda hava gəmilərində quraşdırılmışdır. Bu sistemlər uçuş tarixi məlumatlarını enerji tələb etməyən flash yaddaşda saxlayır. Bu məlumatların saxlanması ilk məqsədi operatorlara və EGPWS istehsalçısına sistem və ya ərazi verilənlər bazası problemlərini gələcəkdə aradan qaldırmaqda kömək etməkdir. Ənənəvi GPWS sisteminin “kor” nöqtəsi var. Relyefdə sərt yamac kimi kəskin dəyişiklik olarsa, GPWS yayınma hərəkəti üçün çox gec olana qədər təyyarənin bağlanma sürətini aşkar edə bilməyəcək. Təyyarənin naviqasiya mövqeyi Yer relyefinin və maneələrin məlumat bazası ilə müqayisə edilir. EGPWS və ya ümumiyyətlə TAWS sistemləri GPWS-dən fərqli olaraq, sıldırım qalxan yer və uçuş istiqamətindəki maneələr (təpəlik, dağlıq və s.) barədə əvvəlcədən xəbərdarlıq etmək və həmçinin xəbərdarlıq etmə sahəsini az qala UEZ həddinə qədər genişləndirmək imkanlarına malikdirlər.

Son illər, Yer səthinə yaxın uçuş (Nap-of-the-Earth, NOE) rejimi üçün optimallaşdırma metodunun istifadə olunmasının xüsusi diqqət yetirilir. Yer səthinə yaxın uçuş (NOE) rejimi ən həyəcanlı, ən təhlükəli və adətən ən yavaş rejim hesab olunur. Bu rejim hərbi təyyarələr tərəfindən yüksək təhlükəli mühitdə düşmən aşkarlanmasından və hücumundan qaçmaq üçün istifadə edilir. NOE rejimi yerdə yerləşən radar, hədəflər və idarəetmə sistemi tərəfindən aşkarlanmanı minimuma endirmək üçün istifadə olunur. NOE uçuşlarında uçuş zamanı maneələri aşkar etmək üçün radar hündürlükölçən və ya ərazini izləyən radar sistemi, ərazi məlumatlandırma və xəbərdarlıq sistemi (TAWS) istifadə olunur. Təyyarələrdə tətbiq olunan radiöhündürlükölçənlərin ölçmə dəqiqliyi 1-2m olduğundan, bir çox ərazilərdə, aşağı hündürlüklər üçün dəqiqliyin daha yüksək olması ehtiyacı yaranır. Bu baxımdan yeni tip məsafəölçənlərin (lazer, infraqırmızı, ultrasəs və videokamera əsaslı) tətbiqi xüsusi maraq kəsb edir.

Burada, təyyarə Yer səthinə yaxın uçuş rejimində olduğu zaman, sürət və yüksəklik əvvəlcədən təyin edildiyi kimi aşağı olmalıdır. Bununla yanaşı, TAWS-ın fərqli rejimləri, rejim seçiminin izahı və TAWS sistemindəki inkişafılar ətraflı şəkildə açıqlanır. Bu məqalədə TAWS rejimlərinin bəziləri üçün MATLAB proqramlaşdırılması həyata keçirilmiş və relyefin çətinlik səviyyəsi üçün uçuş trayektoriyası simulyasiya olunmuşdur. Təyyarənin “rejim 2” əsasında yaxınlaşma sürəti də hesablanmışdır.

Metodlar. Şəkil 1-də yer səthinə yaxın uçuş əməliyyatı göstərilir. Burada təyyarənin yüksək səviyyəli və aşağı səviyyəli uçuş yolları təsvir edilmişdir. Yüksək səviyyəli uçuş yolu bazadakı radar sistemi tərəfindən müəyyən edilir, aşağı səviyyəli uçuş yolu isə radardan yayınaraq həyata keçirilən və NOE uçuş texnikası adlanan yoldur. Bu uçuş texnikası relyeflə toqquşmadan yayınmaq üçün öz xüsusi uçuş yoluna malikdir.

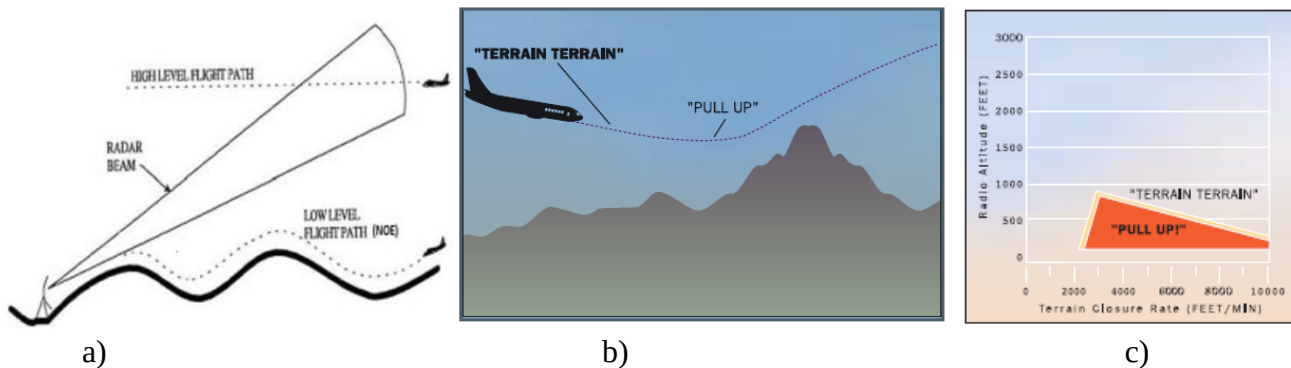
NOE uçuşlarında maneələrin aşkarlanması iki növ olur:

1. Passiv sensorlardan istifadə edərək maneələrin aşkarlanması
2. Aktiv sensorlardan istifadə edərək maneələrin aşkarlanması

1) *Passiv sensor* - Yer səthinin və atmosferinin tərkib hissələri tərəfindən yaradılan təbii emissiyaları qəbul etmək və ölçmək üçün nəzərdə tutulmuş mikrodalğa cihazıdır. Passiv sensorlar tərəfindən ölçülən güc Yer səthinin tərkibi, fiziki temperaturu, səthin kobudluğu və digər fiziki xüsusiyyətlərindən asılıdır.

Passiv sensor ölçmələri üçün Radio Tezlik (RF) diapazonları ölçülən maddənin sabit fiziki xüsusiyyətləri (molekulyar rezonans) ilə müəyyən edilir. Bu tezliklər dəyişmir və məlumatlar digər tezlik diapazonlarında təkrarlana bilməz. Passiv sensorlar çox aşağı gücə malik emissiyaları aşkar edən radioastronomiya cihazları əsasında modelləşdirilmişdir.

Kosmik mənşəli passiv sensorlar Yer və atmosfer haqqında hər cür hava şəraitində, gündüz və gecə qlobal müşahidələr aparmaq imkanını təmin edir. Bu kosmik mənşəli passiv sensorlar Yer Tədqiqat-Peyk Xidməti və ya Kosmik Tədqiqat Xidməti üçün ayrılmış tezlik diapazonlarında fəaliyyət göstərir.



Şəkil 1. yer səthinə yaxın uçuş

2) *Aktiv sensor* - Yer səthindən və ya atmosferindən əks olunan, sinan və ya səpələnən siqnalları ölçmək üçün istifadə olunan radar cihazıdır. Kosmik mənşəli aktiv sensorlar meteorologiya və Yer səthinin, eləcə də atmosferin müşahidəsi ilə bağlı müxtəlif tətbiqlərə malikdir.

Məsələn, meteoradamların xüsusi növləri olan yağıntı radarları Yer səthində yağıntı sürətini müəyyən etmək üçün yağıntıdan əks olunan, bulud profili radarları isə Yer səthi üzərindəki buludların üçölçülü əkslik profilini təmin etmək üçün buludlardan əks olunan siqnalları təhlil edərək uyğun məlumatı verir.

Kosmik mənşəli aktiv sensorlar Yer Tədqiqat-Peyk Xidməti və ya Kosmik Tədqiqat Xidməti çərçivəsində fəaliyyət göstərir. Aktiv sensorların tezlik diapazonu çox vaxt digər radarlarla paylaşılır, çünki bu cür sistemlər adətən sensorların iş prinsipləri ilə uyğun gəlir.

Radio hündürlükölçən. Radar, su və digər əks etdirici səthlərdən əks olunan yüksək güclü impuls yayır. Radio hündürlükölçən isə ötürülən və qəbul edilən siqnallar arasındakı zaman gecikməsindən istifadə edərək yağıntılara və ya yer hədəflərinə olan məsafəni müəyyən edir. Radar hədəfləri təxminən 300 mil məsafəyə qədər göstərir (bu modeldən asılı olaraq dəyişə bilər).

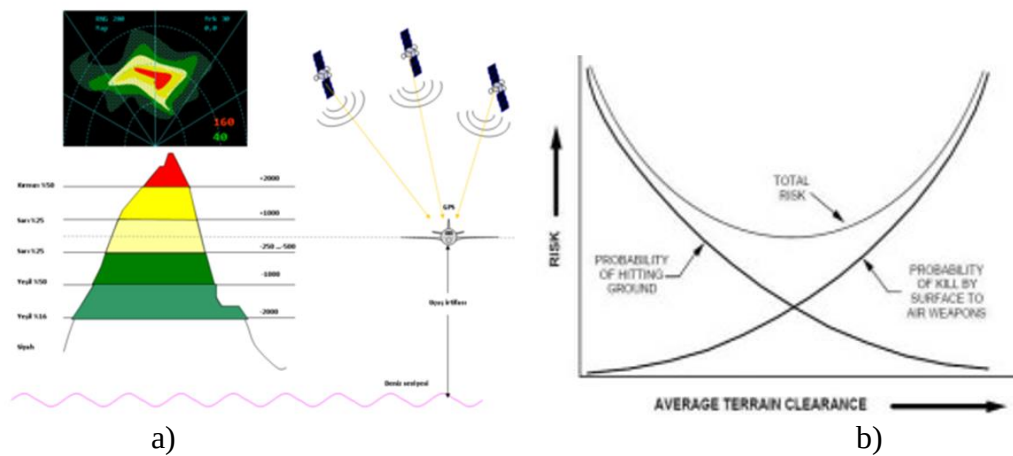
Radiohündürlükölçən 4 GHz tezlikdə FM modulyasiyalı davamlı dalğalı siqnal yayır. Ötürülən siqnal və əks olunan qəbul edilmiş siqnal arasındakı tezlik fasiləsiz şəkildə izlənilir və emal edilir ki, bu

da ərazidən olan yüksəliyi göstərir. Əsasən, 0-dan 2500 futa qədər və daha çox olan məsafələri göstərmək üçün nəzərdə tutulub. Təyyarə 2500 futdan yuxarı hündürlükdə olduqda, radio altimetr aktiv olmur.

Radiohündürlükölçənlərin antenalarının quraşdırılması çox kritikdir. Onların yerləşdirilməsi və hətta kabel uzunluğu nəzərə alınmalıdır. Radio hündürlükölçən texnologiyası hərbi tətbiqlərdə, xüsusən də helikopterlər və digər aşağı hündürlükdə uçan vasitələr arasında radar aşkarlanmasından yayınmaq üçün geniş istifadə olunur. Bundan əlavə, o, relyef təqib radarı sisteminin bir komponenti kimi də xidmət edir və vasitəyə müxtəlif relyef üzərində yüksək sürətlə uçmağa imkan verir.

Ərazi izləmə radarı. Ərazi izləmə radarı təyyarənin yer səviyyəsinə nisbətən nisbətən sabit bir hündürlükdə avtomatik uçmasını təmin edən aerokosmik texnologiyadır. Bu sistem ərazi məlumatlandırma və xəbərdarlıq Sisteminə (TAWS) əsaslanır və "yerə yaxın uçuş" və ya "ərazi yaxın uçuş" adlanır. O, Yerə Yaxınlıq Xəbərdarlıq Sisteminə (GPWS) bənzəyir.

Şəkil 2-də ərazi izləmə radarının əsas məqsədləri göstərilir. Risk və ərazidən orta təmizlənmə qrafik şəklində təsvir olunub. Bu, ümumi risk dəyərini müəyyən etməyə kömək edir.



Şəkil 2. Ərazi izləmə radarının skanlanması qrafikləri

Ərazi izləmə radarı ilə skanlama sistemi. Bu sistemi təyyarənin qarşısındakı hava məkanını skanlayaraq həm hündürlük, həm də azimut üzrə şaquli skan həyata keçirir.

Bu tip skanlamada üfüq şaquli skanların ortasında yerləşir və nəticədə məlumat kəsiyi təyyarənin sol və sağ tərəfində, həmçinin yuxarı və aşağı hissəsində yaranır. Bu skanlama ilə əldə edilən bütün yer əks-sədələri toplanır və ölçülür. Skanlama nümunəsi təyyarənin uçuş yolundan ərazi skanlayarkən hava məkanını necə analiz etdiyini göstərir.

Ərazi izləmə radarının alqoritmi. Ərazi izləmə radarının həyata keçirilməsi üçün bir neçə yanaşma mövcuddur. Tipik ərazi izləmə radar alqoritməri bunlardır: şablon, bucaq, irəliləmiş aşağı hündürlük və yol izləmə alqoritməri.

Şablon alqoritmi. Radar təyyarənin qarşısındakı boşluğu skan edərkən, görülə bilən bütün ərazini izləyir. Əksolunmalar toplandıqca, məsafə və bucaq toplanır və yadda saxlanılır. Əgər ərazi və ya digəri şablon xəttini keçərsə, təyyarənin qarşısındakı məsafəyə nisbətən yüksəliş əmri verilir. Ərazi şablon xəttinikeçdikdə, pilotun istədiyi orijinal işçi məsafəyə qayıtmaq üçün eniş əmri verilir.

Bucaq alqoritmi. Şablon alqoritmənin üzərində aparılan əlavə işlər nəticəsində bucaq modeli yaradılır. Bu metod, həmin dövrdəki analoq sistemlərə uyğun olan bucaqların cəmlərindən istifadə edir ki, bu da rəqəmsal hesablama texnologiyasından əvvəlki dövrlərə aiddir. Bu metodda şəkildən aşağı xətt təyyarənin arzu olunan təmizləmə məsafəsini təmsil edir. Şəkildəki β antenanın skan bucağını, θ isə təyyarənin tanqaj bucağını göstərir. Bu bucaqlar birləşdirildikdə, obyektə olan bucaq əldə edilir.

İrəliləmiş aşağı hündürlük algoritmi. Bu metod rəqəmsal hesablama dövrünün başlanğıcında inkişaf etdirilmişdir. Əsas metod, parabola hesablaması aparmaqdır, burada törəmə alınaraq qalxmanın zirvəsində, yəni arzu olunan hüdud hündürlüyündə sıfır meyl əldə edilir.

Bu metodun hesablama prosesi tək relyef nöqtələrinə əsaslanır və təyyarə zirvəyə yaxınlaşdıqca davamlı olaraq hesablanır. Bu metod kompleks hesablama metodlarından, o cümlədən kvadrat kök funksiyalarından istifadə edərək parabolaları hesablamaq üçün istifadə edir.

Yol izləmə algoritmi. Bu metod, digərləri ilə müqayisədə daha mürəkkəb hesablamalar tələb edir. Bu metodda uçuş yolu relyef kimi qəbul edilir və təyyarə maneənin üzərindən keçərkən ofsetləri düzəldərək izlənilir. Bunu həyata keçirmək üçün çox sayda relyef nöqtəsi toplanır və hesablama daim yenilənir.

Ərazi məlumatlandırma və xəbərdarlıq sistemi (TAWS). TAWS, GPS mövqeləndirmə və relyeflə əlaqəli məlumatlar bazasından istifadə edərək gələcəkdə qarşıya çıxacaq relyef və maneələri dəqiq şəkildə proqnozlaşdırmağa kömək edir. Təyyarə heyətinə verilən xəbərdarlıqlar həm səsli, həm də vizual şəkildə olur, pilotu müəyyən bir hərəkət etməyə yönləndir. TAWS, GPS və ərazi/maneə məlumatları bazasına əsaslandığı üçün proqnozlaşdırma, təyyarənin mövqeyi və təyyarənin gələcəkdəki mövqeyinə əsaslanır. Bu sistem zaman əsaslıdır və buna görə də təyyarənin performansını və sürətini nəzərə alır.

Əvvəlcə yalnız radio hündürlükölçəndən alınan məlumatlara əsaslanan GPWS ilə müqayisədə, TAWS təyyarənin real mövqeyini və təyyarə ilə ərazi arasındakı əlaqəni müəyyən edir. Bu real mövqe, ya daxili GPS ilə, ya da digər yerləşdirmə texnologiyaları ilə təyin edilir. TAWS, rəqəmsal yüksəklik məlumatları və təyyarənin cihaz ölçülərindən istifadə edərək, təyyarənin yerə təmas edə biləcək gələcək mövqeyini qabaqcadan müəyyən edir. Beləliklə, heyətə daha əvvəl xəbərdarlıqlar verilir: həm səsli, həm də vizual.

Hündürlük dəqiqliyi. TAWS-nın nəzərdə tutulan funksiyasını yerinə yetirməsinə mane ola biləcək temperatur səfləri və ya əl ilə düzəliş səflərindən təsirlənməyən MSL (Orta Dəniz Səviyyəsi) təyyarə hündürlüyü dəyərinin hesablanması üçün bir vasitə təmin edilməlidir. Əgər TAWS sistemində relyef görüntüləmə çıxışı mövcuddursa, TAWS xəbərdarlıqları üçün istifadə olunan bu istinad hündürlüyü də görüntü üçün çıxışa təqdim edilməlidir. Hündürlük dəyəri GPS-lə əldə edilən MSL hündürlüyünə əsaslandığından və bu, bütün B və C sinif TAWS üçün üfüqi mövqe üçün tələb olunduğundan, görüntülənən dəyər MSL/G və ya MSL-G kimi etikətlənməli və ya pilot üçün hündürlüyün GPS-dən əldə edilən MSL hündürlüyü olduğunu açıqlayan digər aydın bir qısaltma ilə göstərilməlidir.

Problemin təsviri. Bu hissədə, TAWS rejimi üçün MATLAB proqramı və onun təsviri izah edilmişdir. Burada, 2-ci rejim üçün "Həddindən artıq relyef yaxınlaşma sürətinin" təyini proqramlaşdırılmış və nəticə əldə edilmişdir. Bu proqram hündürlüyün ölçülməsi üçün istifadə olunan formul əsasında yaradılmışdır. Müxtəlif hündürlük şərtləri üçün təsadüfi təzyiq dəyərləri istifadə olunmuşdur.

MATLAB-da proqramlaşdırma. 2-ci rejim üçün proqram: həddindən artıq relyef yaxınlaşma sürəti. Hündürlük ölçmə formulu, problem təsvirində qeyd edildiyi kimi, bu iş rejimini həll etmək üçün istifadə olunur.

$$Z = \left[\frac{RT}{gM} \right] (\ln P_0 - \ln P)$$

Burada, 2-ci rejim əməliyyatlarında 'z' dəyəri 2500 futdan yüksək olduqda "No Warning" mesajı göstəriləcək. Əgər bu dəyər 2500 fut və ya daha aşağıya düşərsə, "Terrain Terrain" mesajı göstəriləcək və 1500 futa enərsə, "PULL UP" mesajı göstəriləcək.

Excessive Closure Rate Simulyasiyası proqramı. Bu Excessive Closure Rate simulyasiyasında biz təyyarənin yolunda təpəyə toqquşmadan hərəkət etməsini simulyasiya edəcəyik və təpə ilə təhlükəsizlik sisteminin (Mode 2) qaydalarına əsasən xəbərdarlıq ediləcək. Mode 2, təyyarə heyətini sürətlə yüksələn təpə ilə bağlanan təyyarə ilə əlaqədar həddindən artıq bağlanma sürəti ilə xəbərdar edir.

Nəticə. Bu məqalədə, sensorlar istifadə edərək Yer səviyyəsində uçuş əməliyyatı üçün optimallaşdırma metodu təqdim edilir. Yer səviyyəsində uçuş əməliyyatında, əgər dərin baxış aparılırsa, TAWS istifadə edərək təyyarənin yerlə və ya maneələrlə toqquşmalarının əhəmiyyətli dərəcədə azalması təmin oluna bilər.

Lakin TAWS fəaliyyət göstərməsi üçün bortda skanlayıcı radar olmalıdır, yaxud baza landşaft məlumatları ilə GPS məlumatları müqayisə olunaraq, təyyarənin yerə və maneələrə nəzərən mövqeyi müəyyənləşdirilməlidir. GPS məlumatlarına əsaslanan rejim qeyri-avtonom (asılı) naviqasiya halı olduğundan, həm də müəyyən xətlər malik olduğundan, yer səthinə daha yaxın hallarda istifadəsi təhlükələr yarada bilər. Ona görə də, yeni (lazer, infraqırmızı, ultrasəs və videokamera əsaslı) sistemlərin qurulması və mövcud olanların təkmilləşdirilməsi, Yer səviyyəsində uçuş əməliyyatlarında və ya aşağı hündürlükdə uçuş zamanı qəzaların qarşısını ala bilər. Buna görə, pilotların aşağı hündürlükdə uçuş etmələri və müasir avadanlıqlardan istifadə etmələri üçün düzgün təlim almaları da vacibdir. Bu məqalədə, ərazi ilə məlumatlandırma və xəbərdarlıq sistemi (TAWS) təhlükəsiz uçuş əməliyyatları üçün seçilmişdir. Əlavə olaraq, TAWS əməliyyatının müxtəlif rejimləri (mode) və TAWS-də rejimin (mode) seçiminin izahı detallı şəkildə təhlil edilmişdir. MATLAB proqramlaşdırması TAWS əməliyyatının bir rejiminə tətbiq edilmiş və uçuş yolunun simulyasiyası, Mode 2 əməliyyatında yüksək təpə bağlanma sürətinə əsaslanaraq müəyyən edilmiş və Yer səviyyəsində uçuşlar üçün həll yolları əldə edilmişdir.

Ədəbiyyat

- [1] Helicopters at War - Blitz Editions, Bookmart Limited, 1996
- [2] Proceedings of the IEEE 1979 National Aerospace and Electronics Conference NAECON 1979. IEEE. Part III, 1979
- [3] System for Obstacle Detection During Rotorcraft Low Altitude Flight – by B. Bhanu, S. Das, B. Roberts, D. Duncan
- [4] Radar/ Radio 2013flight Instruments and Radio Navigational Aids- Radar/ Radio Altimeter by Bilal Ahmad (Nov, 2013).
- [5] CS-ETSO/Amendment 2 - Change Information - EASA -(Oct 24, 2003).

RESEARCH ON NEW METHODS AND TOOLS FOR PREVENTING AIRCRAFT PROXIMITY TO GROUND HAZARDS

Ramazanov R.A., Isgandarov I.A.

Abstract. This article presents the optimization method for the Nap-of-the-Earth (NOE) flight mode. The Nap-of-the-Earth (NOE) flight mode is considered the most thrilling, the most dangerous, and typically the slowest mode. This mode is used by military aircraft to avoid enemy detection and attack in highly hazardous environments. The NOE mode is utilized to minimize detection by ground-based radar, targets, and control systems. During NOE flights, systems such as radar altimeters, terrain-following radar systems, and the Terrain Awareness and Warning System (TAWS) are used to detect obstacles during flight.

Here, when the aircraft is in the Nap-of-the-Earth (NOE) flight mode, speed and altitude must be low as predefined. Additionally, the different modes of the Terrain Awareness and Warning System (TAWS), the explanation of mode selection, and developments in the TAWS system are explained in detail. In this article, MATLAB programming has been implemented for some TAWS modes, and the flight trajectory has been simulated for varying levels of terrain difficulty. The aircraft's closure rate, based on "Mode 2," has also been calculated.

Keywords: hazardous approach, CFIT, TAWS, nap-of-the-earth flight, radar system, optimization method.



PUA-LARIN RADIOİDARƏETMƏ SİSTEMLƏRİNİN PROBLEMLƏRİ VƏ ONLARIN HƏLLİ YOLLARI

Əlihüseynov A.S., İbrahimli Ş.C., İsgəndərov İ.Ə.

elihuseynov1974@gmail.com

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Bu məqalədə PUA-ların (Pilotsuz Uçuşan Aparatlarının) radioidarəetmə sistemlərində rast gəlinən problemlər və bu problemlərin həll yolları ətraflı şəkildə araşdırılmışdır. Tədqiqatın əsas məqsədi, signal qəbulunun keyfiyyətini azaldan maneələri, şəbəkənin dayanıqlılığını və idarəetmə prosesində yaranan gecikmələri hərtərəfli təhlil etməkdir. Həm müdafiə, həm də kommersiya sahələrində PUA-ların istifadəsinin genişləndirilməsi üçün onların radioidarəetmə sistemlərinin təkmilləşdirilməsini təmin edən effektiv həllər təklif edilmişdir. Məqalədə, həmçinin süni intellektin tətbiqi, 5G texnologiyası və enerji səmərəliliyi kimi innovativ yanaşmalar müzakirə edilmişdir.

Açar sözlər: PUA, radioidarəetmə sistemi, signal maneəsi, dayanıqlılıq, gecikmələr, signal qəbuletmə, problemlərin həlli, süni intellekt, şəbəkə optimizasiyası, enerji idarəetməsi.

Giriş. PUA-lar müasir texnologiyaların ən dinamik sahələrindən biridir və bir çox sektorda geniş tətbiq sahəsinə malikdir. Bu sahələrə təhlükəsizlik və nəzarət, kənd təsərrüfatı, yükdaşıma, hava keyfiyyətinin monitorinqi, axtarış-xilasetmə əməliyyatları və daha çoxu daxildir. PUA-ların çoxşaxəli tətbiq sahələrinə baxmayaraq, onların effektivliyi radioidarəetmə sistemlərinin iş keyfiyyətindən birbaşa asılıdır.

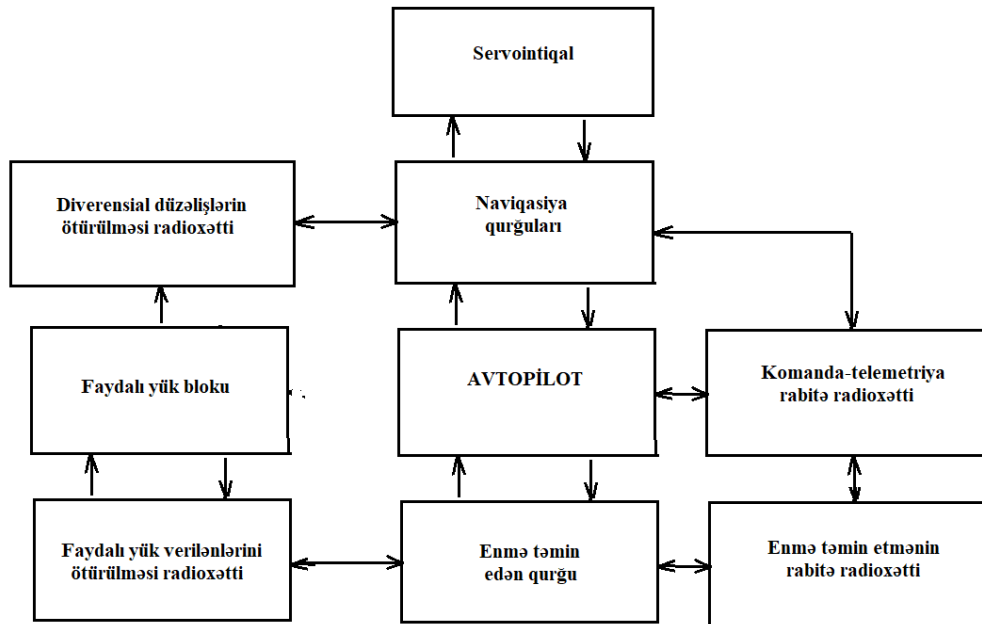
Radioidarəetmə sistemlərinin problemləri, məsələn, elektromaqnit müdaxilələr, signalın itirilməsi və gecikmələr, bu texnologiyaların tam potensialını məhdudlaşdırır. Bu səbəbdən, idarəetmə sistemlərinin təkmilləşdirilməsi PUA-ların istifadəsinin genişləndirilməsi üçün əsas prioritetdir.

Məqalədə əsas diqqət idarəetmə sistemlərindəki problemlərə və onların həllinə yönəlmişdir. Tədqiqat həm texnoloji, həm də əməliyyat baxımından radioidarəetmə sistemlərinin optimallaşdırılması üçün mühüm nəticələr təqdim edir.

PUA sistemlərinin sürətli inkişafı və radioelektronikanın inkişafı PUA ilə yerüstü idarəetmə kompleksi (YİK) arasında rabitə kanalına olan tələbləri daim yenidən nəzərdən keçirməyə məcbur edir.

Bu gün təyyarə ilə idarəetmə bloku arasında əlaqənin tam olmaması şəraitində avtopilotdan (AP) istifadə edərək təyyarə naviqasiyasını həyata keçirmək mümkün olmuşdur. Bunun üçün avtonom naviqasiya təmin edə bilən bort sisteminin olması vacibdir. Avtonom naviqasiya məsələlərini, inersial naviqasiya sistemi və yerüstü və kosmik radionaviqasiya sistemlərindən asılı olmayan, Dopler radionaviqasiya, hündürlükölçmə, sürət və koordinat ölçmə sisteminin tətbiq olunması vacib məsələdir. Yerüstü sistemlərlə rabitənin və radiomübadilənin fasiləsizliyinin təmin olunması, kənar müdaxilələrin qarşısının alınması üçün xüsusi nogulyasiya və kodlaşdırma üsulları tətbiq etmək lazımdır. Bortdakı faydalı yükün növündən və ölçü-çəki parametrlərindən asılı olaraq, bort radioidarəetmə sisteminin tərkibi dəyişə bilər. Bütün zəruri missiyaların təmin olunması, PUA-nın daha dayanıqlı idarəolunmasını təmin etmək üçün PUA-nın naviqasiya, avtopilot və radioidarəetmə sistemləri şəkil 1-də göstərilmiş qarşılıqlı əlaqə sxemi üzrə qurulmalıdır.

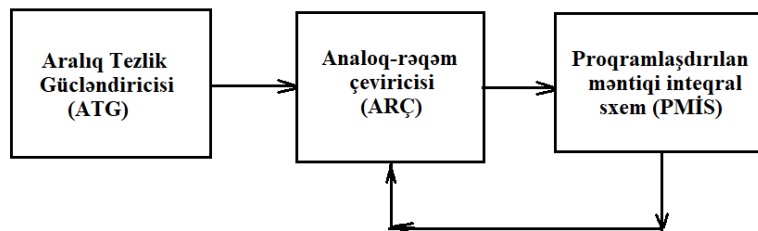
Bu zaman uçuş missiyası avtonom rejimdə yerinə yetirilir. Lakin bu, komanda-telemetriya radio rabitə əlaqəsinin PUA-dan xaric edilə biləcəyini söyləməyə imkan vermir. Kompleksin artan mürəkkəbliyi və dəyəri ilə əlaqədar olaraq, onun istismarı təyyarələrin havadakı vəziyyətinə daimi nəzarət tələb edir. Bundan əlavə, bəzən İHA-nın uçuş parametrlərinin tənzimlənməsinə ehtiyac yaranır.



Şəkil 1. PUA-nın dayanıqlı idarəolunmasını təmin edən qarşılıqlı əlaqə sxemi

Bort sistemlərinin qarşılıqlı əlaqə sxemini (şəkil 1) təhlil etdikdə, süni intellekt, 5G texnologiya və enerji səmərəliliyi kimi innovativ yanaşmaların tətbiq olunmasının radioidarəetmə sistemində maneə dayanıqlığının, enerji qənaətcilliyinin və operativliyin daha da artırılmasının mümkün olduğunu qeyd etmək olar. Eyni zamanda, təhlillər göstərir ki, radioidarəetmə sistemində faza modulyasiyasının tətbiqi systemin dayanıqlığının xeyli artırılmasına imkan verir.

Son illər, UA-ların bortunda, o cümlədən PUA-larda GPS və GLONASS siqnallarının eynivaxtda qəbulunu təmin edən universal peyk naviqasiya modulları tətbiq olunur. Lakin bu üsul da, kənar təsirlərdən qorunmanı və maneədayanıqlığının artırılmasını tam şəkildə təmin etmir. Bəzi hallarda, proqramlaşdırılan məntiqi inyeqral sxemə (PMİS) tətbiqi ilə bu həll variantının effektivliyini artırmağa nail olurlar. PMİS-nin tətbiqi ilə qurulan ən sadə tənzimləmə sxemi şəkil 2-də göstərilmişdir. Burada, aralıq tezlik gücləndiricisi (ATG) vasitəsilə ayrılmış faydalı radioidarəetmə siqnalı analoq rəqəm çeviricisində (ARÇ) rəqəm koduna çevrilərək PMİS-ə ötürülür və PMİS köməyiylə kvantlama dərəcəsinin takt tezliyinə uyğun şəkildə dəyişdirilməsi təmin edilir. Əks əlaqə dövrəsi ilə PMİS alqoritmə uyğun olaraq, ARÇ-ni idarə edir.



Şəkil 2. Proqramlaşdırılan məntiqi integral sxem (PMİS) ilə radionaviqasiya siqnalının tənzimlənməsi

Təcili vəzifə həm də təyyarənin faydalı yükü haqqında məlumatların idarəetmə blokuna ötürülməsidir. Bu halda, bant genişliyi, bit xətası ehtimalı və s. üçün verilmiş tələblərlə böyük miqdarda məlumatların ötürülməsini təmin etmək lazımdır.

Kiçik və ultra kiçik PUA-lar yaradılarkən qəbuledici və antena qidalandırıcı avadanlıqların ölçüsünü minimuma endirmək tələbləri irəli sürülür.

Qüsursuz işləmə ehtimalı tələblərinə uyğun olaraq İHA radioelektron avadanlığının sadələşdirilmiş təsnifatını nəzərdən keçirək (şəkil 1).

Metodlar. Bu tədqiqatda müasir elmi metodologiyalardan istifadə edilərək ətraflı analiz aparılmışdır. Tədqiqatda aşağıdakı metodlar tətbiq edilmişdir:

Ədəbiyyat icmalı: PUA-ların idarəetmə sistemləri haqqında mövcud elmi mənbələr və texniki hesabatlar incələnməmişdir.

Simulyasiya: radioidarəetmə sistemlərinin müxtəlif şərtlər altında davranışını təhlil etmək üçün müasir simulyasiya alətləri tətbiq edilmişdir. Bu yanaşma signalın itirilməsi və gecikmələrin səbəblərini daha dərinlən öyrənməyə imkan yaratmışdır.

Eksperimental təhlillər: reallığa yaxın şəraitdə aparılan eksperimentlər vasitəsilə müxtəlif idarəetmə sistemlərinin effektivliyi və sabitliyi analiz edilmişdir.

Statistik modelləşdirmə: toplanan məlumatlar statistik modellər vasitəsilə emal edilmiş və bu problemlərin həlli yollarını daha obyektiv şəkildə qiymətləndirmək mümkün olmuşdur.

Süni intellekt tətbiqləri: süni intellekt əsaslı idarəetmə sistemlərinin (İES) performansı və onların problemlərin həllində effektivliyi analiz edilmişdir.

Əsas problemlər:

- *Signal maneələri:* PUA-ların idarəetmə sistemləri elektromaqnit müdaxilələrdən, relyef xüsusiyyətlərindən və hava şəraitindən ciddi təsirlənir. Bu problemlər signalın keyfiyyətini əhəmiyyətli dərəcədə azaldır və idarəetməni çətinləşdirir. Xüsusilə şəhər mühitində bu problem daha qabarıq görünür.
- *Gecikmələr:* Signalın ötürülməsi və qəbul edilməsində yaranan gecikmələr idarəetmənin dəqiqliyini azaldır və real vaxt rejimində effektivliyi məhdudlaşdırır. Bu, xüsusilə axtarış-xilasətmə əməliyyatları kimi vaxt həssas əməliyyatlarda ciddi problem yaradır.
- *Şəbəkə dayanıqlığı:* Xüsusilə çoxsaylı PUA-ların eyni vaxtda işlədiyi şəbəkələrdə, qeyri-stabillik ciddi problemlərə səbəb olur. Bu, idarəetmə signalının itirilməsi ilə nəticələnə bilər.
- *Enerji idarəetməsi:* PUA-ların uzunmüddətli istifadəsi enerji idarəetməsinin səmərəliliyindən asılıdır. İES-lərin yüksək enerji istehlakı bu texnologiyaların geniş tətbiqinə mane ola bilər.
- *Təhlükəsizlik təhdidləri:* Radioidarəetmə sistemləri kibertəhlükələrə və signal müdaxilələrinə qarşı həssasdır. Bu, həm hərbi, həm də kommersiya tətbiqlərində ciddi risklər yaradır.

Təklif edilən həllər:

- *Çoxqütblü antena texnologiyaları:* Çoxelementli antenalar signalın keyfiyyətini artırmaq və daha sabit idarəetmə təmin etmək üçün effektiv həll yoludur. Bu texnologiya müxtəlif signal mənbələrindən gələn məlumatları birləşdirərək idarəetmənin stabilliyini təmin edir.
- *Avtomatik tezlik dəyişikliyi:* Bu yanaşma signal maneələrinin qarşısını almaq üçün idarəetmə sistemlərini alternativ tezliklərə avtomatik keçid etməyə imkan verir. Bu, xüsusilə yüksək elektromaqnit müdaxilələr zamanı idarəetmənin kəsilməməsini təmin edir.
- *5G və 6G texnologiyaları:* 5G texnologiyasının tətbiqi PUA-ların idarəetmə sistemlərinin sabitliyini artırır və məlumat ötürmə sürətini əhəmiyyətli dərəcədə artırır. Gələcəkdə 6G texnologiyasının tətbiqi isə daha geniş imkanlar yaradacaqdır.
- *Süni intellekt əsaslanan optimizasiya:* Süni intellekt əsaslı idarəetmə sistemləri signal maneələrini avtomatik aşkarlamaq və idarəetmə strategiyalarını optimallaşdırmaq üçün istifadə edilə bilər. Bu, idarəetmə prosesini daha çevik və effektiv edir.
- *Enerji səmərəliliyi texnologiyaları:* Günəş enerjisindən istifadə və hibrid enerji mənbələri PUA-ların enerji səmərəliliyini artırır və uzunmüddətli əməliyyatları mümkün edir.
- *Kibertəhlükəsizlik tədbirləri:* Radioidarəetmə sistemlərinin təhlükəsizliyini artırmaq üçün inkişaf etmiş şifrələmə texnologiyaları və müdaxilə əleyhinə sistemlərin tətbiqi vacibdir.

Nəticələr və müzakirələr. Tədqiqat nəticələri göstərir ki, radioidarəetmə sistemlərinin təkmilləşdirilməsi PUA-ların həm müdafiə, həm də kommersiya sahələrində effektivliyini artırmaq üçün

vacibdir. Sıqnal maneələrinin aradan qaldırılması, gecikmələrin minimuma endirilməsi və şəbəkə sabitliyinin təmin olunması bu sahənin əsas prioritetlərindəndir.

Süni intellekt texnologiyalarının tətbiqi və yeni nəsil şəbəkə texnologiyalarının istifadəsi idarəetmə sistemlərinin effektivliyini əhəmiyyətli dərəcədə artıracaqdır. Gələcəkdə özünü optimallaşdıran idarəetmə sistemlərinin inkişaf etdirilməsi, daha səmərəli enerji idarəetmə texnologiyalarının tətbiqi və təhlükəsizliyin gücləndirilməsi bu sahədə əsas inkişaf istiqamətləri olacaqdır.

Ədəbiyyat

- [1] Anderson, P. (2019). "Drone Communication Systems: Challenges and Solutions". *Journal of Aerospace Technology*, 56(3), 213-225.
- [2] Smith, J., & Taylor, R. (2020). "Signal Interference in UAV Remote Control: A Review". *International Journal of Unmanned Systems Engineering*, 45(2), 112-129.
- [3] Zhao, L., & Chen, W. (2018). "Network Optimization for UAV Control Systems Using 5G Technology". *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2018, Article ID 9658453.
- [4] Gupta, R., & Singh, D. (2021). "Artificial Intelligence in Drone Communication: A Future Perspective". *AI and Robotics Journal*, 12(5), 76-91.
- [5] Brown, K., & Lee, H. (2022). "Multiband Antenna Technologies for UAV Applications". *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 70(8), 6523-6535.
- [6] Thompson, B., & Davis, C. (2023). "AI-Driven Adaptive Control in UAV Communication". *Advanced Robotics Systems*, 19(1), 58-72.

PROBLEMS AND SOLUTIONS OF UAV RADIO CONTROL SYSTEMS

Alihuseynov A.S., Ibrahimli Sh.C., Isgandarov I.A.

Abstract. This article explores the challenges encountered in the radio control systems of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) and examines their solutions in detail. The primary objective of the research is to comprehensively analyze obstacles reducing signal reception quality, network stability, and delays occurring during the control process. Effective solutions are proposed to enhance the use of UAVs in both defense and commercial sectors. The article also discusses innovative approaches, such as the application of artificial intelligence, 5G technology, and energy efficiency improvements.

Keywords: UAV, radio control system, signal interference, stability, delays, signal reception, problem-solving, artificial intelligence, network optimization, energy management.



ACCELEROMETER AND GYROSCOPE TECHNOLOGIES: CHALLENGES IN AEROSPACE APPLICATIONS

Guliyev R.R., Hasanli G.M.

rauf.guliyev@naa.edu.az

National Aviation Academy, Azerbaijan

Abstract. In the field of aerospace applications, accelerometers and gyroscopes are essential components used for navigation, flight control, and the stability of small aircraft and drones. By monitoring acceleration and angular velocity, these sensors provide crucial motion data that enable precise aircraft positioning. Sensor drift, calibration challenges, environmental influences such as temperature fluctuations and vibrations, as well as power limitations in unmanned aerial vehicles (UAVs), are among the key obstacles to their operation. Improving flight performance, safety, and reliability requires addressing these issues. This article examines the main challenges of accelerometer and gyroscope technologies in aerospace applications and explores possible solutions, such as sensor fusion strategies, advanced calibration approaches, and cutting-edge technologies.

Keywords: accelerometers, gyroscopes, UAV Navigation, sensor drift, aerospace sensors, small aircraft.

Introduction. The need for accurate and dependable navigation systems has grown because of the quick development of tiny aircraft and unmanned aerial vehicles (UAVs). These systems' essential parts are accelerometers and gyroscopes, which provide vital information for location, stability, and flight control. However, there are several obstacles to their successful use in tiny aircraft, such as environmental sensitivity, calibration issues, and sensor drift. The subject is extremely pertinent to aeronautical research and development because of these difficulties.

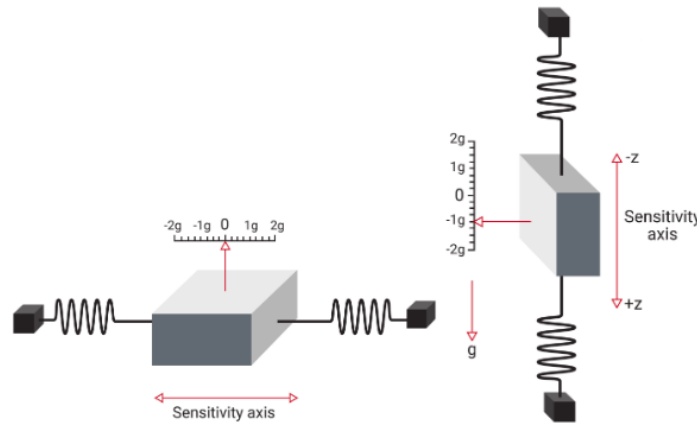


Figure 1. Illustration of MEMS accelerometer sensitivity axes and response to gravitational forces.

Although gyroscope and accelerometer technology have advanced considerably, a review of earlier research shows that important problems including long-term accuracy deterioration, and the impact of external environmental conditions are still unsolved. According to studies like [1], mechanical vibrations and temperature changes can cause large inaccuracies in sensor readings, which can impair the overall functionality of inertial navigation systems. The difficulties of incorporating these sensors onto tiny UAV platforms with stringent weight and power restrictions are further highlighted by study by [2].

The research now in publication shows that maintaining constant accuracy and dependability under dynamic flying circumstances remains a significant issue, even with several developments in calibration methods and sensor fusion algorithms. Therefore, more study is required to create novel approaches that

improve the durability and performance of accelerometers and gyroscopes in aerospace applications.

Methods. Along with a thorough explanation of the procedures used for data collection, processing, and analysis, this part offers a complete discussion of the methodologies, tools, and techniques used in this study. To solve the difficulties related to accelerometers and gyroscopes in aerospace applications, the study takes a theoretical and analytical approach, concentrating on literature review, data analysis, and simulation assessments.

Literature Review

To determine the main performance issues with accelerometers and gyroscopes, a thorough analysis of peer-reviewed publications, technical papers, and industry reports was carried out. Analysis of sensor drift, calibration techniques, and environmental influences on sensor accuracy were all covered in the review. Particular attention was paid to current solutions, including compensation methods and sensor fusion algorithms, assessing their efficacy and limits.

Simulation-Based Evaluations

Despite the lack of actual tests, the methodology and modelling tools that were accessible were rigorously examined. By modelling operating factors including temperature swings, vibrations, and dynamic flying situations, these technologies help to understand sensor behavior. The simulations verified the theoretical presumptions and provided context for the findings from the literature [3].

Data Processing Techniques

The study reviewed advanced data processing methodologies to enhance sensor performance. These include:

- **Noise Reduction:** Techniques like low pass filtering and Kalman filtering were evaluated for their effectiveness in improving signal quality.
- **Drift Analysis:** Sensor drift trends were analysed based on data patterns to identify correction strategies.
- **Sensor Fusion:** Methods such as complementary and extended Kalman filters were assessed for their ability to integrate multiple sensor outputs, ensuring higher accuracy [4].

Comparative Analysis

To assess results from previous studies and industry norms, the study used a comparative methodology. Accuracy, stability, and robustness were among the performance indicators that were evaluated amongst various technologies and solutions. The gaps in present procedures and the possibility of future changes were better understood because of this investigation.

Performance Metrics

Key performance indicators (KPIs) were established to evaluate accelerometer and gyroscope technologies [5]:

- **Accuracy:** Deviation from true motion values.
- **Stability:** Consistency of sensor output over extended periods.
- **Environmental Robustness:** Sensor performance under varying environmental conditions, including temperature and vibration.
- **Efficiency:** Power consumption and suitability for lightweight UAV applications.

Results and discussion. The study found that the two main issues facing accelerometers and gyroscopes are sensor drift and environmental sensitivity.

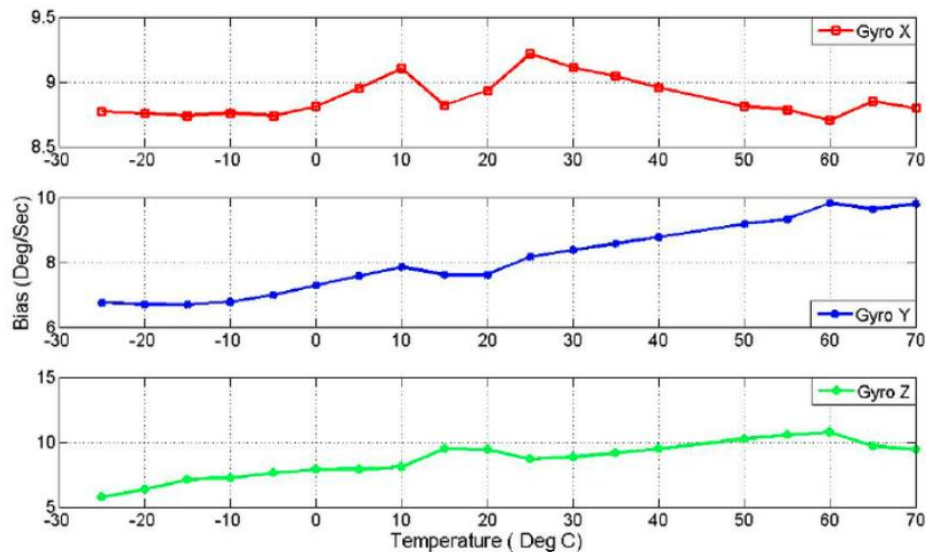


Figure 2. Variation of gyroscope biases with temperature across X, Y, and Z axes.

As shown in Figure 2, temperature fluctuations significantly affect gyroscope biases. Accuracy is further diminished by temperature changes and vibrations, while drift causes cumulative navigation mistakes. Although they have promise, solutions like sensor fusion and compensation approaches need to be improved for real-world use. Adaptive algorithms should be the main focus of future research to increase dependability.

Conclusion. In order to reduce drift and environmental issues, this study highlights the necessity of better calibration techniques and effective sensor fusion. To provide precise and dependable navigation in aerospace systems, lightweight algorithms for UAV applications must be advanced. Future research should examine the useful combination of lightweight power-saving technologies and adaptive algorithms for drift adjustment in UAVs.

References

- [1] Shuibin, X., Chunhua, H., Heng, W., Lianglun, C., Guizhen, Y., and Qinwen, H., "Reliability of MEMS inertial devices in mechanical and thermal environments: A review" Volume 10, Issue 5, 15 March 2024, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e27481>
- [2] Eulalia, B., Pasquale, D., Luca, D., Francesco, L., "Sensors and Measurements for Unmanned Systems: An Overview" Sensors 2021, 21, 1518. <https://www.mdpi.com/1424-8220/21/4/1518>
- [3] Norris M, Anderson R, Kenny IC. Method analysis of accelerometers and gyroscopes in running gait: A systematic review. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology. 2014;228(1):3-15. doi:10.1177/1754337113502472
- [4] Valade, A.; Acco, P.; Grabolosa, P.; Fourniols, J.-Y. A Study about Kalman Filters Applied to Embedded Sensors. Sensors 2017, 17, 2810. <https://doi.org/10.3390/s17122810>
- [5] A. R. M. Forkan, F. Montori, D. Georgakopoulos, P. P. Jayaraman, A. Yavari and A. Morshed, "An Industrial IoT Solution for Evaluating Workers' Performance Via Activity Recognition," 2019 IEEE 39th International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS), Dallas, TX, USA, 2019, pp. 1393-1403, doi: 10.1109/ICDCS.2019.00139.

**AKSELEROMETR VƏ GIROSKOP TEXNOLOGİYALARI: AEROKOSMİK
TƏTBİQLƏRDƏ ÇƏTİNLİKLƏR****Quliyev R.R., Həsənlı G.M.**

Xülasə. Aerokosmik tətbiqlər sahəsində akselerometrlər və giroskoplar naviqasiya, uçuş idarəetməsi və kiçik təyyarələrin və dronların stabilizasiyası üçün mühüm komponentlərdir. Sürətlənməni və bucaq sürətini izləməklə, bu sensorlar təyyarənin dəqiq mövqeləndirilməsinə imkan verən kritik hərəkət məlumatlarını təmin edir. Sensor sürüşməsi, kalibrlemə çətinlikləri, temperatur dəyişiklikləri və vibrasiyalar kimi ətraf mühitin təsirləri, eləcə də pilotsuz uçuş aparatlarında (PUA) enerji məhdudiyyətləri onların fəaliyyətində əsas maneələrdən biridir. Uçuş performansını, təhlükəsizliyi və etibarlılığı artırmaq üçün bu problemlərin həlli tələb olunur. Bu məqalədə aerokosmik tətbiqlərdə akselerometr və giroskop texnologiyalarının əsas çətinlikləri araşdırılır və sensor birləşdirmə strategiyaları, inkişaf etmiş kalibrlemə yanaşmaları və müasir texnologiyalar kimi mümkün həll yolları müzakirə edilir.

Açar sözlər: akselerometrlər, giroskoplar, PUA naviqasiyası, sensor sürüşməsi, aerokosmik sensorlar, kiçik təyyarələr.

HAVA HƏRƏKƏTİNİN İDARƏ EDİLMƏSİNDƏ YERÜSTÜ RADAR SİSTEMLƏRİ İLƏ PEYK TEXNOLOGİYALARININ MÜQAYİSƏLİ TƏHLİLİ



Müseyibov Ə.A.

elekber9307@mail.ru

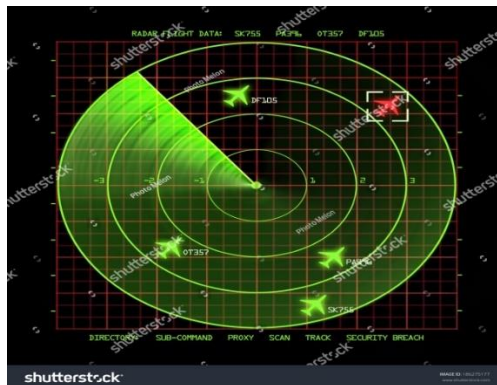
Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Hava hərəkətinin idarə edilməsi aviasiya sektorunda əsas prioritet sahələrdən biridir. Bu sahədə istifadə olunan texnologiyaların səmərəliliyi, təhlükəsizlik ünvanında ciddi əhəmiyyət daşıyır. Hazırda hava hərəkətinin idarə edilməsi üçün yerüstü radar sistemləri və peyk texnologiyaları çox geniş şəkildə tətbiq olunur. Bu iki texnologiyanın rolu, üstün cəhətləri və istifadə ssenariləri arasında çoxsaylı oxşarlıqlar və fərqlər mövcuddur.

Açar sözlər: peyk naviqasiyası, radar, aireon, ADS-B, GPS, aireon stream.

Problemin aktuallığı. Yerüstü radar sistemləri nə qədər etibarlı olsalar da çatışmazlıqları çoxdur. Yeni nəsil peyk texnologiyaları sistemləri vasitəsi ilə bu problemlər aradan qaldırılır. Bu məqalədə radar sistemlərinin peyk texnologiyaları ilə müqayisələrinə bəhs edilir.

Yerüstü radarlar onillərlə hava hərəkətinin idarə edilməsində əsas vasitə kimi çıxış edir. Bu sistemlər elektromaqnit dalğalarından istifadə edərək hava gəmisi haqqında məlumatları öyrənir və idarəetmə mərkəzinə çatdırır (Şəkil 1).



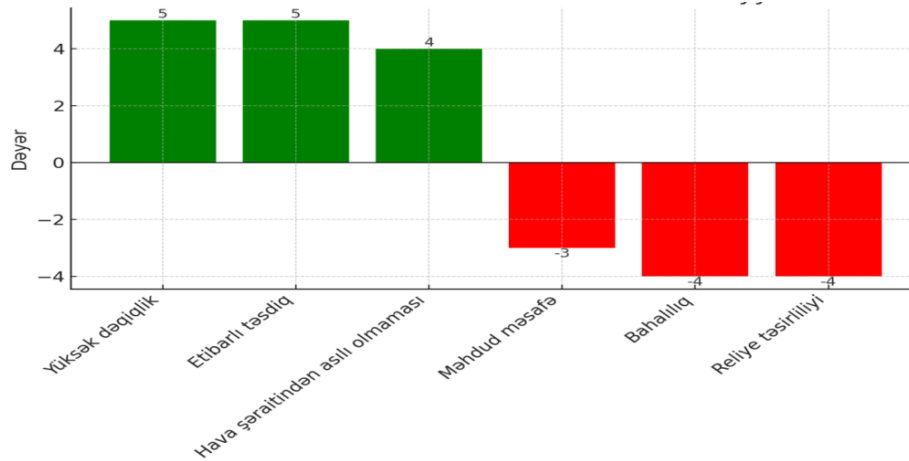
Şəkil 1. Yerüstü radar sistemləri

Üstünlükləri:

1. Yüksək dəqiqlik: radarların verdiyi məlumat adətən olduqca dəqiqdir.
2. Etibarlı təsdiq: yaxın məsafələr üçün ideal həll yoludur.
3. Hava şəraitindən asılı olmaması: radarlar süni maneələrdən minimal təsir görür.

Məhdudiyyətləri:

1. Məhdud məsafə: radar sistemləri daha çox lokal ərazini əhatə edir.
2. Bahalı infrastruktur: yerüstü radar stansiyalarının quraşdırılması və saxlanması çoxlu maliyyə resursu tələb edir.
3. Dağınıq relyefə asılılıq: dağlıq ərazilərdə radarların effektivliyi azalır (şəkil 2).



Şəkil 2. Radar sistemlərinin üstünlükləri və məhdudiyyətləri

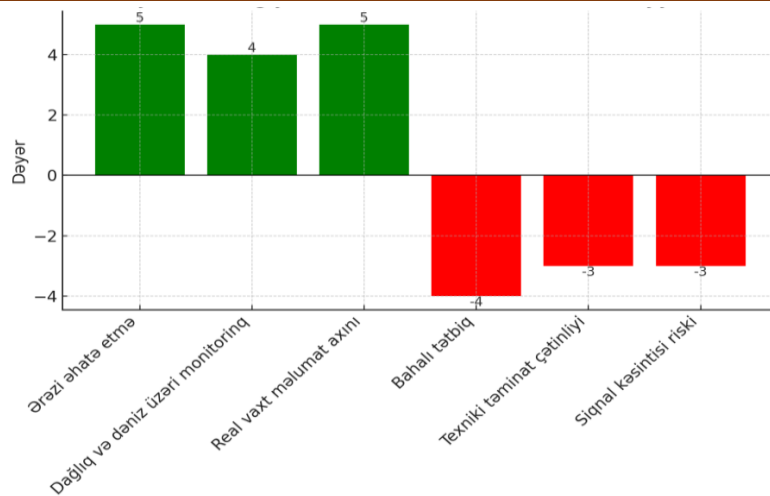
Məsələnin qoyuluşu. Uzun məsafəli uçuşlar üçün peyk naviqasiyası daha faydalıdır, pilotlara təhlükəli ərazi və ya hava məkanındakı digər təhlükələrdən yayınmağa kömək edir. Peyklər şəbəkəsinə qoşulmaqla pilotlar onların səmada dəqiq yerini müəyyən edə və daha dəqiq naviqasiya əldə edə bilirlər. Peyk əsaslı naviqasiya vasitələrindən istifadə yanacaq xərclərini və emissiyaları azaltmağa kömək edə bilər. Daha dəqiq naviqasiya təmin etməklə, pilotlar uçuş üçün lazım olan yanacağın miqdarını azaldaraq daha səmərəli marşrutlar planlaşdırırlar. Bu, təkcə pula qənaət etmir, həm də aviasiyanın ətraf mühitə təsirini azaltmağa kömək edir.

Peyk Texnologiyaları: son illər dünya aviasiya sektorunda peyk texnologiyalarına üstünlük verilməkdədir. Peyklər, GPS (Qlobal pozisiya sistemi) və ADS-B (Avtomatik asılmanın doğrudan yayımlanması) kimi texnologiyalar üsulu ilə hava gəmilərinin mövqeyini, hərəkət trayektoriyasını izləmə imkanı yaradır (Şəkil 3).



Şəkil 3. Peyk texnologiyaları ilə hava gəmilərinin mövqeyini, hərəkət trayektoriyasını izlənilməsi

Peyk texnologiyaları nə qədər üstün cəhətləri olsa da bəzi məhdudiyyətləri də vardır (Şəkil 4).

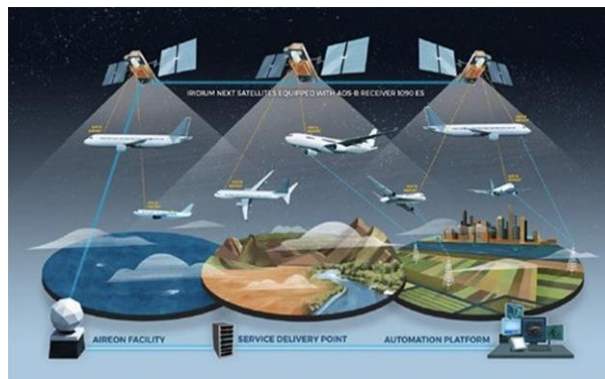


Şəkil 4. Peyk texnologiyalarının üstünlükləri və məhdudiyyətləri

Aireon sort və real vaxt hava nəqliyyatı xidmətləri (ATS) müşahidə tələblərinə cavab verən, yer səviyyəsində tətbiq olunan ilk qlobal hava nəqliyyatı müşahidə sistemini təqdim edib. Bu sistem, kosmos əsaslı Avtomatik Asılı Müşahidə Yayını (ADS-B) şəbəkəsidir və dünyada hər yerdə ayrılma xidmətləri üçün müvafiq tələbləri təmin edir.

Aireon necə işləyir? (Şəkil 5) Təyyarənin ADS-B transponderi hər yarım saniyədən bir müstəqil olaraq yerini ötürür. *Aireon* faydalı yükü təyyarədən ads-b məlumatlarını alır və İridium peyki tərəfindən xüsusi və möhkəm kosmik şəbəkəsi ilə ötürülür. Hansı ki, onları emal üçün yerə göndərir. *Aireon* ilə müştərilər öz sektorlarının 100%-ni əhatə edən müstəqil səviyyədə hava hərəkətini nəzərə alırlar. Onlara tanış olan məlumat formasında lakin ənənəvi yerüstü radarla müqayisədə daha dəqiq informasiya ötürür. İstifadəçilər üçün bu tək etibarlı məlumat mənbəyinin üstünlüklərinə bütün sektorlarda və sərhədlərdən kənarda qüsursuz əhatə təmin etməklə artan təhlükəsizlikdə daxildir. Dispetçer reaksiyasının azalmasına, fəvqəladə vəziyyətlərdən əvvəl uzaq okean və qütb bölgələrində axtarış və xilasetmə əməliyyatlarında köməklik göstərir. ADS-B ilə təchiz olunmuş bütün təyyarələrin real vaxtda mövqe hesabatları təmin edir. *Aireon* ilə bu, ənənəvi nəzarətdən kənara çıxan kommersiya məhsullarıdır və müxtəlif sənayelərdə istifadəçilər üçün yüksək dəqiqlikli müşahidə məlumatlarına olan ehtiyacı ödəməyə kömək edir.

Hava nəqliyyatında təhlükəsizliyin və əməliyyatların optimallaşdırılmasında innovativ bir yanaşma təklif edir, xüsusən də ənənəvi yerüstü izləmə sistemləri ilə çətinlik yaşanan bölgələrdə. Bu texnologiyalar, həmçinin hava yolları və hava hərəkətini idarə edən dispetçerlər üçün məlumat paylaşımını asanlaşdırır, gələcəkdə daha effektiv və təhlükəsiz hava nəqliyyatı təmin etmək məqsədini güdür.



Şəkil 5. Aireon qlobal hava nəqliyyatı müşahidə sistemi

Nəticə. Yerüstü radar sistemləri və peyk texnologiyaları hava hərəkətinin idarə edilməsində bir-birini tamamlayan sistemlərdir. Radar sistemləri daha çox lokal idarəetmə üçün üstün tutulur, peyk texnologiyaları isə qlobal monitoring imkanına malikdir. Gələcəkdə bu iki texnologiyanın integrasiyası aviasiya sahəsində daha səmərəli və təhlükəsiz idarəetmə sistemi yaratmaq potensialına malikdir. Uzun məsafəli uçuşlarda dispetçerlər Aireon sistemi vasitəsi ilə hər yerdə təyyarələri müşahidə edib, idarə edə biləcəklər.

Ədəbiyyat

- [1] ICAO (International Civil Aviation Organization). (2021). Global Air Navigation Plan (GANP). Montréal, Canada.
- [2] Eurocontrol. (2020). Evolution of Air Traffic Management: Integrating Satellite Navigation and Surveillance Systems. Brussels, Belgium.
- [3] Aireon LLC. (2022). Aireon Space-Based ADS-B System: Enhancing Global Air Traffic Surveillance. Aireon White Paper.
- [4] NASA. (2019). The Role of Satellite-Based Technologies in Air Traffic Management. NASA Technical Report Series.
- [5] SESAR Joint Undertaking. (2022). Exploring the Future of ATM through Satellite-Based Surveillance Technologies. SESAR Annual Report.
- [6] International Telecommunication Union (ITU). (2021). Regulatory Framework for Satellite-Based Communication in Aviation. Geneva, Switzerland.
- [7] Kovach, K., & Spencer, G. (2019). Comparative Study of Ground-Based Radar and Space-Based ADS-B for Air Traffic Control. *Journal of Aerospace Systems*, 35(2), 187-203.
- [8] Civil Air Navigation Services Organisation (CANSO). (2020). The Future of Air Traffic Management: Space-Based Technologies and Their Impact on Global Aviation. Amsterdam, Netherlands.
- [9] European Space Agency (ESA). (2022). GNSS and ADS-B Technologies in Modern Aviation: Applications and Challenges. ESA Technical Paper.
- [10] NavCanada. (2022). Aireon ADS-B Implementation: A New Era in Air Traffic Surveillance. NavCanada Report.
- [11] Smith, R., & Jones, L. (2020). The Impact of Satellite-Based Air Traffic Management on Global Aviation Safety. *International Journal of Aviation Management*, 12(1), 55-72.

COMPARATIVE ANALYSIS OF SURFACE RADAR SYSTEMS AND SATELLITE TECHNOLOGIES IN AIR TRAFFIC CONTROL

Museyibov A.A.

Abstract. This article explores the innovative advancements of Aireon and Aireon Stream in the field of air traffic management. Aireon introduces a groundbreaking satellite-based air traffic surveillance system, enabling real-time aircraft tracking even in the most remote regions, thereby enhancing global aviation safety and operational efficiency. Aireon Stream complements this by delivering detailed analytics and data to air traffic management systems, facilitating the optimization of air travel. The study examines the technical capabilities, practical applications, and potential benefits of these technologies, particularly in areas where traditional ground-based systems encounter limitations. The findings emphasize the transformative impact of Aireon and Aireon Stream on modernizing air traffic management and advancing the safety and efficiency of global air transportation.

Keywords: satellite navigation, radar, aireon, ADS-B, GPS, Aireon Stream.



UÇUŞLARIN RADIOTEXNİKİ TƏMİNATİ SİSTEMLƏRİNİN YERÜSTÜ OBYEKTlərİNİN TEXNİKİ VƏZİYYƏTİNƏ İNTELLEKTUAL NƏZARƏT ÜÇÜN TEXNİKİ PARAMETRLƏRİN SEÇİMİNİN MÜASİR KRİTERİYALARLA OPTİMALLAŞDIRILMASI

Haqverdiyev H.N., Ramazanov K.Ş.

huseynaga.hagverdiyev60225@naa.edu.az

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Bu işdə uçuşların radiotexniki təminatı sistemlərinin (RTTS) yerüstü obyektlərinin texniki vəziyyətinə intellektual nəzarət prosesində hansı texniki parametrlərin izlənməsi və bu parametrlərin seçiminin optimallaşdırılması məsələləri araşdırılır. Təhlil göstərir ki, texniki vəziyyətin doğru qiymətləndirilməsi və nasazlıqların vaxtında aşkarlanması üçün nəzarət olunacaq parametrlərin düzgün seçimi böyük əhəmiyyət kəsb edir. Burada müasir kriteriyalar (etibarlılıq, dayanıqlılıq, reallıqda tətbiq oluna bilmə, iqtisadi səmərəlilik və s.) də nəzərə alınmaqla, çoxkriteriyalı qərarvermə metodlarından istifadə olunur. Məqalədə, o cümlədən, optimal parametr yığınının seçilməsi üçün maşın öyrənməsi, statistik analiz və ekspert qiymətləndirməsinə əsaslanan yanaşmalar təqdim edilir.

Açar sözlər: uçuşların radiotexniki təminatı, yerüstü obyektlər, intellektual nəzarət, parametr seçimi, optimallaşdırma, çoxkriteriyalı qərarvermə.

Giriş. Müasir hava hərəkəti idarəetmə sistemində (Air Traffic Management – ATM) uçuşların təhlükəsizliyini təmin etmək üçün naviqasiya, müşahidə və rabitə vasitələrindən ibarət radiotexniki təminat sistemlərinə (RTTS) böyük məsuliyyət düşür. Bu sistemlərin yerüstü obyektlərinə nümunə olaraq, enmə sistemləri (ILS), radionaviqasiya mayakları (VOR/DME), müşahidə və radar sistemləri (PSR/SSR), avtomatik asılı müşahidə (ADS-B) stansiyaları və s. göstərilə bilər. Qeyd olunan obyektlərin istismarında ən mühüm aspektlərdən biri texniki vəziyyətə fasiləsiz nəzarət, proqnozlaşdırma və vaxtında texniki xidmətin (maintenance) təşkilidir.

Aeronaviqasiya təminatını həyata keçirən qurumlar RTTS-in yerüstü obyektlərinin istismarı zamanı müxtəlif texniki parametrləri izləyir: siqnalın səviyyəsi, tezlik sabilliyi, işçi temperatur, vibrasiya, enerji sərfi, mənbələrin (filtr, gücləndirici bloklar, antenna sistemləri və s.) funksionallığı, həmçinin proqram təminatında və ya şəbəkə infrastrukturunda baş verən nasazlıqlar. Lakin bu parametrlərin çoxluğu istismar prosesini çətinləşdirir və informasiyanın izafi olması (overload) problemini yaradır. Bu səbəbdən, nəzarət olunacaq texniki parametrlərin seçiminin optimallaşdırılması böyük əhəmiyyət kəsb edir.

Bu məqalədə yerüstü obyektlərin texniki vəziyyətinə intellektual nəzarət kontekstində hansı parametrlərin hansı müasir kriteriyalar əsasında seçilməsi, optimal parametr yığınının müəyyənləşdirilməsi üçün tətbiq olunan metodlar araşdırılır. Burada həm ənənəvi statistik yanaşmalar, həm çoxkriteriyalı qərarvermə (AHP, ANP, TOPSIS, ELECTRE və s.), həm də maşın öyrənməsi texnikaları (Xüsusiyyətlərin seçilməsi – feature selection) nəzərdən keçirilir.

1. Nəzarət olunacaq texniki parametrlərin seçilmə meyarları.

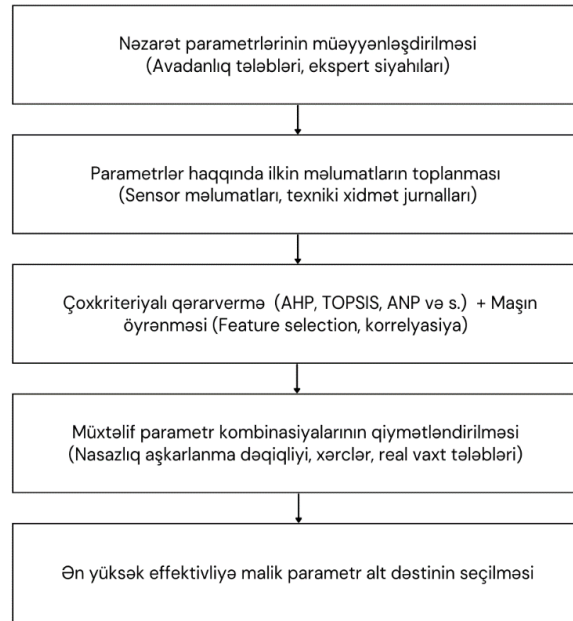
Yerüstü radiotexniki obyektlər üzrə nəzarət olunan parametrlərin sayı onlarla və bəzən yüzlərlə ola bilər. Bu parametrləri dörd əsas qrupa ayırmaq mümkündür:

1.1. Elektrik və elektromexaniki parametrlər:

- Gərginlik, cərəyan, güc, tezlik sabitliyi, siqnalın gücü və keyfiyyəti (SNR), antenna istiqamətliyi (radiolokasiya sistemlərində).
- Bu parametrlər avadanlığın normal fəaliyyətini əsasən xarakterizə edir və defektlərin ilkin aşkarlanmasında böyük rol oynayır.

1.2. Mexaniki və fiziki-mühit parametrləri:

- Temperatur, rütubət, vibrasiya, təzyiq (vacib hallarda), sürətlənmə (acceleration)
 - Mexaniki aşınmanın, sarsıntı nəticəsində baş verən zədələrin erkən aşkarlanması üçün lazımlıdır.
- 1.3. İnformasiya və kommunikasiya parametrləri:
- Verilənlərin ötürülmə sürəti, paketlərin itmə faizi, gecikmə, protokolların işləmə effektivliyi, kiber-hücum cəhdləri.
 - Xüsusən müasir “Network-based” radiotexniki sistemlərdə (məsələn, ADS-B Ground Station, IP şəbəkə vasitəsilə dispetçer əlaqəsi) bu göstəricilər kritikdir.



Şəkil 1. Nəzarət olunacaq parametrlərin seçilməsi ardıcılığının blok-sxemi

1.4. Operativ-istismar parametrləri:

- Resurs sərfiyyatı (enerji, ehtiyat hissələr), texniki xidmət intervalı, iş saati, işçi heyətin müdaxiləsi tezliyi.
- Sistem istismarı ilə bağlı xərclər, təhlükəsizlik və s. göstəriciləri qiymətləndirmək üçün istifadə olunur.

Bu qədər geniş parametr toplusu içərisindən hansına fokuslanmağın lazım olduğunu seçmək üçün müxtəlif meyarlar tətbiq olunur. Məsələn:

- Əhəmiyyətlik (relevance): Parametr avadanlığın işinə birbaşa təsir göstəricisidirmi?
- Məlumatlılıq (informativeness): Parametrdəki kiçik dəyişikliklər real nasazlığı və ya nasazlıq riskini öncədən göstərə bilərmimi?
- Ölçülmə asanlığı (feasibility): Parametri ölçmək üçün mövcud sensor infrastrukturu varmı, ölçmə xərcləri nə qədərdir, əlavə avadanlıq tələb edirmi?
- Davamlılıq və dayanıqlıq (robustness): Ölçmə şəraiti dəyişəndə (məsələn, kəskin temperatur fərqləri) həmin parametrin izafi səs-küyə (noise) həssaslığı nə dərəcədədir?

Bundan əlavə, hər bir parametrin izlənməsi üçün texniki resurslar (sensorlar, rəqəmsal məlumat toplayıcıları, rabitə kanalları) və operator/texnik müdaxiləsi tələb olunduğundan, çox sayda parametrin paralel müşahidəsi bəzən vaxt və xərc baxımından səmərəsiz olur.

Cədvəl 1. Texniki parametrlərin qruplaşdırılması və misal göstəricilər

Parametr qrupu	Tipik göstəricilər	Rol və nümunə
Elektrik və elektromexaniki	Gərginlik, cərəyan, tezlik sabitliyi, antenna qazanması	Normal fəaliyyət, ilkin defekt aşkarlanması
Mexaniki və fiziki-mühit	Temperatur, vibrasiya, rütubət, təzyiq	Mexaniki aşınma, fiziki mühitin təsirini qiymətləndirmə
İnformasiya və kommunikasiya	Ötürmə sürəti, gecikmə, paket itməsi, kiber hücum izləri	Şəbəkə əsaslı sistemlərin davamlılığı və təhlükəsizlik monitorinqi
Operativ-istismar	Enerji sərfiyyatı, xidmət intervalı, iş saatları	Xidmət resurslarının planlaşdırılması və xərclərin optimallaşdırılması

2. Parametr seçiminin optimallaşdırılması metodları.

Parametr seçimində məqsəd – daha az sayda lakin daha informativ (nasazlığı və ya potensial təhlükəni daha əvvəlcədən və dəqiq göstərə bilən) parametr qrupunu müəyyənləşdirməkdir. Bu istiqamətdə bir neçə metoddan istifadə olunur:

2.1. Çoxkriteriyalı qərarvermə yanaşmaları:

AHP (Analytic Hierarchy Process) və ya ANP (Analytic Network Process) kimi metodlar vasitəsilə ilkin olaraq mütəxəssis rəyinə əsaslanan iyerarxik model qurulur. Modeldə aşağıdakı addımlar icra edilir: Seçilə biləcək parametrlər siyahısı hazırlanır; Parametrlərin seçilmə meyarları (məs. əhəmiyyətlik, ölçülmə asanlığı, iqtisadi səmərəlilik, və s.) müəyyən edilir; Ekspertlərin cüt müqayisələrə əsaslanan qiymətləndirməsi aparılır; Hər bir parametrin ümumi prioritet əmsalı hesablanır; Ən yüksək prioritetli parametrlər seçilir.

Cədvəl 2. AHP yanaşması üzrə sadələşdirilmiş cüt müqayisə matrisinə (n=3) nümunə

	Meyar 1	Meyar 2	Meyar 3
Meyar 1	1	a_{12}	a_{13}
Meyar 2	$1/a_{12}$	1	$1/a_{23}$
Meyar 3	$1/a_{13}$	$1/a_{23}$	1

- a_{12} – Meyar 1-in Meyar 2-yə nisbətən üstünlük dərəcəsini göstərir (məsələn, 3).
- Analoji olaraq, a_{23} və a_{13} üçün müəyyən dəyərlər ekspert tərəfindən daxil edilir.
- Nəticədə uyğunluq nisbəti (CR) yoxlanılır və meyarların yekun çəkilişi tapılır.

TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) və ya VIKOR kimi metodlar, müxtəlif parametrlər arasından optimal seçim etməyə imkan verir. Burada hər bir parametrin üstünlüklərini/çatışmazlıqlarını toplu halda qiymətləndirərək, “ideal” və “anti-ideal” həll nöqtələrinə məsafə hesablanır.

2.2. Maşın Öyrənməsi əsasında Xüsusiyyət Seçimi (Feature Selection):

RTTS yerüstü obyektlərindən, məsələn, sensorlardan və texniki xidmət jurnallarından toplanan tarixi məlumatların (big data) analizinə əsasən, sistemin nasazlıq vəziyyəti və ya normal istismarı ilə ən çox əlaqəli parametr dəstini müəyyənləşdirmək mümkündür. Burada istifadə olunan üsullar:

2.2.1. Korrelyasiya analizi: Bir-biri ilə yüksək korrelyasiyada olan parametrlərin birini ixtisar etmək.

2.2.2. Statistik testlər: T-test, ANOVA, chi-square testləri vasitəsilə konkret parametrin hədəf dəyişən (nasaz / sağlam) ilə əlaqəsini ölçmək.

2.2.3. Qərar ağacları və Random Forest: Modellərdə hər bir parametrin “əhəmiyyət dərəcəsini” (feature importance) hesablamaq.

2.2.4. Maşın öyrənməsi əsasında optimallaşdırma alqoritmləri (məsələn, genetik alqoritmlər + sinir şəbəkələri): Parametr alt çoxluqlarını sınaqdan keçirərək proqnoz dəqiqliyi və xərc kimi kriteriyaları optimallaşdırır.

2.3. Ekspert sistemləri və Fuzzy Logic:

Bəzi radiotexniki avadanlıqlar üçün xüsusi mütəxəssislərin təcrübə bilik bazası əsasında qayda toplusu tərtib olunur. Ekspertlər deyə bilər ki, “əgər tezlikdə azca sapma varsa və paralel olaraq temperatur normadan yüksəkdirsə, nasazlığın ehtimalı yüksəkdir”. Belə qaydaların tərtibi və Fuzzy Logic yanaşması ilə parametr seçimi daha sadə model kimi görünür, lakin burada ekspertdən çoxlu sayda qayda tələb olunur, bu da böyük sistemlər üçün çətin ola bilər.

3. Müasir kriteriyalar və onların rolu

Hazırkı dövrdə, RTTS-in yerüstü avadanlıqlarının texniki vəziyyətinə nəzarət sahəsində “müasir kriteriyalar” aşağıdakı aspektlərdə formalaşır:

3.1. Real vaxtlı monitoring və xəbərdarlıq (real-time monitoring & alerting): parametr seçimi elə olmalıdır ki, real vaxt rejimində sürətli qərarvermə tələb olunan situasiyalarda (məsələn, enmə sistemində signal qeyri-normal olduqda) aşkarlama və xəbərdarlıq zamanı minimal gecikmə ilə reaksiya verilsin.

3.2. Proqnozlaşdırıcı texniki xidmət (Predictive Maintenance) potensialı: hər parametr nasazlığın simptomlarını göstərə bilmir; bəziləri isə nasazlıqdan əvvəlki gizli mərhələdə dəyişməyə başlayır. Bu cür “erkən xəbərdarədicilər” parametrlər (early warning indicators) daha üstün sayılır.

3.3. Sistem üzrə davamlılıq və dayanıqlılıq (resilience): bəzi parametrlər ekstremal şəraitdə (məsələn, yüksək temperatur, rütubət) tez və kəskin dəyişmə göstəricilərinə malikdir. Həmin parametrlər “həssas monitoring” üçün faydalı olsa da, bəzən səs-küy (noise) səviyyəsi də yüksək olur. Müasir yanaşmada səs-küyə davamlı olan və gerçək nasazlığı daha aydın göstərən parametrlərə üstünlük verilir.

3.4. Kiberfiziki (Cyber-Physical) integrasiya: yerüstü avadanlıqların idarə və nəzarət sistemləri tez-tez lokal və ya bulud əsaslı şəbəkələrə bağlı olur. Buna görə parametrlərin seçimi həm də informasiya təhlükəsizliyi (cybersecurity) risklərini azaltmalıdır. Məsələn, hər parametrin şəbəkə üzərindən ötürülməsi böyük data axını yaradırsa, bu həm kiber riskləri, həm də gecikmələri artırır.

3.3. İqtisadi səmərəlilik və tətbiq xərcləri:

Parametrin ölçülməsi üçün əlavə sensorlar, kalibrəmə cihazları, mütəmadi texniki servis xərcləri tələb olursa, bu, sistemin ümumi istismar büdcəsinə əhəmiyyətli təsir göstərə bilər. Bu mənada müasir texniki xidmət strategiyaları (Condition-Based Maintenance, Reliability-Centered Maintenance) ilə uyğunluq da tələb olunur.

Məhz bu kriteriyaların hər biri çərçivəsində parametrlər qiymətləndirilir və daha optimal dəst seçilir. Bunun üçün, yuxarıda qeyd edildiyi kimi, çoxkriteriyalı qərarvermə (AHP, TOPSIS) və ya maşın öyrənməsi (məsələn, multi-objective optimallaşdırma alqoritmləri) yanaşmaları integrasiya edilə bilər.

Cədvəl 3. Müasir kriteriyaların qısa xülasəsi

Kriteriya	Məzmun	Nümunəvi tətbiq
Real vaxtlı monitoring & xəbərdarlıq	Sistemdə operativ aşkarlama və xəbərdarlıq; minimal gecikmə	ILS signal sapmasının dərhal qeydiyyata
Proqnozlaşdırıcı texniki xidmət (PDM)	Erkən əlamətlərə əsaslanaraq planlı texniki tədbirlərin görülməsi	Temperatur & vibrasiya dəyişmələri əsasında proqnoz
Dayanıqlılıq (resilience)	Parametrin səs-küyə, ekstremal mühitə dayanıqlılığı; saxta siqnalların azaldılması	Yüksək temperaturda davamlı ölçmə sensorları
Kiberfiziki integrasiya	Bulud/IoT ilə uyğunluq, eyni zamanda kiber hücumlardan qorunma	Şifrələnmiş data ötürülməsi, identifikasiya sistemi
İqtisadi səmərəlilik & tətbiq xərcləri	Monitoringin ümumi maliyyəyə qatqısı, əlavə sensor xərcləri	Hər parametrin xərci/faydası dəyər nisbəti

Nəticələr və tövsiyələr. Məqalədə göstərildi ki, RTTS yerüstü obyektlərinin texniki vəziyyətinə intellektual nəzarət sistemində ən vacib addımlardan biri nəzarət olunacaq texniki parametrlərin

seçiminin optimallaşdırılmasıdır. Bu optimallaşdırma sistemi mütəxəssis qərarlarından asılılığı azaltmaqla yanaşı, nasazlıqların daha erkən və dəqiq aşkar edilməsinə şərait yaradır, istismar xərclərini azaldır və ümumi səmərəliliyi yüksəldir.

Əsas tövsiyələr aşağıdakılardır:

1. Bir neçə metodun birləşdirilməsi: Yalnız ekspert rəyinə və ya yalnız statistik/maşın öyrənməsinə əsaslanan yanaşma bəzən qeyri-dəqiq ola bilər. Hibrid yanaşmalar (AHP + maşın öyrənməsi) daha güclü nəticələr verir.

2. Dinamik yenilənmə: Parametr seçimi təkcə layihə başlanğıcında deyil, sistemin istismarı boyunca mütəmadi yenilənməlidir. Çünki avadanlığın yaşı, modernizasiya səviyyəsi, ekspluatasiya şəraiti dəyişdikcə vacib parametrlərin siyahısı da dəyişə bilər.

3. Sensor və ölçmə texnologiyalarının diqqətli seçimi: Parametrlərin yüksək dəqiqliklə ölçülməsi, səs-küyün azaldılması və davamlı monitoring üçün müasir sensor şəbəkələri, IoT əsaslı platformalar tətbiq olunmalıdır.

4. Kiber təhlükəsizlik və məlumat məxfiliyi: Toplanan texniki məlumatın hədəfli hücumlar nəticəsində pozulmaması üçün şifrələmə (encryption), identifikasiya və icazə menecmenti kimi mexanizmlərdən istifadə olunmalıdır.

5. İqtisadi əsaslandırma: Hər bir parametrin monitoringi üçün sərf edilən xərclə əldə olunan faydanın nisbəti (cost-benefit ratio) nəzərə alınmalıdır.

Beləliklə, seçilən parametr dəsti istismarçı təşkilatın konkret tələblərinə, avadanlığın tipinə və mümkün risklərə görə fərqlənə bilər. Lakin ümumi prinsip olaraq, nəzarət olunacaq parametr sayı daha az, lakin informasiya zənginliyi daha yüksək olmalıdır. Bu yanaşma təkcə intellektual nəzarət sisteminin effektivliyini artırır, həm də təhlilin operativliyini və etibarlılığını yüksəldir.

Bundan əlavə, məqalə çərçivəsində verilən metod və yanaşmalar ümumi istiqamətverici mahiyyət daşıyır. Hər bir konkret radiotexniki sistemin (məsələn, ILS və ya VOR/DME) özünəxas parametrləri və ölçmə meyarları olduğu üçün, real tətbiq zamanı həmin xüsusi tələblər də nəzərə alınmalıdır. Uçuşların təhlükəsizliyinin kritik əhəmiyyət daşıdığı bir sahədə, intellektual nəzarət metodlarının səmərəli işləməsi və davamlı təkmilləşdirilməsi üçün müvafiq mütəxəssis heyəti və elmi-tədqiqat institutları arasında əməkdaşlıq olduqca vacibdir.

Ədəbiyyat

- [1] ICAO Doc 8071 – “Testing of Radio Navigation Aids”.
- [2] EUROCONTROL – “Guidelines on CNS Systems Performance & Interoperability”.
- [3] FAA – “Technical Standard Orders (TSO) for Ground-Based Navigational Aids”.
- [4] Roy, B., “Multicriteria Methodology for Decision Aiding,” Kluwer Academic Publishers.
- Bishop, C. M., “Pattern Recognition and Machine Learning,” Springer, 2006.
- [5] Harmon, R. R., Raffo, D. M., “Value-based Adoption of Innovations: A Study of Early Adopters of RFID,” 2004.
- [6] Jolliffe, I. T., “Principal Component Analysis,” Springer, 2002.

OPTIMIZATION OF THE SELECTION OF TECHNICAL PARAMETERS FOR INTELLIGENT CONTROL OF THE TECHNICAL CONDITION OF GROUND FACILITIES OF RADIO-TECHNICAL FLIGHT SUPPORT SYSTEMS WITH MODERN CRITERIA

Hagverdiyev H.N., Ramazanov K.Sh.

Summary. This work investigates the issues of which technical parameters should be monitored in the process of intelligent control of the technical condition of ground objects of radio technical support systems (RTSS) of flights and the optimization of the selection of these parameters. The analysis shows

that the correct selection of the parameters to be monitored is of great importance for the correct assessment of the technical condition and timely detection of malfunctions. Here, multi-criteria decision-making methods are used, taking into account modern criteria (reliability, stability, applicability in reality, economic efficiency, etc.). The article presents, among other things, approaches based on machine learning, statistical analysis and expert assessment for the selection of the optimal set of parameters.

Keywords: radio technical support of flights, ground objects, intelligent control, parameter selection, optimization, multi-criteria decision making.



СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ СТОЛКНОВЕНИЙ TCAS ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ

Асадов Э.З., Гасанлы Г.М., Гусейнов В.С.

elnur.asadov@naa.edu.az

Национальная Академия Aviации, Азербайджан

Аннотация. Статья посвящена анализу системы предупреждения столкновений воздушных судов TCAS (Traffic Collision Avoidance System) и ее роли в обеспечении безопасности воздушного движения. Система TCAS представляет собой важнейший инструмент для предотвращения воздушных столкновений, используя радиолокационные данные и алгоритмы для автоматического обнаружения потенциальных угроз и предложения пилотам соответствующих маневров. В работе рассматриваются основные принципы функционирования TCAS, а также существующие проблемы и вызовы, связанные с ее применением в условиях современного интенсивного воздушного движения. Особое внимание уделено вопросам совершенствования алгоритмов системы с учетом новых технологий и стандартов авиационной безопасности. Также рассматриваются перспективы интеграции TCAS с другими авиационными системами, такими как ADS-B (Automatic Dependent Surveillance–Broadcast) и системами управления воздушным движением. На основе проведенного анализа предложены рекомендации по улучшению надежности и эффективности TCAS для повышения уровня безопасности в авиации. Статья может быть полезна специалистам в области авиационных технологий, безопасности полетов и разработки систем управления воздушным движением.

Ключевые слова: TCAS, система предупреждения столкновений, безопасность воздушного движения, авиационные технологии, алгоритмы предотвращения столкновений, интеграция систем, управление воздушным движением.

Введение. Система предупреждения столкновений TCAS является важным элементом, обеспечивающим безопасность воздушного движения. Она позволяет пилотам и операторам воздушных судов своевременно получать информацию о возможных столкновениях и предпринимать необходимые меры для их предотвращения. Несмотря на значительные достижения в области безопасности, с течением времени появляются новые вызовы и возможности для совершенствования TCAS. Данная статья посвящена анализу текущих проблем системы и возможным путям ее улучшения с целью повышения общей безопасности воздушного движения.

Принципы работы системы TCAS

Система TCAS была впервые разработана в 1970-х годах, и с тех пор претерпела несколько этапов модернизации. Ее основная задача — выявление потенциальных столкновений между воздушными судами и предупреждение пилотов о возможности аварийной ситуации. TCAS использует радиолокационные датчики, которые обнаруживают другие воздушные суда, оснащенные такими же системами, и анализируют данные о скорости и направлении их движения. В случае обнаружения угрозы TCAS выдает пилоту голосовые и визуальные предупреждения, предлагая конкретные маневры для избегания столкновения.

TCAS подразделяется на две версии: TCAS I и TCAS II. TCAS I предназначена для предупреждения пилотов о близости других воздушных судов, но не предоставляет рекомендаций по маневрам. В свою очередь, TCAS II не только предупреждает о потенциальной угрозе, но и дает рекомендации по маневрированию для предотвращения столкновения.

Совершенствование алгоритмов TCAS

Один из ключевых аспектов совершенствования системы TCAS — это улучшение алгоритмов, используемых для обработки данных о движении воздушных судов. В современных условиях, когда воздушное движение становится все более интенсивным, необходимо повышать точность и оперативность анализа данных о положении самолетов, а также оптимизировать процесс принятия решений для предотвращения столкновений.

Совершенствование алгоритмов может быть направлено на несколько аспектов:

1. *Учет факторов окружающей среды.* Например, на сегодняшний день системы TCAS ограничены при определении угрозы столкновения в условиях сложных метеорологических условий (например, в облаках). Использование более точных датчиков, таких как радары нового поколения или системы, использующие искусственный интеллект для анализа внешней среды, может повысить точность системы.

2. *Интеграция с другими системами безопасности.* Современная система TCAS могла бы более эффективно работать в комбинации с другими системами, такими как системы управления воздушным движением (АТМ), для обеспечения более скоординированной работы различных элементов системы безопасности. Например, интеграция TCAS с ADS-B позволит получать точные данные о положении самолета, что сделает систему более надежной.

3. *Обработка данных в реальном времени.* Для повышения эффективности TCAS можно использовать более мощные алгоритмы, которые позволяют анализировать данные и принимать решения в реальном времени, минимизируя время отклика. Это особенно важно в случае аварийных ситуаций, когда каждое мгновение может стать решающим.

Совершенствование интерфейса пилота

Для того чтобы система TCAS была более эффективной, важно, чтобы интерфейс, с которым работает пилот, был интуитивно понятным и оперативным. Сегодняшние системы часто требуют от пилотов выполнения сложных маневров при получении предупреждения. Совершенствование интерфейса системы, например, с использованием более четких визуальных и голосовых сигналов, позволит минимизировать ошибки и повысить скорость реакции пилота.

Одним из направлений улучшения является внедрение более продвинутых визуальных дисплеев, которые могли бы отображать информацию о движении других воздушных судов в реальном времени. Также стоит рассмотреть использование голосовых команд, которые могут дополнительно подсказать пилоту, какой маневр ему необходимо выполнить для избежания столкновения.

Технологические достижения и будущее TCAS

В последние годы произошло значительное развитие технологий в области воздушной навигации и безопасности. В частности, внедрение беспилотных летательных аппаратов и высокоскоростных самолетов предъявляет новые требования к системам предупреждения столкновений. В будущем ожидается, что системы TCAS будут интегрированы с новыми технологиями, такими как системы на основе искусственного интеллекта, которые смогут адаптироваться к меняющимся условиям и обучаться на основе собранных данных. Кроме того, развитие сети 5G и других высокоскоростных сетевых технологий позволит улучшить обмен данными между воздушными судами и системой управления воздушным движением, обеспечив более точное отслеживание движения и повышенную координацию действий.

Заключение. Совершенствование системы предупреждения столкновений TCAS является важной составляющей повышения безопасности воздушного движения. Развитие новых технологий и совершенствование алгоритмов позволяют сделать системы более точными, эффективными и оперативными. Интеграция с другими системами безопасности и улучшение интерфейса пилота будут способствовать сокращению количества аварийных ситуаций. Однако, несмотря на достижения в области безопасности, важно продолжать развивать TCAS для

удовлетворения новых вызовов и потребностей, возникших в условиях современного воздушного движения.

Литература

- [1] Glover, R. W., & Kovacs, S. (2010). **TCAS II Design and Implementation**. FAA Report.
- [2] Zhang, Y., & Yang, Z. (2020). "Optimization of TCAS System for Collision Avoidance in Complex Air Traffic Scenarios." *International Journal of Aerospace Engineering*, 2020.
- [3] Bragdon, C., & Allen, B. (2015). "Next-Generation Traffic Collision Avoidance System." *Aviation Safety Review*, 16(2), 55-63.
- [4] Liao, L. H., & Wu, W. J. (2018). "Analysis and Improvement of TCAS Performance." *Aviation Technology Journal*, 25(4), 97-104.
- [5] Eger, S., & Peters, M. (2019). "Machine Learning Applications in TCAS Optimization." *IEEE Aerospace Conference*, 8(1), 11-19.

IMPROVING THE TCAS COLLISION AVOIDANCE SYSTEM TO IMPROVE AIR TRAFFIC SAFETY

Asadov E.Z., Hasanly G.M., Guseinov V.S.

Abstract. This article is dedicated to the analysis of the TCAS (Traffic Collision Avoidance System) and its role in ensuring air traffic safety. The TCAS system is a crucial tool for preventing airborne collisions, utilizing radar data and algorithms for the automatic detection of potential threats and proposing corresponding maneuvers to pilots. The paper discusses the main principles of TCAS operation, as well as the existing problems and challenges related to its application in the context of modern, intensive air traffic. Special attention is given to the improvement of the system's algorithms in light of new technologies and aviation safety standards. The article also considers the prospects of integrating TCAS with other aviation systems, such as ADS-B (Automatic Dependent Surveillance–Broadcast) and air traffic management systems. Based on the analysis conducted, recommendations are provided to enhance the reliability and effectiveness of TCAS in order to improve safety in aviation. The article may be useful for specialists in the fields of aviation technology, flight safety, and air traffic management systems development.

Keywords: TCAS, collision avoidance system, air traffic safety, aviation technology, collision avoidance algorithms, system integration, air traffic management.

BÖLMƏ 3. AVIAKOSMİK PROBLEMLƏRİN HƏLLİNDƏ İKT**APPLICATION OF MACHINE LEARNING FOR IMPROVING CIVIL AVIATION SAFETY****Habibullayeva U.V., Binnataliyeva T.V.**ulkar.habibullayeva@naa.edu.az, tbinnataliyeva@naa.edu.az*National Aviation Academy, Azerbaijan*

Abstract. Flight data monitoring systems collect and analyze flight data using data obtained from flight data recorders. In civil aviation, the need to increase flight efficiency and safety has led to the necessity of applying advanced methods in the analysis of flight data. To address the problems caused by the growing volume of flight data, the integration of Machine Learning (ML) into the analysis process presents an innovative approach. This research work investigates the application of ML algorithms, including RandomForestClassifier and MultiOutputClassifier, in the analysis of flight data. The proposed approach allows for the prediction of flight stages, event severity levels, and potential incidents. In turn, this enables better risk analysis and increased safety. As a result, the application of ML enhances the accuracy and efficiency of flight data processing.

Keywords: flight data, machine learning, RandomForestClassifier, MLPClassifier, MultiOutputClassifier.

Introduction. The pressure on civil aviation operators to improve flight efficiency is increasing daily. Thanks to the combination of recent technological advancements and other factors, flight data monitoring (FDM) programs are now accessible to civil aviation operators. FDM is a technology and methodology used to collect and analyze data recorded during flights. FDM systems rely on data collected by flight data recorders. These devices record hundreds of parameters, including altitude, speed, engine performance and control signals. This data is crucial for identifying dangerous situations, equipment malfunctions, and deviations from standard operating procedures [1].

The growing number of flights in the aviation sector, in turn, increases the demand for the analysis of larger volumes of flight data. As the volume of flight data grows, the issue of analyzing this data becomes more complex for civil aviation operators. The application of machine learning (ML) in flight data analysis is considered an important step to improve safety and operational efficiency in this field. By applying ML in aviation, many accidents can be predicted through the analysis of flight data.

Problem definition. The main objective of the program developed by applying ML algorithms to flight data is to accurately predict the stages and event names related to different incidents during the analysis of flight data. By using Severity Score and other flight-related features, the predictive model estimates the flight stage and potential event, supporting better risk analysis and decision-making processes. This approach enables the early identification of potentially dangerous situations during or after a flight, allowing for appropriate actions to be taken. The primary goal is to provide more accurate and reliable analysis to increase flight safety and manage risks effectively.

Data preprocessing. In ML, the data processing stage is a key step that ensures the quality, consistency and usability of the data for training models [2]. At this stage, our dataset includes fields such as Flight Number, Flight ID, Snapshot, Flight Stage, Event Name and Date, Severity Level etc.

As an initial step, we familiarize ourselves with the data and carry out the data preprocessing phase. We remove certain fields that we will not use. Additionally, we check for null values. The presence of null values can cause several issues during the training phase, so we have replaced them with '0'. This is because adding any string could result in type errors during the learning phase. (Figure 1.)

```

null_values = data_f1.isnull().sum()
print(null_values[null_values > 0])

Review status      1029
Snapshot           2
Event snapshot value 2
Comments           1029
dtype: int64
data_f1 = data_f1.fillna("0")

```

Figure 1. Checking for null cells and replacing them with zeros

The severity level plays a key role in our model training phase, so we classify it according to levels ranging from 0 to 3 (Figure 2).

```

severity_mapping = {
    'Low': 1,
    'Medium': 2,
    'High': 3,
    'Info': 0
}

data_f1['Severity_Score'] = data_f1['Severity'].map(severity_mapping)

data_f1['Severity_Score'] = data_f1['Severity_Score'].fillna(0)

```

Figure 2. Replacing Severity Scores

Data analyses. At the data analysis stage, the number of events in the "Severity" column has been analyzed. Additionally, the number of events for each flight phase ("Phase") has been visualized.

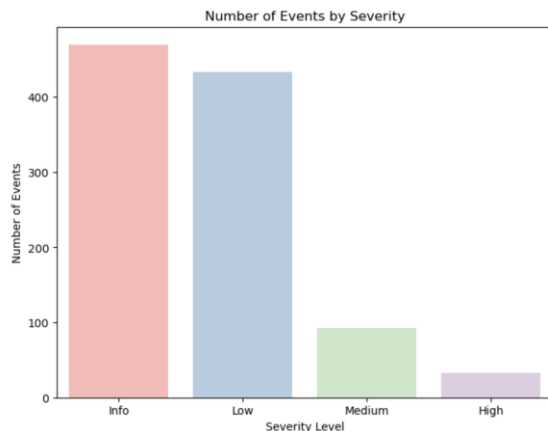


Figure 3. Analysis by Severity

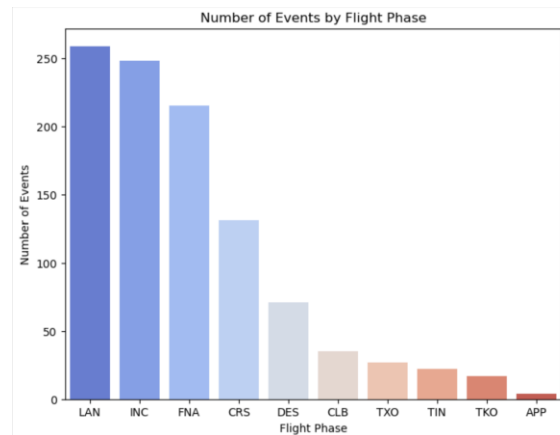


Figure 4. Analysis by Flight Phase

After obtaining individual statistical analyses, a more complex analysis model is achieved. This type of visualization helps to understand how event severity levels are distributed across flight phases. The analysis visualizes the number of events by flight phases and severity levels. The graph shows the number of events for each flight phase, with severity levels differentiated by color for each phase. This method is also more convenient for comparing which severity levels occur more frequently during specific flight phases.

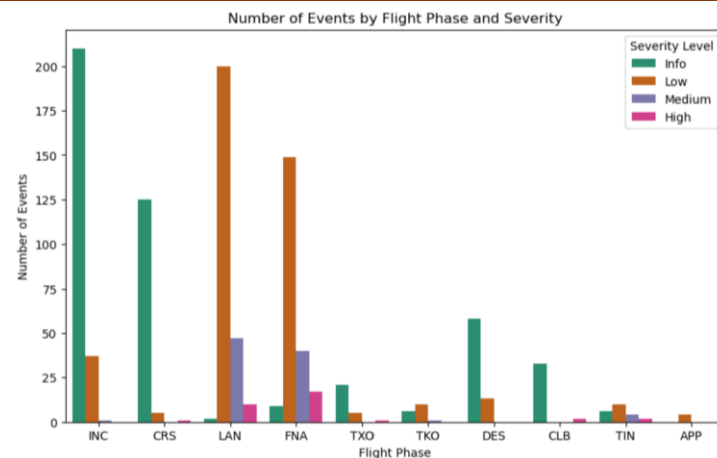


Figure 5. Analysis by Severity and Flight Phase

Creating a correlation matrix between the data is a very useful method for understanding the relationship between two or more variables and determining how they are interrelated. Correlation is a statistical measure that shows how two variables influence each other. It helps to identify whether there is a positive or negative relationship between the event name (Event Name Encoded) and the severity score (Severity_Score). As seen in our dataset, the correlation is -0.58 , indicating a negative relationship. For instance, some events are associated with high severity, while others are linked to low severity.

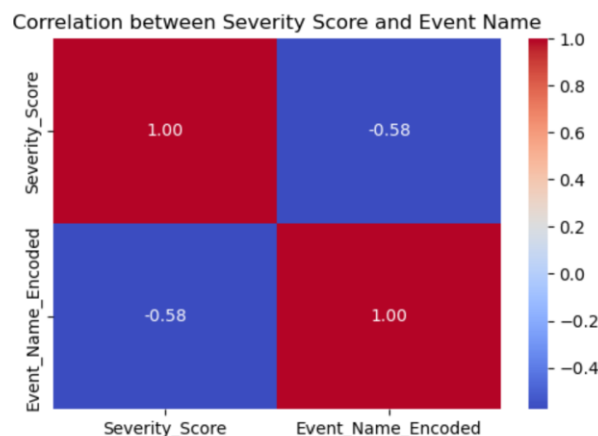


Figure 6. Correlation between Severity Score and Event Name

Application of ML modeling. As we know, there are various ML algorithms available. However, we will use only a few of them here. First, we define the main target variable, Severity Score, since the initial training will primarily focus on severity levels. For the first algorithm, we use RandomForestClassifier. The results of the code applied to your data demonstrate the performance of the RandomForestClassifier model [3]. The classification report provides metrics such as precision, recall, and F1-score on the test data. These metrics evaluate how well the model performs across different classes. Precision indicates the percentage of positive predictions that are actually positive. Recall shows the percentage of true positives correctly predicted by the model. The F1-score seeks to balance precision and recall by taking their harmonic mean. Support reflects the number of samples in the test data for each class, indicating the dataset's class distribution. Accuracy measures the percentage of correctly predicted samples overall, considering both positive and negative predictions.

	precision	recall	f1-score	support
0	1.00	1.00	1.00	84
1	1.00	1.00	1.00	96
2	1.00	1.00	1.00	19
3	1.00	1.00	1.00	7
accuracy			1.00	206
macro avg	1.00	1.00	1.00	206
weighted avg	1.00	1.00	1.00	206

Figure 7. RandomForestClassifier accuracy

As another algorithm, we will use MLPClassifier (Multilayer Perceptron Classifier), which is an artificial neural network model. [4] Here, we specify the number of hidden layers and iterations to obtain results.

	precision	recall	f1-score	support
0	1.00	0.83	0.91	84
1	0.71	1.00	0.83	96
2	0.00	0.00	0.00	19
3	0.00	0.00	0.00	7
accuracy			0.81	206
macro avg	0.43	0.46	0.43	206
weighted avg	0.74	0.81	0.76	206

Figure 8. MLPClassifier accuracy

Comparing the initial results, we notice a decrease in accuracy. In general, we can train models using multiple algorithms and then select the most suitable one for our specific goal.

In another stage, not only RandomForestClassifier but also MultiOutputClassifier is used. By incorporating the severity score, we derive the event name and phase. This method analyzes the model's accuracy, the intensity of severity levels across phases and events, and provides predictions for us.

```
severity_input = pd.DataFrame({'Severity': [2]}) # Example severity input
prediction = multi_target_rf.predict(severity_input)

Accuracy of the phase prediction: 47.09%
Accuracy of the event name prediction: 28.64%
Predicted phase: 6
Predicted event name: 27
```

Figure 9. Example 1

In Example 1, Phase 6 corresponds to the Landing phase, and the Predicted Event Name is Late Flare. Let's look at Example 2:

```
severity_input = pd.DataFrame({'Severity': [0]}) # Example severity input
prediction = multi_target_rf.predict(severity_input)

Accuracy of the phase prediction: 47.09%
Accuracy of the event name prediction: 28.64%
Predicted phase: 4
Predicted event name: 45
```

Figure 10. Example 2

Conclusions. The use of the program will enable more accurate and faster analysis of flight data. This is achieved through the application of various Machine Learning algorithms, including RandomForestClassifier, which will predict phases and event names using a predictive model. This will

allow for better risk analysis and optimization of safety measures during flights. The program, as an effective tool for in-depth analysis of flight data, will provide valuable support in preventing aviation accidents and enhancing safety. Additionally, by accurately determining the phases and intensity of flight-related events while considering various severity levels, the model significantly contributes to risk management in the aviation industry.

References

- [1] Stuart K. Lau - Vice President – FDM Services CAPACG, LLC. General Aviation Flight Data Monitoring, pages 1–14, March 2007.
- [2] Shai Shalev-Shwartz, Shai Ben-David, “Understanding machine learning From Theory to Algorithms” Cambridge University Press, 32 Avenue of the Americas, New York, NY 10013-2473, USA 2014.
- [3] <https://builtin.com/data-science/random-forest-algorithm>
- [4] https://scikit-learn.org/1.5/modules/neural_networks_supervised.html

MÜLKİ AVIASİYADA TƏHLÜKƏSİZLİYİN ARTIRILMASI ÜÇÜN MAŞIN ÖYRƏNMƏSİNİN TƏTBİQİ

Həbibullayeva Ü.V., Binnətəliyeva T.V.

Xülasə. Uçuş verilənlərinin monitorinqi sistemləri uçuş rekorderlərindən alınan verilənlərdən istifadə edərək uçuş zamanı yazılan verilənləri toplayır və təhlil edir. Mülki aviasiyada uçuşların səmərəliliyini və təhlükəsizliyi artırmaq tələbi uçuş verilənlərinin təhlilində qabaqcıl metodların tətbiqi zəruriyyəti yaradır. Artan uçuş verilənlərinin həcmnin yaratdığı problemləri həll etmək üçün təhlil proseslərinə maşın öyrənməsinin (ML - Machine Learning) inteqrasiyası innovativ yanaşmadır. Bu tədqiqatda RandomForestClassifier və MultiOutputClassifier də daxil olmaqla ML alqoritmlərinin uçuş verilənlərinin təhlilində tətbiqi araşdırılmışdır. Təklif olunan yanaşma uçuş mərhələlərini, hadisənin ciddilik səviyyələrini və potensial hadisələri proqnozlaşdırmağa imkan verir. Bu isə öz növbəsində risklərin daha yaxşı təhlilini və təhlükəsizliyin artırılmasını təmin edir. Nəticədə ML tətbiqi uçuş verilənlərinin emalında dəqiqliyi və effektivliyi artırır.

Açar sözlər: uçuş verilənləri, maşın öyrənməsi, RandomForestClassifier, MLPClassifier, MultiOutputClassifier.



KOMPÜTER ŞƏBƏKƏLƏRİNDƏ QEYRİ-MƏHDUD BUFER YADDAŞLI İNFORMASIYA TƏHLÜKƏSİZLİYİ SİSTEMİNİN İŞLƏNMƏSİNİN ALQORİTM VƏ MODELƏRİ

Şəkərova A.A., İsmayılov B.Q.

sekerovaaynur@gmail.com,

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Kompüter şəbəkələrində qeyri məhdud bufer yaddaşlı informasiya təhlükəsizliyi sistemlərinin qurulması məsələsi qoyulmuş, məsələnin həll edilməsi üçün informasiya təhlükəsizliyi sisteminə qeyri məhdud gözləməyə malik kütləvi xidmət sistemi kimi baxılmışdır. Təqdim edilən işdə informasiya təhlükəsizliyi sisteminin işlənməsi məqsədilə GPSS World (General Purpose Simulation System) modelləşdirmə sistemi üçün simulyasiya modelinin alqoritmı işlənmiş və eksperiment aparılmış, nəticələr alınmışdır. Alınmış nəticələr müxtəlif təyinatlı kompüter şəbəkələrində informasiya təhlükəsizliyi sistemlərinin qurulması zamanı istifadə edilə bilər.

Açar sözlər: informasiya təhlükəsizliyi sistemləri, informasiya təhlükəsizliyi, sanksiyalaşdırılmamış müdaxilə, kütləvi xidmət sistemləri, müdafiə mexanizmi.

Giriş. Hazırda kompüter şəbəkələrində informasiya təhlükəsizliyi sistemlərinin yaradılması aktual məsələlərdəndir. Aparılmış praktik araşdırmalar göstərir ki, korporativ kompüter şəbəkələrinə qlobal İnternet şəbəkəsindən normal informasiyalarla yanaşı sanksiyalaşdırılmamış informasiyalar da daxil olaraq şəbəkə resurslarına ziyan verir. Ona görə də təqdim olunan işdə belə şəbəkələrdə şəbəkənin proqram-texniki resurslarından istifadə edərək informasiya təhlükəsizliyi sistemlərinin işlənməsi üçün alqoritm və modellər işlənmişdir.

Kompüter şəbəkələrində informasiya təhlükəsizliyi sisteminin strukturuna əsasən informasiyanı filtrasiya edən müdafiə mexanizmləri daxildir. Belə ki, informasiya təhlükəsizliyi sisteminə daxil olan bədnıyyətli bu mexanizmlərin hər hansı birindən yoxlanılaraq keçir. Əgər daxil olan informasiya hər hansı bədnıyyətli və ya sistem tərəfindən tanınmayan informasiyadırsa o bloklanır, əks halda isə qorunan resurslara daxil olaraq emal olunur və sistemi tərk edir.

Metod. İşdə qoyulmuş məsələnin həll edilməsi üçün informasiya təhlükəsizliyi sisteminə qeyri məhdud bufer yaddaşa malik kütləvi xidmət sistemi kimi baxılmışdır. Əgər bədnıyyətli informasiya mənbəyi, müdafiə mexanizmlərinə xidmət qurğuları kimi baxılırsa informasiya təhlükəsizliyi sisteminə kütləvi xidmət sistemi kimi baxmaq olar.

Fərz edilmişdir ki, sistemin girişinə daxil olan informasiya seli eksponensial paylanmaya malkdır. Baxılan strukturda:

- informasiya sistemə daxil olduqda bütün müdafiə mexanizmləri məşğuldursa o buferdə həmişə yer olduğundan növbədə gözləyir, müdafiə mexanizmlərindən heç olmasa biri azad olduqda xidmət alaraq sistemi tərk edir.

Nəticə. Təqdim edilən işdə informasiya təhlükəsizliyi sisteminin işlənməsi məqsədilə GPSS World (General Purpose Simulation System) modelləşdirmə sistemi üçün simulyasiya modelinin alqoritmı işlənmiş, eksperiment aparılmış, nəticələr alınmışdır. Alınmış nəticələr müxtəlif təyinatlı kompüter şəbəkələrində informasiya təhlükəsizliyi sistemlərinin qurulması zamanı istifadə edilə bilər.

Ədəbiyyat

[1] İsmayılov B.G. Modelling and analysis of the security system information in service networks. – 2022. – /B.G. Ismailov// Проблеми інформатизації та управління, Т.1, №69.– С.46-53.DOI:10.18372/2073-4751.69.16812

**ALGORITHM AND OPERATION MODELS OF INFORMATION SECURITY SYSTEMS
WITH UNLIMITED BUFFER MEMORY IN COMPUTER NETWORKS****Ismailov B.G., Shakarova A.A.**

Abstract. The question was raised about building information security systems with unlimited buffer memory in computer networks, and to solve this problem, the information security system was considered as a queuing system with unlimited waiting. In the presented work, in order to develop an information security system, an algorithm for a simulation model of the GPSS World (General Purpose Simulation System) modeling system was developed, an experiment was conducted and the results were obtained. The results obtained can be used. when building information security systems in computer systems and networks for various purposes.

Key words: unauthorized access, information security systems, information security, queuing systems, protection mechanism



ALİ MƏKTƏB TƏLƏBƏLƏRİNİN İXTİSAS YÖNÜMLÜ PROFESSIONAL HAZIRLIĞININ TƏLƏBLƏRİ VƏ ƏSAS GÖSTƏRİCİLƏRİNİN ÇƏKİLİ-FAKTOR MODELİ

Əmirxanlı D.Ş.^{1*}, Ağazadə Ə. N.², Amanov R.Ş.¹

damirhanli@naa.edu.az

¹ Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

² Azərbaycan Texniki Universiteti, Azərbaycan

Xülasə. Müasir cəmiyyət universitet məzunlarına yüksək tələblər qoyur. Bu tələblər rəqabətli əmək bazarında universitet məzunları yüksək reyting verə biləcək bir sıra peşəkar və psixoloji xüsusiyyətlərə malik olmağı tələb edir. Təbii ki, gələcək professional fəaliyyət istiqamətini seçərkən tələbə təkcə arzularına və istəklərinə deyil, həm də şəxsi keyfiyyətlərindən irəli gələn imkanlarını da qiymətləndirməlidir. Məqalədə ali məktəb tələbələrini ixtisas üzrə hazırlığının tələbləri və əsas göstəricilərinin sistem-struktur analizi əsasında çəkili faktor modeli təklif edilmişdir. Cəmiyyət, dövlət və işəgötürənlər tərəfindən məzuna irəli sürülən tələblər müxtəlif yanaşmalarda-çəki əmsalları, Saati şkalası tətbiq etməklə, F-metrika, TF-IDF statistik əhəmiyyətlik ölçüsü, Jakkard əmsalı ilə qiymətləndirilmiş, məzunun bu tələblərdən irəli gələn mütəxəssis kimi hazırlıq səviyyəsi isə universitetdə əldə etdiyi praktiki vərdişlərlə yanaşı yüksək mədəni və şəxsi keyfiyyətlərə malik vətəndaş kimi formalaşması kimi götürülmüşdür. Analizin nəticələrindən tələbələrə mütəxəssis kimi hazırlığının qiymətləndirilməsində istifadə edilə bilər.

Açar sözlər: məzun, çəki əmsalı, Saati şkalası, F-metrika, TF-IDF, statistik əhəmiyyətlik ölçüsü, Jakkard əmsalı.

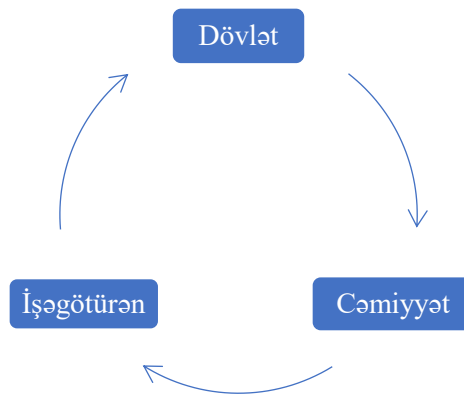
Giriş. Sürətli texnoloji dəyişikliklər, inkişaf etmiş infrastruktur və istehsalın bütün sahələrinin avtomatlaşdırılması ilə xarakterizə olunan müasir informasiya texnologiyaları dövründə informasiya cəmiyyətinin formalaşması və inkişafı mütəxəssislərin hazırlanması keyfiyyətinə yüksək səviyyəli tələblər qoyur. Universitetdə mütəxəssis hazırlığının keyfiyyətinə nəzarət ilə bağlı fəaliyyətlər təhsil fəaliyyətinin bütün sahələrini, habelə bu fəaliyyəti təmin edən resursların keyfiyyətinə nəzarəti əhatə etməlidir [1].

Bəzi hallarda mütəxəssis hazırlığının keyfiyyətinə nəzarət üzrə qiymətləndirmələr subyektiv xarakter daşıdığından tam olmur, bu halda tələbənin əmək bazarına hazırlığı barədə qərar formal xarakter daşıyır. Tədqiqatçılar mütəxəssis hazırlığının qiymətləndirilməsi prosesində faktorların ehtimalı, bəzən də qeyri-müəyyən olduğundan qiymətləndirmələrdə risk analizindən istifadəyə üstünlük verirlər [2]. Məlumdur ki, risk nəzəriyyəsində müəyyən hadisələrin və insan fəaliyyətinin növlərinin xüsusiyyətlərindən irəli gələn düzgün olmayan və ya lazımı idarəetmə qərarlarının qəbul edilməməsi ehtimalı və ya müəyyən bir fəaliyyəti həyata keçirərkən planlaşdırılmamış nəticələrin əldə edilməsi ehtimalı risk kimi qəbul edilir. [3].

Tədqiqatçılar gələcək mütəxəssisin formalaşmasında universitetlərin rolunu modelləşdirmək üçün müxtəlif üsullardan, sistemli yanaşma ilə kompetensiyaların kəmiyyət qiymətləndirmələri [4] yanaşmasından, müxtəlif sosial sorğular əsasında, məsələn 16 faktorlu Kettel sorğusu [5], və ya psixoloji testlərdən [6] istifadə edirlər. Qeyd edək ki, müxtəlif faktorların mütəxəssis hazırlığına təsirinin modelləşdirilməsində əsas fikir bu xüsusiyyətlərin birqismətli olmaması və bir-biri ilə əlaqəli olmasıdır. Ümumilikdə götürdükdə mütəxəssis hazırlığının qiymətləndirilməsində universitet təhsilinin səviyyəsinin ilk növbədə tələbənin fərdi xüsusiyyətlərindən irəli gələn bacarıq və səriştələri, təhsil dövründə onun qazandığı biliklərin və vərdişlərin dövlətin, cəmiyyətin və işəgötürənlərin tələblərinə uyğun olaraq kompleks qiymətləndirmə modeli kimi istifadə edilməlidir. Bu istiqamətdə yanaşdıqda məsələnin qoyuluşunu aşağıdakı kimi formalaşdırma bilərik:

Məsələnin qoyuluşu. Tələbənin mütəxəssis kimi formalaşması səviyyəsinin qiymətləndirilməsi üçün çəkili-faktor modelinin yaradılması

Məsələnin həll üsulu. Müasir informasiya cəmiyyəti universitet məzunlarına cəmiyyətin texniki-texnoloji səviyyəsindən irəli gələn və sürətlə dəyişən tələblər qoyur. Bu tələblər rəqabətli əmək bazarında universitet məzunlarına yüksək reyting verə biləcək bir sıra peşəkar və psixoloji xüsusiyyətlərə malik olmağı tələb edir. Təbii ki, gələcək professional fəaliyyət istiqamətini seçərkən tələbə təkcə arzularına və istəklərinə deyil, həm də şəxsi keyfiyyətlərindən irəli gələn imkanlarını da qiymətləndirməlidir. Tələbənin universitet təhsili dövründə baza bilikləri və fərdi psixofizioloji xüsusiyyətlərindən irəli gələn bacarıqları nəticəsində əldə etdiyi ixtisas üzrə attestasiya nəticələri adətən onun mütəxəssis səviyyəsinin qiymətləndirilməsində əsas rol oynayır. Universitet tələbəyə daxili nizam intizama riayət etməklə tədris proqramlarında nəzərdə tutulmuş kompetensiyaları qazanmaqda yardımçı olur. Lakin tələbə təhsilini başa çatdırdıqda və mütəxəssis kimi əmək bazarında iş tapmaq istəyəndə bir çox istiqamətdə tələblərlə rastlaşır. Bu ilk növbədə işəgötürənin öz maraqları və fəaliyyət istiqamətləri daxilində ifadə edilən tələblərdir. Bu tələblər hətta fəaliyyət sahələri eyni olan işəgötürənlər tərəfindən fərqli şəkildə irəli sürülə bilər. Lakin bu tələblər ümumilikdə dövlətin bütün vətəndaşlarına, o cümlədən universitet məzunlarına dövlət mənafeyindən irəli gələn tələblərə uyğun olmalı, onun ziddinə olmamalıdır. Digər istiqamətdə tələblər cəmiyyət tərəfindən məzunlara uzun illər ərzində formalaşan etik və sivil səviyyədən irəli gələn tələblərdir. Bütün bu tələblərin ödənilməsində əsas göstərici kimi tələbənin fərdi xüsusiyyətlərindən irəli gələn bacarıqlarıdır (şəkil 1).



Şəkil 1. İnformasiya cəmiyyətinin universitet təhsilinə tələblərin strukturu

Beləliklə hər istiqamət üzrə tələblərin müəyyən edilməsi və universitet təhsilinin bu tələblərin ödənilməsinə təsirini qiymətləndirmək üçün bu tələbləri ayılıqda analiz edək.

Cəmiyyət tərəfindən bu tələblər müxtəlif fəaliyyət sahələrində rast gəlinən praktiki məsələləri effektiv şəkildə həll etmək bacarığı və yüksək mədəni və şəxsi keyfiyyətlərə malik olması tələbi kimi ifadə edilir. Birinci tələb üzrə bacarıqlar tələbənin təhsil dövründə əldə etdiyi praktiki biliklərlə-laboratoriya, məşğələ, müxtəlif təcrübələr, kurs işləri və s. ilə formalaşır. Tələbə universitet təhsili ərzində məhz bu istiqamətdə əldə etdiyi bilik və səriştələr onun cəmiyyət tərəfindən necə qəbul edilməsinə təsiri danılmazdır. Tələbənin cəmiyyət tərəfindən mütəxəssis kimi hazırlığına qoyduğu bu tələbin ödənilməsi səviyyəsi kimi tələbənin təhsil dövründə ümumi əldə etdiyi biliklərdə praktiki vərdişlərin nisbi çəkisi- n_t

$$n_t = \frac{\sum q_{pr}}{\sum q} \quad (1)$$

kimi göstərilə bilər.

Burada

$\sum Q_{pr}$ - tədris dövründə tələbənin praktiki tədris növləri üzrə attestasiyalarının nəticələrinin cəmi

$\sum Q$ - tədris dövründə tələbənin bütün fənlər üzrə attestasiyalarının nəticələrinin cəmi

Qeyd edilən tədris keyfiyyətlərindən başqa cəmiyyət tələbəyə həmçinin yüksək mədəni və şəxsi keyfiyyətlərə malik vətəndaş kimi formalaşmasında maraqlıdır. Bu keyfiyyətlər tələbənin universitet daxili nizam-intizam qaydalarına əməl etməsi, onun ictimai işlərdə iştirakı və s. ilə ölçülməlidir. Təbii ki, bu fəaliyyətlər onun tələbə yoldaşları və müəllimləri tərəfindən qiymətləndirməlidir. Tələbənin nizam- intizam qaydalarının pozulması faktlarını 100 ballıq Saati şkalasından istifadə edərək qiymətləndirmək olar [7]. Bu halda 100-bal tələbənin etik qaydaları kobud şəkildə pozduğu və universitetdən xaric olduğu hala aid edilir,”0” bal isə ictimai fəal olan, həm universitet daxilində, həm də tədrisdən kənarda müxtəlif sosial fəaliyyətlərə malik olan tələbələrə verilir, qalan hallarda isə tədris ekspertlərinin rəyləri əsasında tələbənin ümumi qaydalardan kənar davranışları “əhəmiyyətsiz”, “az”, “nisbətən pozuntu” “orta” “əhəmiyyətli” “ciddi” və s. kimi dərəcələndirilə bilər. Hər pozuntu dərəcəsini 100 ballıq şkalada bilməklə tələbənin vətəndaş kimi formalaşmasına cəmiyyətin qoyduğu ikinci tələbin nisbi çəkisini

$$n_v = \frac{100 - \sum Q_p}{100} \quad (2)$$

hesablamaq olar. (1)-(2) formulları əsasında cəmiyyətin tələbənin mütəxəssis kimi hazırlığına yönəltdiyi tələbin ümumi səviyyəsi n_t və n_v kəmiyyətlərinin F kriteriyası kimi

$$n_c = \frac{2n_t n_v}{n_t + n_v} \quad (3)$$

formalaşdırıla bilər.

İşəgötürənlər tərəfindən tələblər tələbənin konkret olaraq qəbul etdiyi iş üzrə bacarıq və səriştəsinin olması (bu tədris dövründə tələbənin tədrisdə və tədrisdən kənar fəaliyyəti- fərdi kurslarda, müxtəlif seminar, qısamüddətli praktiki vebinarlarlarda və s iştirakı) ilə, həmçinin onun işəgötürən tərəfindən qoyulmuş məsələnin həlli bacarıqları (təşəbbüskarlıq, təşkilatçılıq bacarığı və s. şəxsi keyfiyyətləri) ilə müəyyən edilir. Birinci tələb işəgötürənə yeni işçiyə daha az vaxt və maliyyə vəsaiti xərcləməyə imkan verir. Bu tələbin qiymətləndirilməsi tələbənin universitetdə oxuduğu dövrdə tədris edilən fənlər içərisində qəbul olunduğu konkret işdə istifadə edilməsi imkanı kimi formalaşdırıla bilər:

$$n_b = \frac{\sum Q_{ib}}{\sum Q_b}. \quad (4)$$

Burada

$\sum Q_{ib}$ - tələbənin qəbul edildiyi işə uyğun olan tədris dövründə keçdiyi fənlərdən attestasiya nəticələrinin cəmi

$\sum Q_b$ - tədris dövründə tələbənin ixtisas fənlər üzrə attestasiyalarının nəticələrinin cəmi

İkinci tələb-tələbənin fərdi keyfiyyətlərinin onun gələcək mütəxəssis kimi formalaşmasına təsirinin qiymətləndirilməsi tələbi çoxqiymətli və çoxfaktorlu prosesdir. Belə proseslərin modelləşdirməsində müxtəlif metod və yanaşmalardan istifadə edilir. Biz bu qiymətləndirilmədə tələbənin yoldaşları və müəllimləri tərəfindən ekspert rəylərindən istifadə edəcəyik. Qiymətləndirmə kimi Saati şkalası əsasında tələbənin yoldaşlarının verdiyi qiymətlərlə- Q_{ft} , müəllimlərin verdiyi qiymətlərdən- Q_{pt} istifadə edərək ümumi qiymətləndirməni Jakkard əmsalı kimi hesablaya bilərik:

$$n_f = \frac{\sum Q_{ft} Q_{pt}}{\sum Q_{ft} + \sum Q_{pt} - \sum Q_{ft} Q_{pt}} \quad (5)$$

İşəgötürənlər tərəfindən tələblərin ümumi göstəricisi n_i (4) və (5) formulları ilə hesablanmış n_b və n_f kəmiyyətləri üçün v (3) formulu ilə hesablaya bilərik.

Dövlət tərəfindən tələbələrin ixtisas üzrə hazırlığı səviyyəsinə qoyduğu tələblər bütövlükdə həm cəmiyyətin, həm işəgötürənlərin, həm də tələbənin fərdi xüsusiyyətlərinə qoyulan tələblərin çəki əmsallarından istifadə etməklə aşağıdakı kimi hesablamaq olar:

$$n_D = ABS \left[(n_c + n_i + n_f) \ln \left(\frac{1}{n_c + n_i + n_f} \right) \right] \quad (6)$$

(6) formulu ilə hesablanmış n_D kəmiyyəti n_c , n_i və n_f kəmiyyətlərinin uyğunluğu əmsalı kimi qəbul edilə bilər. Qeyd edək ki, bu əmsal elmi ədəbiyyatlarda TF-IDF çəkisi kimi ifadə edilir.

Universitet məzunun mütəxəssis kimi hazırlıq səviyyəsi (3) formulu ilə müəyyən edilmiş cəmiyyətin tələbləri, n_b və n_f kəmiyyətləri üçün yenə də həmin formulla hesablanmış işəgötürənlərin tələbləri- n_i və nəhayət (6) formulu ilə hesablanmış dövlətin qoyduğu tələb n_D parametrləri nəzərə alınmaqla hesablanmalıdır. Bunun üçün bu əmsalların kosinus əmsallarından düzəldilmiş simmetrik matrisin

$$A = \begin{bmatrix} 1 & \text{sim}(n_D, n_c) & \text{sim}(n_D, n_i) \\ 1/\text{sim}(n_D, n_c) & 1 & \text{sim}(n_c, n_i) \\ 1/\text{sim}(n_D, n_i) & 1/\text{sim}(n_c, n_i) & 1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

məxsusi ədədləri

$$\|A - \lambda E\| = 0 \quad (8)$$

Çoxhədlisinin kökləri kimi hesablanır. Məxsusi ədədlərin maksimumu- λ_{max} vasitəsi ilə universitet məzunun mütəxəssis kimi hazırlıq səviyyəsi

$$h = 4 - \lambda_{max} \quad (9)$$

formulu ilə müəyyən edilir.

Burada

$$\text{sim}(x, y) = \frac{x \cdot y}{\sqrt{x^2 + y^2}} \quad (11)$$

$$E = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (12)$$

vahid matrisdir.

Qeyd edək ki, (7) simmetrik matrisinin məxsusi ədədlərindən ən azı biri həqiqi ədəddir və bütün mümkün hallarda universitet məzunun mütəxəssis kimi hazırlıq səviyyəsi (1)-(12) formulları ilə təyin edilə bilər.

Nəticə və təkliflər. Universitet tələbəsinin mütəxəssis kimi formalaşmasına təsir edən faktorlar sistemli şəkildə öyrənilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, təhsil proqramlarında tələbənin praktiki yönümlü fənlərin bütün fənlərdə çəki əmsalı onun əmək bazarına hazırlıq səviyyəsinə əhəmiyyətli şəkildə təsir edir. Ali təhsilli mütəxəssisə qoyulan tələblər dövlətin, cəmiyyətin və işəgötürənlərin tələbləri kimi sinifləşdirilərək tədqiq edilmişdir. Qeyd edilmişdir ki, bu tələblər qarşılıqlı əlaqədə olub, bir-birini tamamlayır və ziddiyyət təşkil etmir.

Cəmiyyət tərəfindən qoyulan tələblər universitet təhsilinin yüksək səviyyədə olması ilə təhsil dövründə onun davranışından irəli gələn mənəvi-sosial fəaliyyətlərinin birgə nəticəsi kimi F kriteriya vasitəsi ilə qiymətləndirilmişdir. İşəgötürənlər tərəfindən tələblər tələbənin konkret olaraq qəbul etdiyi iş üzrə bacarıq və səriştəsinin olması ilə onun fərdi keyfiyyətlərindən irəli gələn bacarıqlarının kompleksi kimi Jakkard uyğunluq əmsalı ilə hesablanmışdır. Dövlət tərəfindən tələbələrə ixtisas üzrə hazırlığı səviyyəsinə qoyduğu tələblər bütövlükdə həm cəmiyyətin, həm işəgötürənlərin, həm də tələbənin fərdi xüsusiyyətlərinə qoyulan tələblərin kompleksi kimi qəbul edildiyindən bu əmsallardan asılı hesablama formulu verilmişdir.

Universitet məzunun mütəxəssis kimi hazırlıq səviyyəsi cəmiyyətin, dövlətin və işəgötürənlərin tələblərinin kosinus əmsallarından düzəldilmiş matrisin məxsusi ədədi vasitəsi ilə hesablama metodikası verilmişdir.

Bu iş Azərbaycan Elm Fondunun maliyyə dəstəyi ilə yerinə yetirilmişdir - Qrant № AEF-GAT-8-2024-1(49)-03/01/1-M-01.

Ədəbiyyat

- [1] ГОСТ Р ИСО 9000–2001. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. – М., 2001
- [2] Марухина О., Берестнева О. Системный подход к оценке качества образования // Стандарты и качество. 2002. № 4. С. 35.
- [3] Щеглов П.Е. Качество высшего образования. Риски при подготовке специалистов // Университетское управление: практика и анализ. - 2003. – № 1(24). С. 46-59.
- [4] Полетайкин А.Н., Ильина Т.С., Белоус С.А. Системный подход к моделированию и количественному измерению образовательных компетенций // Материалы Российской научно-технической конференции «Обработка информации и математическое моделирование», Новосибирск, СибГУТИ, 2015. – С. 275 284
- [5] Аглямова З.Ш., Камашева Ю.Л. Шевченко Д.В. Об одном подходе к измерению сформированности компетенций //Азимут научных исследований: педагогика и психология. 2018. Т. 7. № 2(23)
- [6] Тест опросник Г. Шмишека, К. Леонгарда. Методика Акцентуации характера и темперамента личности. [Электронный ресурс]. URL: <http://psycabi.net/testy/395>
- [7] Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. - М.: Радио и Связь, 1993.

REQUIREMENTS AND KEY INDICATORS OF HIGHER EDUCATION STUDENTS' PROFESSIONAL TRAINING: A WEIGHTED-FACTOR MODEL

Amirkhanlı D.Sh., Aghazade A.N., Amanov R.Sh.

Abstract. Modern society imposes high demands on university graduates. These requirements necessitate those graduates possess a set of professional and psychological qualities that can provide them with a competitive advantage in the labor market. Naturally, when choosing a future professional career path, students must evaluate not only their aspirations and interests but also their personal qualities and capabilities. This article proposes a weighted-factor model based on a system-structural analysis of the requirements and key indicators for professional training in higher education. The requirements set by society, the state, and employers for graduates are assessed using different approaches-weight coefficients, the Saaty scale, F-metric, TF-IDF statistical significance measurement, and the Jaccard coefficient. A graduate's level of preparedness as a specialist is evaluated not only based on practical skills acquired at the university but also on their cultural and personal qualities as a well-rounded individual. The results of the analysis can be used to assess students' professional training and readiness for the labor market.

Keywords: graduate, weight coefficient, saaty scale, F-metric, TF-IDF, statistical significance measurement, Jaccard coefficient.



СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ SOFT COMPUTING И ИХ ИНТЕГРАЦИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ СЛОЖНЫХ МНОГОЗАДАЧНЫХ ПРОБЛЕМ

Кучкаров Ф.Р., Габибуллаев С.Б.

farid.kuchkarov@inbox.ru

Национальная Академия Авиации, Азербайджан

Аннотация. В этой статье представлен сравнительный анализ методов Soft Computing (мягких вычислений), таких как нечеткая логика, искусственные нейронные сети, эволюционные алгоритмы и методы машинного обучения. Эти подходы основаны на способности справляться с неопределенностью, работать с неполными данными и решать проблемы, выходящие за рамки возможностей традиционных алгоритмических методов. Особое внимание уделено преимуществам каждой методики, таким как адаптивность и способность к обучению нейронных сетей, гибкость и интуитивность нечеткой логики, а также эффективность эволюционных алгоритмов в задачах оптимизации. Рассматриваются такие области применения, как обработка данных, управление сложными системами, прогнозирование, медицина и робототехника. Особое внимание уделяется важности выбора подходящего метода в зависимости от задачи и возможности его интеграции для решения многопараметрических задач. Это исследование демонстрирует потенциал объединения подходов для достижения высокой точности, надежности и адаптируемости в реальных ситуациях.

Ключевые слова: Soft Computing, нейронные сети, нечеткая логика, машинное обучение, комплексный подход

Введение. Soft Computing представляет собой перспективное направление современной науки, объединяющее методы, которые ориентированы на обработку неопределенных, неполных и многозначных данных. Эти методы включают нечеткую логику, нейронные сети, эволюционные алгоритмы и машинное обучение, которые позволяют решать сложные задачи в условиях, когда традиционные методы оказываются недостаточно эффективными.

Выбор темы обусловлен актуальностью разработки и внедрения методов мягких вычислений в различных отраслях науки и техники, включая медицину, экономику, робототехнику и управление сложными системами. Несмотря на значительное количество исследований в данной области, остаются открытыми вопросы сравнительного анализа различных методов, выявления их преимуществ и недостатков, а также определения оптимальных областей применения.

Предыдущие исследования учёных продемонстрировали успех отдельных методов в решении специализированных задач, однако интеграция различных подходов для достижения высокой точности и надежности все еще требует дополнительных исследований. В данной статье предпринята попытка восполнить этот пробел, что обуславливает теоретическую и практическую значимость исследования.

Методы исследования. Методы Soft Computing, такие как нечеткая логика, нейронные сети, эволюционные алгоритмы и машинное обучение, обладают своими сильными и слабыми сторонами. Нечеткая логика, отличается простотой интерпретации и эффективностью в задачах, связанных с неопределенностью, что делает её полезной в системах управления. Однако она ограничена в обучаемости и трудна в применении для обработки больших объёмов данных. Нейронные сети, с другой стороны, обеспечивают высокую обучаемость и адаптивность, хорошо справляются с большими объёмами данных и универсальны в различных задачах. Но их интерпретируемость оставляет желать лучшего, а вычислительная сложность высока.

Эволюционные алгоритмы эффективны для глобальной оптимизации, особенно в задачах с множеством локальных экстремумов, но они могут быть медленными в сходимости, особенно для задач высокой размерности. Машинное обучение демонстрирует высокую точность при наличии большого объема данных и автоматическую адаптацию к изменяющимся условиям. Однако оно требует значительных данных для обучения и может привести к переобучению, что зависит от выбора модели и параметров.

В исследовании использовался комплексный подход для оценки методов мягких вычислений, включающий анализ теоретической литературы и практических приложений. Проведен сравнительный анализ различных методов Soft Computing для выявления их преимуществ и недостатков в решении конкретных задач (таб. 1). Практическая часть включала моделирование с применением нейронных сетей, нечеткой логики, эволюционных алгоритмов и методов машинного обучения для оценки их точности, устойчивости и вычислительных затрат. Анализ результатов включал как качественные, так и количественные показатели, такие как адаптивность, точность и эффективность работы с данными. Важной частью исследования стало изучение возможности комбинирования методов для повышения точности и надежности решений, что позволило выявить синергетический эффект от их интеграции.

Таблица 1. Сравнительные характеристики компонентов Soft Computing

Компоненты	Слабые стороны	Сильные стороны
Нечёткие множества	Извлечение знаний Обучение	Интерпретируемость Прозрачность Правдоподобие Постепенность Моделирование Логический вывод Толерантность к неточности
Искусственные нейронные сети	Интерпретируемость Природа «чёрного ящика»	Обучаемость Адаптация Толерантность к ошибкам Аппроксимация кривых Способность обобщения Способность аппроксимации
Эволюционные вычисления	Кодирование Скорость вычисления	Вычислительная эффективность Глобальная оптимизация

Результаты и обсуждение. В ходе исследования были получены результаты, которые подтверждают, что методы Soft Computing играют ключевую роль в решении сложных задач, связанных с неопределенностью и многозначностью данных. Soft Computing не предполагает автономного использования отдельных методов, таких как нейронные сети, нечеткая логика, эволюционные алгоритмы или машинное обучение, а акцентируется на их совместном применении. Такой подход позволяет значительно повысить точность и устойчивость решений, поскольку каждый из методов компенсирует недостатки другого. Например, нейронные сети обеспечивают отличную адаптивность и обучаемость в задачах прогнозирования и классификации, тогда как нечеткая логика эффективна в моделировании лингвистической неопределенности и принятии решений. Эволюционные алгоритмы, в свою очередь, хорошо подходят для глобальной оптимизации, в то время как методы машинного обучения способны адаптироваться к изменяющимся данным, улучшая результаты на основе новых данных.

Обсуждение результатов показало, что комбинированное использование методов Soft Computing дает синергетический эффект, позволяя решать более сложные задачи, чем при применении каждого подхода в отдельности. Например, интеграция нейронных сетей с нечеткой логикой улучшает интерпретируемость моделей при сохранении их обучаемости и гибкости. Это открывает новые возможности для применения Soft Computing в таких областях, как медицина,

экология и робототехника, где необходимо учитывать неопределенность и сложность данных. Однако важно отметить, что успешное комбинирование методов требует тщательной настройки и правильного выбора подходящих методов для каждой конкретной задачи.

Предложение. Для дальнейшего развития области Soft Computing целесообразно углубленное изучение гибридных подходов, которые объединяют нейронные сети, нечеткую логику и эволюционные алгоритмы. Комбинированные методы могут обеспечить синергетический эффект за счет сочетания сильных сторон различных подходов, что особенно важно для решения сложных многопараметрических задач. Важно также сосредоточиться на разработке новых алгоритмов, оптимизирующих параметры моделей мягких вычислений, с учетом специфики различных задач. Это позволит повысить точность, устойчивость и адаптивность решений. Перспективным направлением является исследование междисциплинарных применений мягких вычислений, где обработка неопределенности и нелинейности данных играет ключевую роль. Кроме того, стоит обратить внимание на разработку эффективных вычислительных методов для работы с большими данными, что позволит снизить затраты ресурсов и ускорить процесс моделирования. Поддержка интеграции мягких вычислений с методами искусственного интеллекта также может существенно расширить границы их применения.

Литература

- [1] Пашаев А.М., Садыхов Р.А., Габибуллаев С.Б., Моделирование, восстановление и картирование геополей без и с учётом шумов измерений. Ч.3. Методы интегральных уравнений, радиальных сетей и мягких вычислений (softcomputing), Измерительная техника. N10. С.6-14.
- [2] Pashayev A.M., Sadykhov R.A., Habibullayev S.B., Modeling, reproduction, and mapping of geofields with and without measurement noise. Part III. Integral equation, radial grid, and Soft Computing methods, Measurement Techniques. V. 53.N10. P.6-14 (2010).
- [3] Алиев Р.А., Алиев Р.Р., Теория интеллектуальных систем и её применение, Çaşıoğlu, Баку, С.11-15 (2001)
- [4] Алиев Р.А., Церковный А.Э., Мамедова Г.А., Управление производством при нечеткой исходной информации. М.: Энергоатомиздат, 1991.-240с. (2009)

COMPARATIVE ANALYSIS OF SOFT COMPUTING METHODS AND THEIR INTEGRATION FOR SOLVING COMPLEX MULTITASK PROBLEMS

Kuchkarov F.R., Habibullayev S.B.

Abstract. This paper presents a comparative analysis of Soft Computing methods, such as fuzzy logic, artificial neural networks, evolutionary algorithms, and machine learning techniques. These approaches are based on the ability to handle uncertainty, work with incomplete data, and solve problems beyond the capabilities of traditional algorithmic methods. Special attention is given to the advantages of each methodology, such as the adaptability and learning ability of neural networks, the flexibility and intuitiveness of fuzzy logic, and the effectiveness of evolutionary algorithms in optimization tasks. Areas of application such as data processing, complex system control, forecasting, medicine, and robotics are discussed. The importance of selecting the appropriate method depending on the problem and the possibility of its integration to solve multi-parameter tasks is emphasized. This research demonstrates the potential of combining approaches to achieve high accuracy, reliability, and adaptability in real-world situations.

Keywords: Soft Computing, neural networks, fuzzy logic, machine learning, comprehensive approach



İNFORMASIYA-TEKNİKİ MÜHARİBƏSİNİN XÜSUSİYYƏTLƏRİNİN TƏHLİLİ

Hafizova N.N., İsmayılov B.Q.

hafizovanezrin@gmail.com

Milli Aviasiya Akademiyası, Bakı, Azərbaycan

Xülasə. Təqdim olunmuş məqalədə informasiya-texniki müharibəsinin xüsusiyyətləri araşdırılmışdır. Belə ki, İnformasiya-texniki mübarizədə hücum və müdafiənin əsas obyektləri idarəetmə sistemi və rabitə, telekommunikasiya sistemləri və müxtəlif radioelektron vasitələrinin olduğu qeyd edilmişdir. Araşdırmalar nəticəsi olaraq XX əsrin sonlarında lokal müharibələrin təcrübəsi göstərmişdir ki, qələbənin vacib atributu müasir müharibələrdə informasiya sferasında üstünlüyün əldə edilməsindədir. Qeyd edilmişdir ki, informasiya silahı müharibə elan etmədən anonim olaraq hücumə keçməyə imkan verir.

Açar sözlər: informasiya-texniki müharibəsi, informasiya silahı, komanda-idarəetmə, kiber müharibə, xaker müharibəsi, informasiya müharibəsi, kəşfiyyat informasiya müharibəsi, elektron informasiya müharibəsi.

Giriş. Müasir dövrdə informasiya-texniki mübarizədə əsas hücum və müdafiənin əsas obyektləri idarəetmə sistemi və rabitə, telekommunikasiya sistemləri və müxtəlif radioelektron vasitələridir. Aparılmış araşdırmalar göstərir ki, "İnformasiya silahı" anlayışı 1991-ci ildə İraqa qarşı aparılmış hərbi əməliyyatlardan sonra geniş vüsət almışdır və İnformasiya-texniki mübarizənin aparılması nəticəsində formalaşmışdır. İraqın məğlub edilməsində həll edici amil kəşfiyyat, idarəetmə, rabitə, naviqasiya və radioelektron mübarizə vasitələrindən kompleks istifadəsi olmuşdur. Bütün bunlar birlikdə informasiya silahı kimi hesab olunur və hərbi hərəkətlər teatrında informasiya silahı kimi təyin olunmuşdur. XX əsrin sonlarında lokal müharibələrin təcrübəsi göstərmişdir ki, qələbənin vacib atributu müasir müharibələrdə informasiya sferasında üstünlüyün əldə edilməsindədir. Müharibə zamanı hesab edilir ki, informasiya müharibəsi strateji, operativ və taktiki səviyyələrdə olmalıdır. Lakin informasiya silahı müharibədən əvvəl hərəkətdə olmalıdır. Sülh vaxtı bu mübarizənin obyekti və məqsədi dövlətin informasiya resurslarıdır. Bura maddi daşıyıcılarda və ya istənilən digər formada mövcud olan informasiya daxildir. İnformasiya resurslarının əsas əhəmiyyəti onunla şərtlənir ki, o sistem yaradıcı faktor kimi rol oynamaq gücündə olsun və dövlətin istənilən resurslarına münasibətdə sistem yaradıcı faktor kimi əsas rola malik olsun. Digər resurslar sırasına iqtisadi, elmi-texniki və məxsusi-hərbi resursları aid etmək olar. İlk növbədə informasiya silahı hərbi qüvvələr, müdafiə kompleksi müəssisələrinə və təhlükəsizlik strukturlarına əks istiqamətdə yönəldilir. Hücum zamanı telekommunikasiyalar və nəqliyyat sistemlərinə zərbələr endirilir. İnformasiya silahını universallıq, məxfilik, program-aparat realizasiyasının çoxvariantlı forması, təsirin radikallığı, istifadə yerinin və zamanının kafi seçilməsi, iqtisadi cəhətdən əlverişliliyi əhəmiyyətli dərəcədə təhlükəli edir. İnformasiya silahı müharibə elan etmədən anonim olaraq hücumə keçməyə imkan verir. Martin Libiskinin (10) təsnifatına görə bu hərəkətlərin aparılması üsulları komanda-idarəetmə, kəşfiyyat, elektron, iqtisadi, kiber-müharibə və xaker müharibəsi formaları çərçivəsində baş verir:

Komanda-idarəetmə informasiya müharibəsi. Düşmən ordusunun idarəetmə strukturunun dağıdılması ordu başçısına və ya komanda ştabına zərbə istiqamətləndirilir. Bu isə ordunun əsas kütləsini birləşdirən komanda kommunikasiya şəbəkəsidir. Birincisi "baş", ikincisi isə "boyun"dur. "Baş"a zərbə qədim zamanlardan bütün hərbi əməliyyatların sınaqdan çıxmış qaydasıdır. Hərb zamanı körfəzdə hərbi əməliyyatların müvəffəqiyyəti amerikalılarda əsasən düşməni idarəetmə və

komanda strukturunun dağıdılması ilə təmin edilmişdir. Beləliklə İraq döyüşçülərinin dezorientasiyası və hərbi hərəkətlərin qeyri-effektivliyini təmin etməyə müvəffəq olmuşlar. Düşmənin komanda mərkəzini əhatə edən çoxsaylı rabitə və böyük informasiya axınlarının daimi hərəkəti sayəsində onu asanlıqla tanımaq olar. Müasir informasiya texnologiyaları bu üsuldən yeni şəkildə istifadə etməyə imkan verir. İndi düşmən rabitəsi təkcə bombalar və ya fiziki hücumlarla deyil, həm də kompüter sistemi vasitəsilə, məsələn, elektrik təchizatını kəsməklə, radio dalğalarını tıxanmaqla və ya kompüter şəbəkəsini virusla yoluxdurmaqla məhv edilə bilər. “Boyun”a vurulan zərbə komandanlıqla əsas ordu arasındakı əlaqəni kəsəcək, “baş”ın “bədən”dən ayrılmasına səbəb olacaq. Bunun nəticəsində də düşməni zərərsizləşdirəcəkdə. Bu üsuldən istifadə etmək üçün düşmənin rabitəsinin necə baş verdiyini, düşmən komandanlığının ordu ilə daimi əlaqə saxlamasının nə qədər vacib olduğunu dəqiq bilmək lazımdır. İstənilən nəticəni əldə etmək üçün informasiya müharibəsində hər bir hərəkətdən əvvəl hərtərəfli araşdırma və kəşfiyyat araşdırması aparılmalıdır. Məsələn, Vyetnam müharibəsi zamanı ABŞ strateqləri müharibənin aparılmasında Vyetnam əcnəblərinin xüsusiyyətlərini nəzərə almadıqları üçün ordu ilə komandanlıq arasında əlaqənin kəsilməsi gözlənilən effekti vermədi. Məlum oldu ki, Vyetnamda ABŞ-dən fərqli olaraq, ayrı-ayrı ordu hissələri böyük müstəqilliyə malik olublar və uzun müddət ali komandanlıq olmadan müstəqil şəkildə hərbi əməliyyatlar planlaşdırıb müqavimət təşkil edə biliblər. Ona görə də “baş” və “boyun” nahiyyələrinə vurulan zərbələr müsbət nəticə verməyib. Bundan əlavə, bir liderin və ya komandanın məhv edilməsi nəzarətsiz partizan müharibəsinin yayılması kimi xoşagəlməz təsirlər göstərə bilər.

Kəşfiyyat informasiya müharibəsi. Əcnəbi olaraq, ordu komandanlığı düşmənin yeri, onun keyfiyyət və kəmiyyət xüsusiyyətləri haqqında kəşfiyyatdan məlumat alır. Bu, gələcək hərbi fəaliyyətləri planlaşdırmaq üçün lazımdır. Müasir kəşfiyyat informasiya texnologiyalarının inkişafı sayəsində komandanlıq düşmən haqqında kifayət qədər məlumat verə bilər. Bu gün bir skautun əsas vəzifəsi alınan məlumatların adekvat təhlili, effektiv tədbirlərin qəbul edilməsinə töhfə verməkdir. Bu növ müharibənin müdafiə komponenti kəşfiyyat mənbələrinin məhv edilmədiyi, yalan məlumatların ötürülməsi üçün pozulduğu “aldatma” söylərini əhatə edir.

Elektron informasiya müharibəsi. Bu, radiasiya, elektromaqnit siqnallarının əks olunması, akustik və infraqırmızı siqnallar vasitəsilə düşmənin elektron vasitələrinin fəaliyyətini pozmaq və ya mane olmaq üçün nəzərdə tutulmuş xüsusi informasiya müharibəsi növüdür. Bu mübarizə quru, gəmi və təyyarələrin tıxanma sistemləri ilə aparılır. Buraya düşmənin radio siqnallarının tıxanması, radioların kəsilməsinin qarşısının alınması və kompüter şəbəkəsinə səhvlər verməklə radarların düzgün işini pozmaq üsulları daxildir. Elektron müharibə vasitələrinə elektromaqnit bombaları və elektromaqnit silahları daxildir. Bu cihazların yaydığı güclü elektromaqnit impuls (onlarla gigavata qədər) bütün elektron avadanlıqları sıradan çıxarır.

Xaker informasiya müharibəsi (kompüter müharibələri). Hücumun məqsədi kompüter sistemini tamamilə məhv etmək, onu müvəqqəti olaraq nasaz etmək, onu yanlış məlumat yaratmaq üçün proqramlaşdırmaq və ya məlumat və ya xidmətləri oğurlamaq ola bilər. Hərbi informasiya sistemlərinə hücumlar həm münaqişə zamanı, həm də sülh dövründə həyata keçirilə bilər. Bu cür hücum xarakterli informasiya silahları geniş yayılmış və müxtəlifdir. S.P.Rastorquyevin fikrincə, informasiya silahlarını məhv edən, oğurlayan, informasiya ardıcılığını pozan, texniki qurğuların və kompüter sistemlərinin işini pozan vasitələr adlandırmaq lazımdır. Zərərli proqramlar kompüter sistemlərinin proqram təminatını məhv edə bilər. Onlar təkrarlana, proqramlara yerləşdirə, rabitə xətləri, məlumat şəbəkələri üzərindən ötürülə və idarəetmə sistemlərini söndürə bilər. Bundan əlavə, telekommunikasiya şəbəkələrində informasiya mübadiləsinə müdaxilənin müxtəlif üsulları, dövlət və hərbi nəzarət kanallarında məlumatların saxtalaşdırılması və casus tərəfindən obyektin proqram təminatına qəsdən daxil edilən müxtəlif növ xətlər də buraya daxildir.

İqtisadi informasiya müharibəsinin iki növü var. Birincisi informasiya blokadasıdır ki, bu zaman təcavüzkar ölkə dövlətin rifahı üçün zəruri olan xarici aləmdən informasiya axınının qarşısını alır.

İkinci növ formal imperiaizmdir. Formal imperiaizm ölkənin bilik məhsullarının üstünlüyü, onun dəyərlərinin və mədəniyyətinin müxtəlif formalarda yayılmasıdır. Bunun ən parlaq nümunəsi müasir dünyanın “amerikanlaşma” prosesləridir.

Kiber müharibə. Bu tip informasiya müharibəsi hələ mövcud deyil, lakin güman edilir ki, informasiya texnologiyalarının gələcək inkişafı buna gətirib çıxaracaq. Kiber müharibə variantları arasında semantik hücumlar və simulyasiya müharibəsi indi ən başa düşüləndir. Semantik hücumların adı hakerlikdən fərqi ondan ibarətdir ki, sistem söndürülməyib və ya məhv edilməyib, o, normal işləməyə davam edir, lakin istifadəçiyə səhv cavablar vermək və verilən tapşırıqları səhv həll etmək üçün konfigurasiya edilib. Simulyasiya döyüşləri yalnız virtual məkanda aparılır və qalib real dünyada da qalib hesab olunur.

Ədəbiyyat

[1] Воронова О.Е. Современные информационные войны. Стратегии, типы, методы, приемы/ О.Е.Воронова, А.С.Трушин. — Москва: Аспект Пресс, 2021. — 175, [1] с. — ISBN 978-5-7567-1102-8.

ANALYSIS OF CHARACTERISTICS OF INFORMATION-TECHNICAL WARFARE

Nafizova N.N., Ismailov B.G.

Abstract. This paper examines the characteristics of information and technical warfare. Thus, it was noted that the main objects of attack and defense in information technology warfare are control and communication systems, telecommunications systems and various electronic means. As a result of research and experience of local wars at the end of the 20th century, it has been shown that an important attribute of victory in modern wars is gaining superiority in the information sphere. It was noted that information weapons

Keywords: information warfare, information weapons, command and control, cyber warfare, hacker warfare, information warfare, intelligence informationwarfare, electronic information warfare.

MAIN CONCEPTS IN THE CONTROL OF SWARM DRONES



Mirzayev I.R.

ilham.mirzayev60230@naa.edu.az

National Aviation Academy, Azerbaijan

Abstract. Swarm robotics is a technique inspired by the collective behaviors of animals, and it utilizes several robots working collaboratively. This approach has significantly expanded the capabilities of Unmanned Aerial Vehicles (UAV). This paper discusses main concepts in the field of swarm drones and potential application areas of them. Considering rapid developments in artificial intelligence, the potential use of modern approaches has also been covered within swarm drones.

Keywords: UAV, swarm, drone, AI, computer vision, formation control.

Introduction. Swarm robotics is the process where several drones realize given task through mutual communication and decision-making. By eliminating dependency on a single drone, swarm approach enables more scalable, efficient and reliable solutions. Recently, the integration of computer vision technologies with swarm robotics has brought new opportunities in the fields of area exploration, rescue operations, military reconnaissance and surveillance etc. It is important to pay specific attention to which platform the group approach will be applied on. Although swarm robotics is mostly applied on small platforms like multi-rotor drones [1], their application on larger platforms like fixed wing UAV's may yield higher operational efficiency and extended functional capability in farther areas [2].

Methods. The paper focuses on bibliometric analysis of the drone applications employing citation analysis to highlight the research that has made a significant impact in the area. To further demonstrate the effectiveness of swarm drones, the paper proposes a simulation environment that can serve as a useful tool for exploring different scenarios.

- *Formation strategies for UAV swarms*

For the UAVs to be able to move as a group they must follow a specific formation pattern. Those patterns define the behavior of the group of UAVs as a single entity. For fixed wing drones there are following cooperation architectures [3].

Leader-follower methods - In this method there are one or several designated leaders and they have followers with predefined rules (*Figure 1*). The leaders navigate according to the mission and the followers keep their relative position with respect to their immediate leaders.

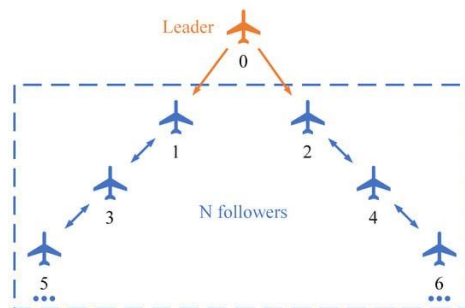


Figure 1. The communication topology of the leader-follower multi-UAVs [4]

Virtual Structure methods - The UAVs are organized in a virtual structure with each one having its position within the structure. It involves generation of a geometric pattern in which UAVs move as unified entity.

Behavior-based methods - Each UAV makes decisions based on two sources of information. The first one is the information it gets through its sensors about its local surroundings. The second piece of information that each UAV acts upon is the state of its neighboring UAVs. Each drone within the group tries to stay close to the neighbors, avoid collisions and move in the same direction with its neighbors.

- *Formation Control Process for UAV Swarms*

Formation control problem is the development and implementation of strategies to manage and coordinate the behavior and movement of the group of drones. The approaches for formation control are of three types [5].

Centralized - In this approach there is a single command center that processes all data, makes decisions and commands those decisions to the UAVs like ground control stations.

Decentralized - UAVs manage themselves through distributed decision-making processes. Each UAV acts based on its own information and pre-defined rules and may be communicating with its neighbors to maintain the formation (Figure 2, a). UAVs act based on their local perception and pre-defined rules without necessarily communicating with others.

Distributed - Each UAV has a certain level of autonomy but communicates closely with other UAV's (Figure 2, b). Different from decentralized, in distributed control each UAV works collaboratively to achieve the collective interest.

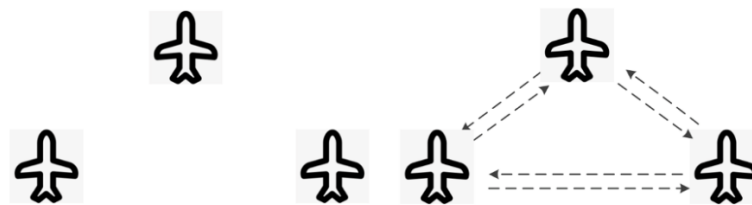


Figure 2. Decentralized Control Scheme (a) and Distributed Control Scheme (b)

Application areas:

- *Search and Rescue* – Drones are very useful tools in search and rescue operations when the infrastructure collapses, in harsh wilderness environments and in difficult to reach areas. Those operations are critical to realize in time and the contact time to the victim in them can be as low as 60 minutes to save lives. Usually, the process of using drones to locate the victims is performed manually and to apply it at larger scale automation is required [6]. Drone surveillance utilizing computer vision algorithms can identify the victims faster. In case the search area is considerably large, the swarm drones may be utilized to extend coverage capacity of a single drone. Using drone swarms, different regions within specified area will be covered simultaneously enabling the rescue of the victims in much shorter time.

- *Military* – In modern world the drones are widely used in military, and soon they will be cheaper alternatives to the expensive combat operation weapons [7]. The use of drones in military operations may be different, like reconnaissance, precision strikes and perimeter security etc. Group of drones helps to overcome the problem of single point of failure in case a drone is destroyed without risking the success of overall mission. The use of killer drones as a group exhausts the air defense systems of the opponent causing more damage.

- *Simulation tools* – The simulation may be carried out for different scenarios to compare the gains proposed by swarm drones. A MATLAB scene can be generated to experiment different cases using one drone and swarm drone approaches [8]. Fixed wing and multi-rotor drones can be experimented using

unmanned aerial vehicle platform. Along with sensors on board, those drones can be equipped with simulation 3D fisheye camera to enable computer vision algorithms to work on.

Results and discussion. Main concepts in swarm drone technologies have been discussed in this paper. Different application areas where drones have proven to be effective have been covered as well. To further extend the effectiveness of UAVs in those fields, swarm application of the drones and the potential gains offered by them have been discussed. Finally, simulation environments and tools have been examined to enable a qualitative comparison of the advantages offered by swarm drones over single drones.

References

- [1] R. Meshcheryakov, P. Trefilov, A. Chekhov, S. Diane, K. Rusakov, E. Lesiv, M. Kolodochka, K. Shchukin, A. Novoselskiy and E. Goncharova, "An application of swarm of quadcopters for searching operations," IFAC-PapersOnLine, vol. 52, no. 25, 2019.
- [2] X. WANG, L. SHEN, Y. CONG and H. CHEN, "Formation flight of fixed-wing UAV swarms: A group-based hierarchical approach," Chinese Journal of Aeronautics, vol. 34, no. 2, 2021.
- [3] T. Elijah, R. Jamisola, Z. Tjiparuro and M. Namoshe, "A review on control and maneuvering of cooperative fixed-wing drones," International Journal of Dynamics and Control, vol. 9, p. 1332–1349, 2021.
- [4] H. Zhang, G. Zhang, R. Yang, Z. Feng and W. He, "Resilient Formation Reconfiguration for Leader–Follower Multi-UAVs," Applied Sciences, vol. 13, no. 7385, 2023.
- [5] Y. Bu, Y. Yan and Y. Yang, "Advancement Challenges in UAV Swarm Formation Control: A Comprehensive Review," Drones, vol. 8, no. 320, 2024.
- [6] B. Mishra, D. Garg, P. Narang and V. Mishra, "Drone-surveillance for search and rescue in natural disaster," Computer Communications, vol. 156, 2020.
- [7] T. Zieliński, "Factors Determining a Drone Swarm Employment in Military Operations," Safety & Defense, vol. 1, 2021.
- [8] "Simulate Simple Flight Scenario and Sensor in Unreal Engine Environment," The MathWorks Inc., [Online]. Available: <https://www.mathworks.com/help/uav/ug/simulate-a-simple-flight-scenario-and-sensor-in-3d-environment.html>. [Accessed 20 01 2025].

DRON QRUPLARININ İDARƏ OLUNMASININ ƏSAS KONSEPSİYALARI

Mirzəyev İ.R.

Xülasə. Qrup robotikası, təbiətdəki sürü davranışlarından ilhamlanaraq, robotların eyni qrup daxilində, əməkdaşlıqla hər hansı bir tapşırığı həyata keçirməsi ilə bağlı bir texnologiyadır. Bu yanaşma yalnız bir PUA-dan istifadə zamanı təklif olunan bacarıqları əhəmiyyətli dərəcədə genişləndirir. Məqalədə dron qruplarının idarə edilməsi ilə bağlı əsas konsepsiyalar və onların mümkün tətbiq sahələri haqqında məlumatlar verilmişdir. Müasir dövrdə süni intellekt sahəsində sürətli inkişafı nəzərə alaraq, dron qruplarının idarə olunması istiqamətində süni intellekt texnologiyalarından istifadə olunması məsələləri də diqqətə çatdırılmışdır.

Açar sözlər: PUA, dron, dron qrupu, süni intellekt, maşın görməsi, formasiya idarəetməsi.



AVIASIYA MÜHƏRRİKİ ROTORUNDA GEDƏN İSTİLİK PROSESLƏRİNİN KOMPÜTERDƏ MODELLEŞDİRİLMƏSİ

Abbasova G.G., Ağamaliyeva C.A.

gabbasova.60123@naa.edu.az

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Aviasiya mühərriklərində gedən istilik proseslərinin ayrı-ayrı detallarda necə baş verdiyini öyrənmək üçün müxtəlif hesablama üsullarından istifadə olunur. Tətbiq olunan üsulların əsas mahiyyəti aviasiya mühərriklərinin avtomatlaşdırılmış layihələndirilməsi məsələlərinin həllində daha dəqiq nəticələrin alınmasıdır. Sonlu elementlər üsulu (SEÜ) ilə modelləşdirmə belə üsullardandır və müasir dövrdə bir sıra müasir avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sistemlərinin əsasını təşkil edir. SEÜ-nun köməyi ilə mühərrikin ayrı-ayrı detallarının qeyri bircins materiallardan hazırlanmasına baxmayaraq istilik proseslərinə davamlılığını, onların səthində temperaturun yayılmasını müəyyənləşdirmək mümkündür. Bu isə ilk növbədə mühərrikin istismar müddətinin müəyyənləşdirilməsinə və təhlükəsizliyinin təminatına imkan yaradır.

Açar sözlər: sonlu element, sonlu elementlər üsulu, rotor, həndəsi model, kritik zona, pde tool tətbiqi, sərhəd şərtləri, Ansys sistemi.

Giriş. Hesablama texnikasının sürətli inkişafı bizə matris hesablamalarının köməyi ilə müxtəlif mürəkkəb obyektlərin işlənilib hazırlanmasında əvəzolunmaz imkanlar yaradır. Mühərrikin rotorunda istiliyin yayılması prosesinin sonlu elementlər üsulunun tətbiqi ilə modelləşdirilməsi bizə aşağıdakı üstünlükləri qazandırır:

- ✓ Mürəkkəb sərhəd şərtləri, istifadə olunan materialın qeyri-xətti xüsusiyyətləri və rotorun həndəsi formasını nəzərə alınması;
- ✓ Modelin çıxışında bütövlükdə rotorda istiliyin paylanması haqqında kompleks informasiyanın alınması;
- ✓ Müxtəlif ölçülü mühərriklər üçün rotor modellərinin layihələndirilməsində yüksək səviyyədə avtomatlaşdırma və səmərəli şəkildə eyni həndəsi formaya gətirilmə imkanı;
- ✓ SEÜ-nun yüksək səviyyədə öyrənilməsi və geniş praktik tətbiqi ilə həndəsi modeldən istifadə edərək əldə edilən nəticələrin etibarlılığının təmin edilməsi;
- ✓ Modelin güc bloklarının mövcud avtomatlaşdırılmış nəzarət sistemlərinə inteqrasiyasının nisbətən asanlığı.

Modelləşdirmə. Sənayedə SEÜ-nun geniş tətbiq olunmasının əsas səbəblərindən biri mürəkkəb texniki obyektlərin layihələndirilməsində standart metodikanın ya ümumiyyətlə olmaması və yaxud da tətbiqinin mümkün olmamasıdır. Əksər hallarda SEÜ-nu həyata keçirən tətbiqi proqram paketlərindən istifadə obyektin tələb olunan xüsusiyyətlərini əsaslandırmaq üçün sərf olunan zamanı əhəmiyyətli dərəcədə azaltmağa imkan verir.

Sonlu elementlər üsulunun tətbiqi ilə məsələnin həlli prosesi əsasən 3 mərhələdən ibarətdir:

1. Obyektin həndəsi modeli qurulur və ya digər mənbələrdən import olunur. Materialın parametrləri daxil olunur, sonlu elementin tipi seçilir, hesablama şəbəkəsi qurulur və məsələnin birqiymətli şərti verilir.

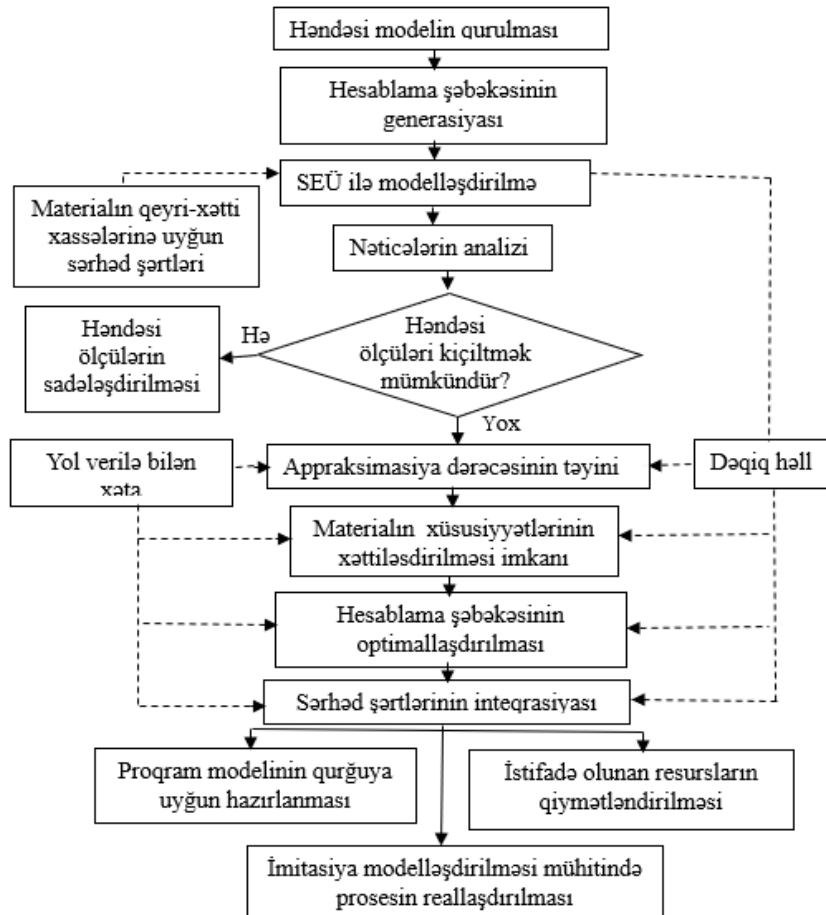
2. “Həllədicisi”-nin (solver) köməyi ilə məsələ həll edilir.

3. Nəticələrin analizi aparılır.

Hər bir mərhələyə uyğun proqram təminatından istifadə olunur. Ümumilikdə isə məsələnin həlli iterativ xarakter daşıyır. Məsələyə bu cür yanaşma sərhəd şərtləri daxil edildikdə və ya modelin həndəsi ölçülərinin optimallaşdırılmasında da tətbiq oluna bilər. Real vaxt rejimində sonlu elementlər modelinin

işlənib hazırlanması prosesinin sadələşdirilmiş sxemi şəkil 1-də göstərilmişdir. Bu sxemə əsasən aşağıdakı mərhələlərin yerinə yetirilməsi lazımdır.

Birinci mərhələ üçün giriş veriləni olaraq rotorun həndəsi modeli qəbul olunur. Həndəsi model rotorun materialının xüsusiyyətləri də nəzərə alınmaqla AvtoCad kimi hər hansı bir avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sisteminin köməyi ilə də qurula bilər. Məsələnin başlanğıc və sərhəd şərtləri dəyişən iş rejimində turbinin parametrlərinin hesablanması ilə müəyyən edilir. Birinci mərhələdə rotorun temperatur sahəsinin düzgün təyin edilməsinə dair tələblər də müəyyənləşdirilməlidir.



Şəkil 1. Sonlu elementlər modelinin sadələşdirilmiş sxemi

İkinci mərhələdə ilkin mərhələdə alınan nəticələrin analizi aparılır. Nəticədə həndəsi modelin kritik sahələri müəyyənləşdirilir.

Üçüncü mərhələdə rotorun kritik zonalarının optimallaşdırılmış sonlu-element modeli alınır.

Dördüncü mərhələdə diferensial tənliklər sistemi ilə verilən riyazi formada kritik zonaların dinamik modeli yaradılır. *Beşinci* və sonuncu mərhələ alınan işçi modelin xarakteristikaları əsasında texniki tələblər müəyyənləşdirilir.

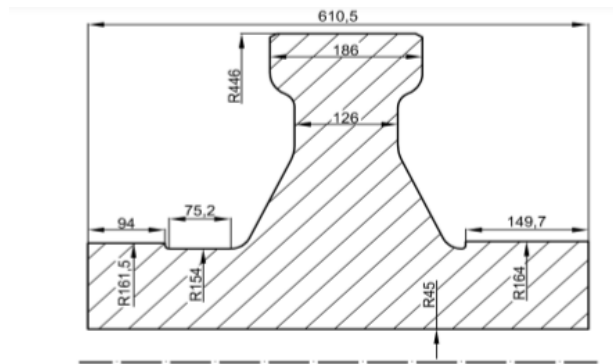
Matlab sistemində SEÜ-nun tətbiqi bir çox ölkələrdə akademik məqsədlərlə, yəni elmi-tədqiqat işlərində geniş istifadə edilir. Kritik sahələrin müəyyənləşdirilməsi istiliyin yayılması prosesində həmin oblastlarda hesablama xətlərinin azaldılmasında mühüm rol oynayır. Çünki alınan nəticələrin adekvatlığının yoxlanılması vacibdir. MATLAB sisteminin köməyi ilə istilik keçirmə məsələlərinin həllinin adekvatlığı ANSYS sisteminin nəticələri ilə müqayisə olunmuşdur [1]. Həm stasionar, həm də

qeyri-stasionar istilikkeçirmə məsələlərinin hər iki sistemdə həllinə baxılmış və aşağıdakı nəticələr əldə olunmuşdur:

1. Üçbucaq şəkilli şəbəkədə SEÜ-dən istifadə etməklə həll olunan stasionar və qeyri-stasionar istilik keçirmə məsələləri üçün MATLAB proqramında alınan həllin dəqiqliyi ANSYS proqramındakı həllin dəqiqliyinə uyğundur və qoyulan tələbləri tam təmin edir.
2. MATLAB sisteminin şəbəkə generatoru həm şəbəkənin keyfiyyətinə, həm də onun üzərində alınan nəticələrin dəqiqliyinə görə ANSYS generatorundan bir qədər geri qalır.

Aparılan bir sıra təhlillərin nəticələrinə əsasən, hesablama şəbəkəsinin qurulmasında ANSYS sistemindən istifadə etmək və nəticələri MATLAB sisteminə import etməklə də hesablamaları yerinə yetirmək olar.

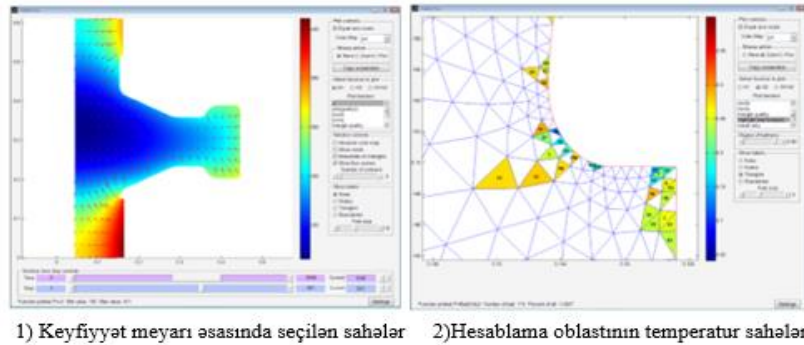
Əvvəlcə rotorun həndəsi modeli daxil edilir. Yuxarıda qeyd edildiyi kimi verilmiş həndəsi ölçülərə uyğun qurulmuş model PDE toolbox -un təqdim etdiyi instrumentlərin köməyi ilə qurula bilər və yaxud da onu qrafik təsvir kimi sistemə yükləmək olar (Şəkil 2).



Şəkil 2. Rotorun həndəsi modeli (ölçülər millimetrlə verilmişdir)

İstiliyin yayılması prosesinin modelləşdirilməsi və vizuallaşdırılmasının Matlab sisteminin *pdetoolbox* paketi vasitəsi ilə yerinə yetirilməsinin əsas üstünlükləri aşağıdakılardan ibarətdir (Şəkil 3) [2-3]:

1. Müxtəlif rəng çalarlarının köməyi ilə real vaxt rejimində temperaturun qiymətini müəyyənləşdirməyin mümkünlüyü;
2. İstilik axınının vektor sahəsi, həmçinin izotermik xətlərlə göstərməyin mümkün olması;
3. Temperatur, temperatur qradientinin norması, qradientin koordinat oxlarına proyeksiyaları, hesablama şəbəkəsinin üçbucaqlarının keyfiyyətini xarakterizə edən funksiya uyğun sahələri seçmək imkanının olması;
4. Koordinat oxlarının miqyasının, yəni obyektin həndəsi ölçülərinin nisbətlərinin qorunub saxlanması, həmçinin qrafik pəncərənin rənglərlə ən yaxşı doldurulması kimi iki rejimdə nümayiş oluna bilməsi;
5. Sonlu elementlərin və şəbəkə qovşaqlarının sıra nömrələrini, eləcə də hesablama sahəsinin sərhədinin seqmentlərinin nömrələrini göstərmək imkanının olması.



Şəkil 3. PDEtool tətbiqində modelləşdirmə

Nəticə. İstilik keçirmə prosesinin modelləşdirməsinin etalon həndəsi model üzərində aparılması nəticəsində sonlu elementlərlə qurulmuş şəbəkədə approssimasiya ikinci tərtib dəqiqliklə aparılmışdır. PDE toolbox tətbiqinin imkanları sərhəd şərtlərinə uyğun olaraq intensiv istilik mübadiləsi getdiyi zaman müddətində kritik zonalarda belə hesablamaların aparılmasını mümkün edir.

Ədəbiyyat

- [1] Бродов Ю. М., Смирнов В.Н. Моделирование температурного поля ротора в реальном времени // Надежность и безопасность энергетики. — 2016. — № 2. — С. 30-36.
- [2] Ağamaliyeva C.A., Abbasova G.G. İstilikkeçirmə məsələlərinin PDE Toolbox-da modelləşdirilməsi. Fevral məruzələri 2024: Aviakosmik məsələlərin həllində gənclərin yaradıcı potensialı” IX Beynəlxalq elmi-praktiki gənclər konfransının materialları. Bakı, Azərbaycan, 2024-cü il, səh.75-77.
- [3] Matthew P. Coleman. An Introduction to Partial Differential Equations with MATLAB (Second Edition) Fairfield University Connecticut, USA, 2013,670p.

COMPUTER MODELING OF THERMAL PROCESSES IN THE ROTOR OF AN AIRCRAFT ENGINE

Abbasova G.G., Agamaliyeva C.A.

Abstract. Various calculation methods are used to study how thermal processes in aircraft engines occur in individual parts. The main essence of the applied methods is to obtain more accurate results in solving problems of automated design of aircraft engines. Modeling with the finite element method (FEM) is one of such methods and in modern times forms the basis of a number of modern automated design systems. With the help of FEM, it is possible to determine the resistance of individual engine parts to thermal processes and the temperature distribution on their surfaces, despite the fact that they are made of heterogeneous materials. This, first of all, allows determining the service life of the engine and ensuring its safety.

Keywords: finite element, finite element method, rotor, geometric model, critical zone, pdetool application, boundary conditions, Ansys system.



C# PROQRAMINDA RSA ALQORİTMİNDƏN İSTİFADƏ EDƏRƏK TƏSVİRLƏRİN KRİPTOQRAFİYASI

Həsənli Rüstəmovə N.N.

nurana.rustamova@naa.edu.az

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Müasir dövrdə istənilən informasiyanın ötürülməsi zamanı məxfiliyin qorunması ən vacib məsələlərdən biridir. Bu məqsədlə şifrələmə və deşifrələmə metodlarının tətbiqi məqsədəuyğundur. İnformasiyanın ötürülməsində internetin geniş yayılması səbəbindən şəkillərin şifrələnməsi mətnlərin şifrələnməsindən daha aktual hala gəlib. Bu məqalədə RSA alqoritmindən istifadə edərək şəkillərin şifrələnməsi prosesi araşdırılır və onun proqram təminatı ilə realizasiyası təqdim edilir.

Açar sözlər: RSA alqoritm, şifrələmə, deşifrələmə, təsvirlərin qorunması, HEX kodlaşdırma, açıq açarlı kriptografiya, C# proqramlaşdırma, informasiya təhlükəsizliyi.

Giriş. Müasir dövrdə hər hansı məlumatın ötürülməsi zamanı məxfiliyin qorunması çox vacib problemlərdən biridir. Bunun üçün məhz şifrələmə və deşifrələmə metodlarının tətbiq edilməsi məqsədə uyğun sayılır. İnformasiyanın ötürülməsində internet şəbəkələrindən geniş istifadə olunduğu üçün mətnlərin şifrələnməsindən fərqli olaraq təsvirlərin şifrələnməsi daha aktual məsələyə çevrilmişdir. Bu məqalədə RSA alqoritmindən təsvirlərin şifrələnməsi əməliyyatlarında necə istifadə olunması araşdırılmış və proqram realizasiyası verilmişdir.

RSA, şifrələmə və identifikasiya sistemini təmin edən və ən çox istifadə olunan bir alqoritmdir. Bu alqoritm 1977-ci ildə Ron Rivest, Adi Shamir və Leonard Adleman tərəfindən hazırlanmışdır. Alqoritm adını məhz həmin alimlərin soyadlarının birinci hərflərinin birləşməsindən almışdır. RSA həm şifrələmə, həm də elektron imza üçün tətbiq olunan ilk açıq açarlı kriptografik alqoritmdir.

RSA şifrələmə alqoritm, açıq açarlı kriptografik sistemlərdə hər bir iştirakçı iki açara – açıq açara (public key) və gizli açara (secret key) malik olur. Açıq açarlı kriptografik sistemdə hər bir istifadəçi həm şifrələmə, həm də deşifrələmə əməliyyatını yerinə yetirə bilər. RSA kriptografik sistemində hər bir istifadəçi özünün hər biri iki ədəddən ibarət olan açıq və məxfi açarlarını müstəqil şəkildə yaradır. hər bir istifadəçinin açıq və gizli açarları qarşılıqlı uzlaşdırılmış olur, belə ki, onlar bir-birlərinin qarşılıqlı əksini təşkil edir. Onlar məxfi açarlarını gizli saxlayırlar, açıq açarlarını isə sərbəst şəkildə hamıya verir və yayırlar. RSA açıq açarı ilə açılan kriptografik sistemlərin iki böyük sadə ədədin təsvirinin əsasında mürəkkəb verilənlər məsələsi durur. Şifrələmə əməliyyatı üçün böyük ədədin modulunun qüvvətə yüksəltmə əməliyyatı yerinə yetirilir.

RSA alqoritm, işləmə prinsipi aşağıdakı ardıcılıqla yerinə yetirilir:

1. Kifayət qədər böyük iki ədəd seçilir: bu ədədlər nümunəyə uyğun olaraq p və q dəyişənləri ilə ifadə olunur və bu ədədlər sadə ədədlər olmalıdır.
2. $n=p*q$ düsturu hesablanır. Burada n dəyişəni iki ədədin hasilidir. Həm ümumi, həm də xüsusi kodlar üçün modul qiyməti olaraq qəbul edilir.
3. Totient funksiyası hesablanır. Bu misalda vurucuların ikisi də sadə ədədlər olduğu üçün $j(n)=(p-1)(q-1)$ düsturundan istifadə olunur.
4. Hesablanan totient funksiyasının qiyməti ($j(n)$) içərisində sadə olan elə bir e ədədi alınır ki, $1 < e < j(n)$ olmalıdır. Seçilmiş e ədədi ümumi kod (açar söz) olaraq elan edilir.
5. Ədədin xüsusi kod şəklində olan hər hansı bir d dəyişəni seçilir və aşağıdakı tənliyin tətbiq olması üçün hesablanır: $d*e=1 \bmod(j(n))$. Bu ədədin hesablanması üçün uzadılmış evklid (Extended Euclid) alqoritmindən istifadə olunur.

Burada iki əsas mərhələ var:

1. RSAalqoritm.cs sinifi:

Bu sinifdə RSA alqoritmı ilə əlaqəli funksiyalar (pi ədədinin, n qüvvətinin, kvadrat kökün və modulların hesablanması) mövcuddur. Bu alqoritm təsvirlərin şifrələnməsi və deşifrələnməsi üçün əsas məqsədlərdən biridir və aşağıdakı alqoritm ardıcılığından ibarətdir:

```
public static long square(long a)
{
    return (a * a);
}

public static long BigMod(int b, int p, int m) //b^p%m=?
{
    if (p == 0)
        return 1;
    else if (p % 2 == 0)
        return square(BigMod(b, p / 2, m)) % m;
    else
        return ((b % m) * BigMod(b, p - 1, m)) % m;
}

public static int n_value(int prime1, int prime2)
{
    return( prime1 * prime2);
}

public static int cal_phi(int prime1, int prime2)
{
    return ( (prime1 - 1) * (prime2 - 1) );
}

public static Int32 cal_privateKey(int phi, int e, int n )
{
    int d = 0 ;
    int RES = 0;

    for (d = 1; ; d++)
    {
        RES = (d * e) % phi;
        if (RES == 1) break;
    }
    return d;
}
```

Şəkil 1. RSAalqoritm.cs proqramının strukturu

2. kitabxana.cs sinifi:

Bu sinifdə HEX kodlaşdırma, əsas dəyərin yoxlanılması, baytın təsvirə çevrilməsi, təsvirin bayta çevrilməsi və əksinə proseslər mövcuddur və alqoritm ardıcılığından ibarətdir:

```
{
    String[] arr = hextext.Split('-');
    byte[] array = new byte[arr.Length];
    for (int i = 0; i < arr.Length; i++)
        array[i] = Convert.ToByte(arr[i], 16);
    return array;
}

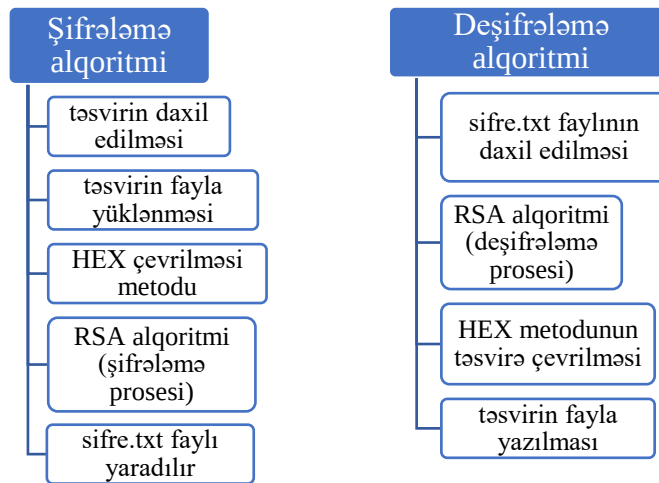
public static bool IsPrime(int number)
{
    if (number < 2) return false;
    if (number % 2 == 0) return (number == 2);
    int root = (int)Math.Sqrt((double)number);
    for (int i = 3; i <= root; i += 2)
    {
        if (number % i == 0)
            return false;
    }
    return true;
}

public static Bitmap ConvertByteToImage(byte[] bytes)
{
    return (new Bitmap(Image.FromStream(new MemoryStream(bytes))));
}

public static byte[] ConvertImageToByte(Image My_Image)
{
    MemoryStream m1 = new MemoryStream();
    new Bitmap(My_Image).Save(m1, System.Drawing.Imaging.ImageFormat.Jpeg);
    byte[] header = new byte[] { 255, 216 };
    header = m1.ToArray();
    return (header);
}
```

Şəkil 2. Kitabxana.cs proqramının strukturu

Şifrələmə və şifrəni açmaq üçün axın cədvəli aşağıdakı kimidir:



Şəkil 3. Şifrələmə və deşifrələmə alqoritmləri

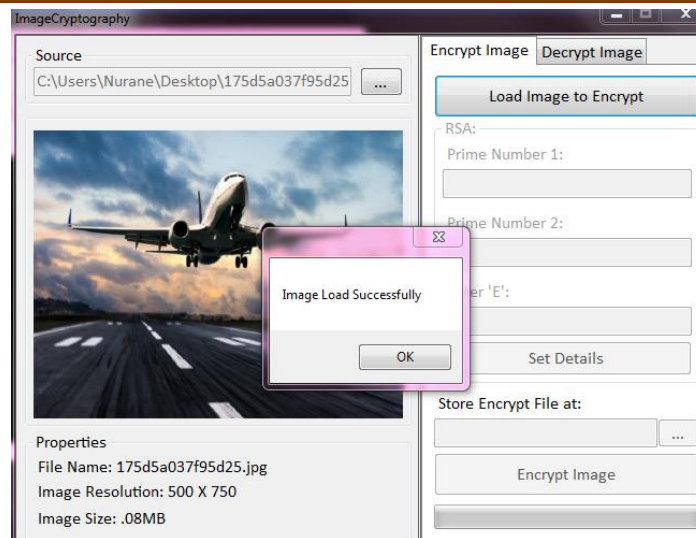
Metodlar. Yuxarıdakı alqoritm məqalədəki məqsədin nədən ibarət olduğunu göstərir. Alqoritm cədvəlində C# istifadə edərək şifrələmə və deşifrələmə əməliyyatının icrası ardıcılığı izah edilir. Təsvirlər əvvəlcə şifrələnir və * .txt faylı yaradılır daha sonra eyni fayl daxilində əməliyyatın tərsi deşifrələmə üçün də istifadə olunur.

Məlumatların internet və ya şəbəkələr kimi açıq kanallar üzərindən ötürülməsi ilə təsvirlərin məxfiliyini qorumaq çətin məsələdir və media da böyük narahatlıq kəsb edir, buna görə təsvirlərin kriptografiyası bu sahədəki tədqiqatların cəlbədiciliyi və maraq sahəsinə çevrilmişdir. Şifrələmə mətnini yaratmaq üçün HEX funksiyasının HEX kodunu çıxarmaq və RSA açıq açar alqoritmindən istifadə etmək üçün isə şifrələnmiş şəkillərin xüsusi növlərini təmin etmək lazımdır. Bu yanaşma yüksək təhlükəsizlik təmin edir və şəkillərin şəbəkələr və ya İnternet üzərindən etibarlı ötürülməsi üçün uyğun olacaq metod sayılır.

Əvvəlcə təsvir daxil edilir, daha sonra təsvirin xüsusiyyətlər bölməsində, görüntü xüsusiyyətləri, faylın adı, təsvirin tipi və təsvirin ölçüsü göstərilir. Təsvir yükləndikdən sonra C# proqramlaşdırma dilinin HEX funksiyası təsvirin HEX kodunu çıxarır. HEX kodu RSA alqoritmlərindən asılı olaraq şifrə mətninə çevrilir. Əksinə proses isə deşifrələmə əməliyyatının da şifrə mətni yüklənir, sonra RSA alqoritmindən verilənləri tətbiq edilir, sonra mətni deşifrə edərək, təsviri əvvəlki görüntüsünə çevirir.

İstifadə olunacaq kitabxanada çevirmə prosesləri əsasən HEX dəyərlərinin deşifr edilməsi, bayt massivində təsvirin dəyişdirilməsi və əksinə, yəni bayt massivinə çevirmə prosesləri əsas məqsədlərdəndir. Aşağıdakı dörd funksiya kitabxana.cs faylının bir hissəsidir:

1. DecodeHex: Bu funksiya Hex dəyərlərini kodlaşdırır, təsvirin çevrilməsi üçün bayt massivinə çevirir.
2. IsPrime: Bu funksiya parametrlərini yoxlayır. Bu funksiya təsdiqləmə məqsədi üçündür və əsas dəyər istifadəçi daxil edir.
3. ConvertByteToImage: Bu funksiya bayt massivini təsvirə çevirir. Şəkil bitmap formatındadır.
4. ConvertImageToByte: Bu funksiya görüntünü bayt massivinə çevirir. Şəkil JPEG formatlı təsvirdir.



Şəkil 4. Təsvirin şifrələnməsi prosesinin proqram realizasiyası

Nəticə. Bu məqalədə RSA alqoritmindən istifadə edərək təsvirlərin şifrələnməsi və deşifrələnməsi prosesi araşdırılmış və proqram təminatı ilə reallaşdırılması təqdim edilmişdir. Təklif edilən yanaşma təsvirlərin internet və digər açıq kanallar vasitəsilə ötürülməsi zamanı təhlükəsizliyini təmin etməyə imkan verir. C# proqramlaşdırma dilində hazırlanmış alqoritm təsvirləri HEX koduna çevirərək RSA açıq açar şifrələməsi tətbiq etməklə onların qorunmasını təmin edir. Təklif olunan metodun yüksək təhlükəsizlik səviyyəsinə malik olduğu və məlumatların etibarlı şəkildə ötürülməsi üçün uyğun bir həll olduğu müəyyən edilmişdir. Gələcək tədqiqatlarda bu metodun optimallaşdırılması və digər şifrələmə alqoritmləri ilə müqayisəsi aparıla bilər.

Ədəbiyyat

- [1] Vəqif Qasimov, İnformasiya Təhlükəsizliyinin əsasları. Bakı 2009. Səh.131
- [2] С. И. Макаренко, Информационная Безопасность 2009. С.120
- [3] В.Н. Яснев, Информационная Безопасность В Экономических Системах, Нижний Новгород 2006. С.103
- [4] Calderbank, Michael, The RSA Cryptosystem: History, Algorithm, Primes, (2007-08-20).
- [5] Rivest R, Shamir A, Adleman L, A Method for Obtaining Digital Signatures and Public-Key Cryptosystems, Communications of ACM 21 (2): 120–126. (February 1978).

IMAGE CRYPTOGRAPHY USING RSA ALGORITHM IN C#

Hasanli Rustamova N.N.

Abstract. In modern times, the protection of confidentiality in the transmission of any information is one of the most important issues. For this purpose, it is advisable to apply encryption and decryption methods. Due to the widespread use of the Internet in the transmission of information, the encryption of images has become more relevant than the encryption of texts. This article explores how to use the RSA algorithm in image encryption operations and provides software implementation.

Keywords: RSA algorithm, encryption, decryption, image protection, HEX encoding, public-key cryptography, C# programming, information security.



ИНТЕГРАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕЗЕРВНЫМИ КОПИЯМИ КОНФИГУРАЦИЙ В СИСТЕМУ МОНИТОРИНГА

Аббасов Р.Н., Гусейнов К.К.

rustam.abbasov@naa.edu.az

Национальная Академия Авиации, Азербайджан

Аннотация. Данная статья посвящена интеграции управления резервными копиями в систему мониторинга. В работе описываются этапы разработки модуля, который автоматизирует процессы создания, проверки, хранения и восстановления резервных копий оборудования. В качестве основы для реализации используется система контроля версий Git, что обеспечивает удобное управление версиями файлов и упрощает отслеживание изменений. Подключение к целевым устройствам осуществляется с использованием протоколов SSH и SFTP, что гарантирует безопасность передачи данных. Рассматриваются ключевые аспекты интеграции, включая настройку мониторинга состояния резервных копий, создание триггеров для своевременного оповещения об ошибках, а также взаимодействие модуля с интерфейсом системы. Предложенное решение направлено на повышение надежности и контроля за сохранностью данных, что особенно важно для предприятий, работающих в критически важных отраслях, включая аэрокосмическую промышленность.

Ключевые слова: система мониторинга, резервные копии, сетевое оборудование, автоматизация, данные.

Введение. В мире сетевых технологий резервные копии сетевого оборудования являются основой обеспечения надёжности и скорости восстановления всей инфраструктуры.

Стандартные системы мониторинга не имеют встроенных инструментов для автоматизации резервного копирования, что усложняет их применение в сложных сетевых структурах.

Цель данного исследования — проектирование модуля для системы мониторинга, который позволит автоматизировать процессы резервного копирования для сетевых устройств.

Методы исследования. При выборе подходящего метода мониторинга резервных копий были рассмотрены несколько альтернативных подходов:

1. *Использование встроенных механизмов Zabbix.* Zabbix предоставляет стандартные возможности мониторинга файлов и каталогов, включая использование Zabbix Agent и LLD (Low-Level Discovery). Основные преимущества метода — простота настройки и отсутствие необходимости во внешних инструментах. Однако недостатком является ограниченность в управлении версиями и отсутствии встроенных механизмов контроля изменений файлов.

2. *Интеграция с Rsync.* Rsync — популярный инструмент для синхронизации файловых систем, который позволяет отслеживать изменения и выполнять инкрементное резервное копирование. Его преимуществом является высокая скорость передачи данных и сжатие трафика. Однако он не предоставляет механизмов версионирования и требует сложной интеграции с системой мониторинга.

3. *Использование системы контроля версий Git.* В качестве основы для реализации предложенного решения используется система контроля версий Git. Данный подход обеспечивает:

- Удобное управление версиями файлов, позволяя отслеживать изменения и предотвращать потерю данных.
- Подключение к целевым устройствам с использованием протоколов SSH и SFTP, что гарантирует безопасность передачи данных.

- Гибкость в настройке триггеров для своевременного оповещения о проблемах.

Сравнительный анализ показал, что использование Git в связке с SSH и SFTP является оптимальным решением, так как оно сочетает в себе безопасность, контроль версий и возможность интеграции с системой мониторинга. Это особенно важно для предприятий, работающих в критически важных отраслях, включая аэрокосмическую промышленность.

Результаты и обсуждение. Созданный модуль предоставил следующие возможности:

- Автоматическое планирование резервного копирования с указанием времени выполнения и периодичности.
- Хранение резервных копий в центральной репозитории с поддержкой контроля версий.
- Мониторинг успешности выполнения операций резервного копирования и оповещение в случае ошибок.

Тестирование модуля показало следующие результаты:

1. Уменьшение времени на восстановление конфигураций устройств благодаря централизованному хранению резервных копий.
2. Повышение уровня автоматизации процессов резервирования, что снизило вероятность человеческой ошибки.
3. Будущая интеграция с существующими средствами мониторинга позволит пользователям получать данные о состоянии резервных копий в едином интерфейсе.

Сравнение с аналогами, такими как Oxidized, Zabbix, Prometheus, продемонстрировало преимущество разработанного модуля в гибкости настройки и масштабируемости. Однако, для полного соответствия требованиям крупных сетевых инфраструктур требуется дальнейшая оптимизация производительности при работе с большим числом устройств.

Предложение. В будущем планируется внедрение дополнительных функций, таких как:

- Автоматическое восстановление конфигураций на устройства в случае сбоя.
- Аналитика использования резервных копий для выявления потенциальных уязвимостей в сети.
- Поддержка дополнительных форматов экспорта данных для удобства интеграции с другими системами.

Литература

- [1] <https://git-scm.com>
- [2] <https://www.php.net>
- [3] Ольков Евгений Архитектура защищенных сетей: Экспресс курс по основам / ИБ Ольков Е. - Москва: Лайдер Принт, 2023. – 186 с.
- [4] Official SSH Documentation. <https://www.ssh.com/academy/ssh>
- [5] Pro Git (Scott Chacon, Ben Straub). Apress, 2014. – 456 p.
- [6] O'Reilly Media. Version Control with Git: Powerful tools and techniques for collaborative software development / Jon Loeliger, Matthew McCullough. – 2012. – 456 p.

Integration of automated configuration backup management into a monitoring system

Abbasov R.N., Huseynov K.K.

Abstract. This article is dedicated to the integration of automated configuration backup management into a monitoring system. It outlines the stages of developing a module that automates the processes of creating, verifying, storing, and restoring configuration backups. The implementation is based on the Git version control system, which ensures efficient management of file versions and simplifies change tracking. Connection to target devices is made using SSH and SFTP protocols, ensuring secure data

transmission. Key aspects of integration are discussed, including setting up backup status monitoring, creating triggers for timely error notifications, and the module's interaction with the system interface. The proposed solution aims to improve data reliability and control, which is particularly crucial for enterprises operating in critical industries, including aerospace.

Keywords: monitoring system, backups, network equipment, automation, data.



APACHE KAFKA İLƏ BÖYÜK HƏCMLİ PEYK VERİLƏNLƏRİNİN REAL-ZAMANLI EMALI

Rzayev R.V., İbrahimova S.R.

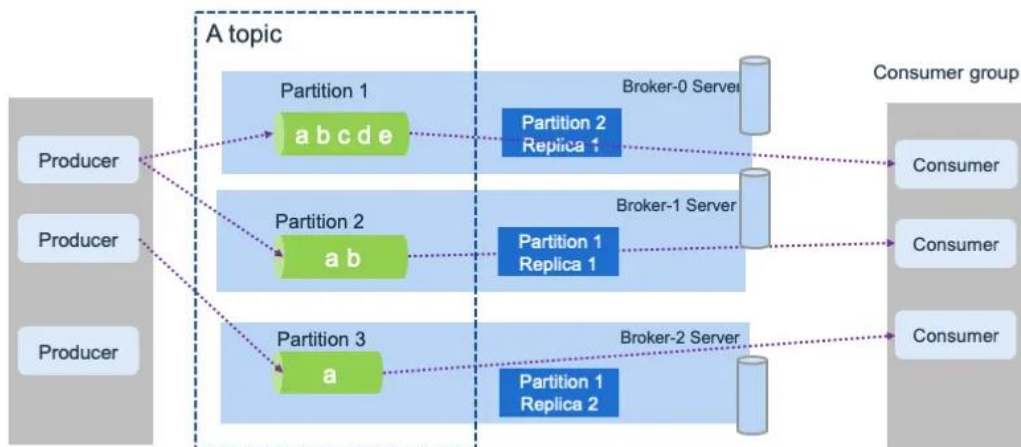
rza.rzayev@xling.online

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Peyk texnologiyalarının inkişafı, böyük həcmli verilənlər axınını idarə etməyi zəruri edir. Peyklərdən əldə edilən məlumatların real-zamanlı emalı müasir texnologiyaların istifadəsini tələb edir. Apache Kafka, paylanmış məlumat sistemləri üçün çətinlikləri aradan qaldıraraq, həm verilənlər axınını idarə edir, həm də çevik və dayanıqlı verilənlər axını strukturunu təmin edir. Bu məqalədə peyk verilənlərinin Apache Kafka vasitəsilə real-zamanlı emalına dair çoxistiqamətli yanaşmalar təqdim edilir. Burada Kafka-nın verilənlər axınını idarə etmə yolları, axın emalı (stream processing) texnikası və verilənləri əks etdirmə metodları araşdırılır.

Açar sözlər: Apache Kafka, peyk verilənləri, real-zamanlı emal, paylanmış sistemlər, verilən axını

Giriş. Peyk texnologiyalarının tətbiqi artdıqca, toplanan verilənlərin həcmi eksponensial olaraq artmışdır. Müasir dövrdə real-zamanlı verilənlərin emalına ehtiyac duyurlar ki, bu da daha effektiv həll yollarının yaranmasına gətirib çıxarır. Bir mənbə sistemi və bir hədəf sistemi olduqda və bu sistemlər arasında verilənlərin işlənməsi lazım olduqda, həll yolu sadədir. Lakin, birdən çox mənbə və hədəf sistemlər olduqda və bir sistemin digəri ilə integrasiyası lazım olduqda işlər həqiqətən mürəkkəbləşir. Bu integrasiyalar bərabərində protokol seçimi, verilənlərin necə ötürülməsi (TCP, HTTP, FTP, JDBC, REST, SOAP və s.), verilənlərin formatı (JSON, CSV, XML və s.) və s. kimi bir çox çətinlik gətirir. Apache Kafka bu kimi çətinliklərin öhdəsindən gəlmək üçün ən uyğun texnologiyalardan biridir. Kafka paylanmış verilənlərin axını platforması olmaqla yanaşı xətalara dözümlü, üfüqi olaraq miqyaslanı bilən çevik arxitektura sahibdir. Son dərəcə yüksək performansla, 10 ms-dən az gecikmə ilə demək olar ki, real vaxt rejimində məlumatların bir sistemdən digərinə ötürülməsinə imkan verir. Kafkanın 5 əsas elementi vardır (şəkil 1):



Şəkil 1. Apache Kafkanın arxitekturası

Broker - Kafka brokerləri xam verilənlərin saxlandığı və işləndiyi serverlərdir. Kafka klasterində bunların sayı birdən çoxdur.

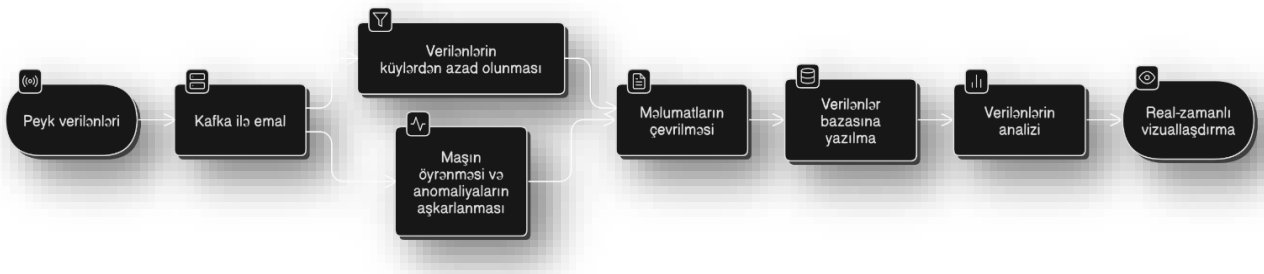
Producer - Bunlar Kafkaya xam verilənlər göndərən proqramlar, sistemlər və s. Bu xam verilənlər müxtəlif başlıqlı toplılara yazılır.

Consumer - Kafkadan verilənləri oxuyan proqramlardır və bir və ya bir neçə consumer eyni tematik blokdan məlumatları oxuya bilər.

Topics (Tematik bloklar) - Kafkada verilənlər tematik bloklara görə təsnif edilir və hər bir tematik blok fərqli verilən axınıni təmsil edir. Daha sonra tematik bloklar bölmələr (partitions) adlanan alt bölmələrə ayrılır.

Bölmələr (Partitions) - Hər tematik blok bir və ya bir neçə hissəyə bölünə bilər və buda paralel işləmə qabiliyyətini artırır. Verilənlər hər bölmədə ardıcıl olaraq saxlanılır.

Bu elementlərin köməkliyi ilə peyk verilənlərinin emalı ardıcıl proses şəklində həyata keçirilir (şəkil 2):



Şəkil 2. Peyk verilənlərini Kafka üzərindən real-zamanlı emalı

1. *Peyk verilənlərinin toplanması*: peyk məlumatları yerüstü stansiyalar və ya antenalar vasitəsilə qəbul edilir və Kafka producerlərə göndərilir. Peyklər gün ərzində müxtəlif formatlarda böyük həcmdə verilən (məs: 1 TB/gün) göndərir. Göndərilən verilən miqdarı:

$$D(t) = \sum_{i=0}^n d_i(t) \quad (1)$$

kimi hesablanır. $D(t)$ ümumi verilən həcmi, $d_i(t)$ peyk tərəfindən göndərilən verilən həcmi, n peyklərin sayı.

2. *Məlumat axınıni idarə etmə*: Kafka producerləri vasitəsilə verilənlər müvafiq tematik bloklara yazılır və paralel axınlar şəklində bölüşdürülür. Bu verilənlər telemetriya (Peyk komponentlərinin vəziyyəti (temperatur, enerji sərfiyyatı və s.)), sensor (Təsvir, radar və ya spektral analiz məlumatları), naviqasiya (Peyk mövqeyi haqqında məlumat.) kimi növlərinə görə bölüşdürülür.
3. *Axın emalı (Stream Processing)*: axın emalı, verilənlərin real vaxtda işlənməsi və analiz edilməsi prosesini təmsil edir. Bu prosesdə verilənlər, müəyyən zaman aralığında axın şəklində qəbul edilir və emal edilir. Əsas məqsəd, məlumatların gecikmədən işlənməsi və dərhal nəticələr əldə edilməsidir. Peyk tərəfindən göndərilən verilənlər axını bir neçə saniyə ərzində emal edilərək digər sistem və komponentlərə göndərilir. Axın emalı, verilənlərin təhlilinin real vaxtda baş verməsini və gecikmələrin azalmasına imkan verir. Bu prosesdə Kafka, Spark Streaming və Apache Flink kimi alətlər istifadə olunur. Hər bir alət, verilənlərin real vaxtda toplanması, işlənməsi və təhlil edilməsini həyata keçirir.
4. *Verilənlərin verilənlər bazasına yazılması*: Kafka consumeri tərəfindən işlənmiş verilənlər daha sonra analizlər, saxlama və hesabat məqsədləri üçün verilənlər bazasına yazılır. Bu mərhələdə, işlənmiş verilənlər müəyyən formatlara çevrilərək Cassandra klusterində saxlanılır. Cassandra, yüksək performanslı və genişlənmə bilən bir NoSQL verilənlər bazası olaraq, böyük həcmli verilənlərin paylanmış mühitdə effektiv saxlanması üçün idealdir.
5. *Real-zamanlı vizuallaşdırma*: emal edilmiş verilənlərin tədqiqatçılar, mühəndislər və idarəetmə qrupları üçün daha asan başa düşülən formada təqdim edilməsi məqsədini daşıyır. Peyklərdən əldə edilən verilənlər, Kafka axın emalı sistemindən keçdikdən sonra qrafik, cədvəl və xəritə şəklində real vaxt rejimində təsvir edilir. Burada verilənlərin analizi və vizuallaşdırılması üçün Grafana və

PowerBI, xəritə üzərində real-zamanlı müşahidə üçün isə Google Maps API istifadə olunur. Bunların köməkliyi ilə hava proqnozları və qeyri-adi hava şəraitləri üçün vizual panellər, zəlzələ, daşqın və digər təbii fəlakətlərin real vaxtda monitorinqi və peyklərin trayektoriyaları və kosmik obyektlərin mövqelərinin vizuallaşdırılması həyata keçirilir.

Nəticə. Aparılmış tədqiqatlar Apache Kafka-nın böyük həcmli peyk verilənlərinin idarə olunmasında effektiv bir texnologiya olduğunu sübut edir. Toplama prosesinin real-zamanlı olması verilənlərin vaxtında əldə olunmasını təmin edir. Digər texnologiyalarla müqayisədə, Kafka yüksək performans və paylanma qabiliyyəti nümayiş etdirir.

Ədəbiyyat

- [1] Kreps J., Narkhede N., Rao J., Kafka: Distributed Messaging System for Log Processing, Proceedings of the 6th International Workshop on Networking Meets Databases (NetDB), (2011).
- [2] Confluent Documentation, Apache Kafka® Quick Start Guide, (2025).
- [3] Satyanarayanan M., The Emergence of Edge Computing, Computer, 50, 1, (2017).
- [4] Dean J., Ghemawat S., MapReduce: Simplified Data Processing on Large Clusters, Communications of the ACM, 51, 1, (2008).
- [5]<https://app.eraser.io/workspace/VKA8dAzsNGdtjOsHDU9r?origin=share&elements=iO5qkgyiEFSwmrIs6Fm3ww>

REAL-TIME PROCESSING OF LARGE-SCALE SATELLITE DATA WITH APACHE KAFKA

Rzayev R.V., Ibrahimova S.R.

Abstract. The advancement of satellite technologies necessitates the management of large-scale data streams. Real-time processing of data obtained from satellites requires the use of modern technologies. Apache Kafka addresses the challenges of distributed data systems by managing data streams while providing a flexible and resilient data flow structure. This article presents a multidimensional approach to real-time processing of satellite data using Apache Kafka. It explores Kafka's data stream management methods, stream processing techniques, and data reflection methods.

Keywords: Apache Kafka, satellite data, real-time processing, distributed systems, data streaming.



АНАЛИЗ МЕТОДОВ МИНИМАЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА И ПОТЕНЦИАЛОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ С УЧЕТОМ СРОКА ХРАНЕНИЯ

Гюльмалова С.А., Ахмедов Л.Н.

sabinagulmalova@gmail.com

Национальная Академия Авиации, Азербайджан

Аннотация. В данной работе исследуются методы минимального элемента и потенциалов, которые широко применяются для решения транспортной задачи – задачи линейного программирования, направленной на минимизацию затрат при транспортировке товаров от поставщиков к потребителям. Особое внимание уделяется влиянию срока хранения товаров на процесс оптимизации транспортировки. В работе детально анализируются два подхода: классический метод, не учитывающий срок хранения, и модифицированный метод, который интегрирует временные ограничения на хранение товаров. Приведены сравнительные результаты, показывающие различия в затратах и распределении ресурсов при применении каждого из методов. Это исследование подчеркивает важность учета срока хранения для повышения эффективности логистических процессов и минимизации убытков, связанных с просрочкой продуктов [1].

Ключевые слова: транспортная задача, метод минимального элемента, метод потенциалов, срок хранения, оптимизация логистики, линейное программирование.

Введение. Сегодня сфера логистики стоит перед множеством вызовов, особенно касаясь транспортировки быстропортящихся товаров – пищевых продуктов, медицинских препаратов, цветов и др.

Особенности быстропортящихся продуктов:

1. Короткие сроки хранения: необходимо учитывать ограничения по срокам годности.
2. Влияние внешних факторов: сезонность, погодные условия, локальные события и тренды.
3. Колебания спроса: высокая изменчивость потребностей покупателей.
4. Высокие риски потерь: продукция теряет ценность при нарушении условий хранения или просрочке.
5. Сложности в транспортировке и хранении: особые требования к температурному режиму и скорости доставки.

Чтобы решить транспортную задачу с учётом дополнительных условий по сроку хранения товаров, можно разделить её на несколько подзадач. Вот пример возможного разбиения:

1. Определение характеристик товаров:

- Установить типы товаров и их сроки хранения.
- Определить требования к условиям транспортировки (температура, влажность, упаковка и т.д.).
- Учет приоритетности доставки товаров с меньшим сроком хранения.

2. Планирование маршрутов с учетом сроков хранения:

- Оптимизация маршрутов доставки с учётом сроков годности. Например, товары с более коротким сроком годности должны доставляться первыми.
- Учет особенностей транспортных средств (наличие рефрижераторов, скорость передвижения, вместимость).

3. Оценка времени доставки:

- Оценить время, необходимое для доставки товаров на каждый из пунктов назначения.

- Соотнести время доставки с сроками хранения товаров и определить, возможно ли доставить товары в пределах допустимого срока хранения.

4. Определение необходимости перегрузок и складирования:

- Проанализировать необходимость промежуточного складирования товаров.
- Определить, в каких точках и на каких условиях можно хранить товары, если доставка к конечному пункту невозможна в пределах срока годности.

5. Оптимизация использования транспорта:

- Определить оптимальное количество транспортных средств для выполнения всех доставок с учётом ограничений по срокам хранения.
- Рассчитать необходимую загрузку каждого транспортного средства для эффективной доставки товаров с разными сроками годности.

6. Контроль и мониторинг:

- Внедрение системы контроля условий транспортировки (температура, влажность и т.д.) для отслеживания состояния товаров в реальном времени.
- Введение системы мониторинга соблюдения сроков доставки для предотвращения порчи товаров.

Такое разбиение позволит последовательно решать задачи, связанные с транспортировкой товаров, и обеспечит соблюдение сроков хранения товаров.

Для практического решения транспортной задачи для быстро портящихся товаров в первую очередь важно соблюсти сроки передачи отправок, но одновременно важно снизить затраты на их доставку. Однако классические решения транспортной задачи забывают про еще одну значимое для быстропортящихся товара – его срок хранения, что влечет большие потери. В данной работе будет рассмотрено адаптивное решение транспортной задачи с учетом временных ограничений, обусловленных временем хранения. Рассмотрен популярный метод: метод минимального элемента, применив его как в классической, так и в модифицированной форме. Необходимо определить оптимальные планы транспортировки отдельно для классического решения и для решения с учетом срока хранения. Метод минимального элемента сводится к постепенному поиску минимального элемента среди всех стоимостей перевозки и распределению запасов в соответствии с ним. Для данного исследования мы использовали два случая: классический и с учетом срока хранения. В первом случае расчет велся без учета срока годности, во втором – рассматривались сроки хранения приоритетных поставок [2].

Для классического метода мы решили транспортную задачу с двумя категориями товаров, учитывая классический подход. Были определены минимальные элементы в таблице стоимостей, и на их основе был сформирован оптимальный план.

В методе минимального элемента с учетом срока хранения мы добавили новый параметр — срок хранения. Для учета сроков хранения использовался следующий подход:

- Пункты назначения с минимальным сроком хранения получали приоритет.
- Распределение начиналось с тех узлов, где срок хранения был наименьшим, даже если это требовало отступления от классического алгоритма.
- В методе минимального элемента, например, учитывалась минимальная стоимость в приоритетном столбце, затем переход к следующему узлу также осуществлялся с учетом срока хранения.

Метод потенциалов заключается в нахождении оптимального базисного решения с последующим улучшением этого решения для достижения минимальных затрат [3].

Обсуждение. Применение методов минимального элемента и потенциалов с учетом срока хранения позволило выявить значительные различия в распределении ресурсов и общих затратах на транспортировку по сравнению с классическими подходами. На практике учет срока годности особенно важен для компаний, работающих с продуктами питания и медикаментами, где даже

незначительное отклонение от оптимального маршрута может привести к значительным финансовым потерям и ухудшению качества продукции [1].

Одной из основных проблем при применении методов с учетом срока хранения является необходимость точного учета сроков годности и динамической корректировки маршрутов в зависимости от текущих условий. Это требует внедрения автоматизированных систем управления логистикой и более сложных алгоритмов планирования.

Вывод. Исследование показало, что применение методов минимального элемента и потенциалов с учетом срока хранения позволяет значительно улучшить качество планирования транспортных операций. Внедрение этих подходов в реальную практику может способствовать снижению логистических затрат и увеличению удовлетворенности конечных потребителей за счет своевременной доставки качественной продукции.

Использование методов минимального элемента и потенциалов с учетом срока хранения открывает новые возможности для оптимизации логистических процессов, особенно в условиях ограниченных ресурсов и высоких требований к качеству перевозимых товаров.

В будущем можно рассмотреть несколько направлений. Первое — стоит разработать программное обеспечение, высчитывающее транспортные задачи автоматически, зная также сроки хранения товара: таким образом, можно намного быстрее и проще планировать перевозки. Второе — изучить, в каких условиях оказания услуги факторы, такие как температура, влияют на выбор дорожки: это поможет лучше адаптировать логистику к условиям.

Литература

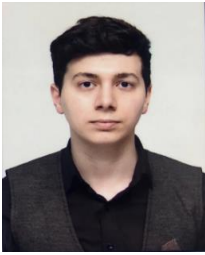
- [1] ООН. Соглашение о международных перевозках скоропортящихся пищевых продуктов и о специальных транспортных средствах, предназначенных для этих перевозок (СПС), 2017. – 113 с.
- [2] Юдин Д.Б., Гольштейн Е.Г. Задачи и методы линейного программирования. Книга 3: Задачи транспортного типа 2022. 182 с.
- [3] Болотникова О. В. Линейное программирование: транспортные и сетевые модели: учеб. пособие / О. В. Болотникова, Д. В. Тарасов, Р. В. Тарасов. – Пенза: ПГУ, 2016. – 88 с.

ANALYSIS OF THE MINIMUM ELEMENT AND POTENTIALS METHODS FOR SOLVING THE TRANSPORTATION PROBLEM CONSIDERING SHELF LIFE

Gulmalova S.A., Akhmedov L.N.

Abstract. This paper explores the methods of the minimum element and potentials, which are widely used for solving the transportation problem—a linear programming problem aimed at minimizing costs in transporting goods from suppliers to consumers. Special attention is given to the impact of product shelf life on the optimization process of transportation. The study provides a detailed analysis of two approaches: the classical method, which does not consider shelf life, and a modified method that incorporates time constraints related to product storage. Comparative results are presented, highlighting the differences in costs and resource allocation when applying each method. This research emphasizes the importance of considering shelf life to enhance the efficiency of logistics processes and minimize losses associated with product expiration.

Keywords: transportation problem, minimum element method, potentials method, shelf life, logistics optimization, linear programming.



VIRTUAL TEXNOLOGIYA VƏ SÜNİ İNTELLEKTİN TƏHSİLDƏ ROLU

Osmanlı T.E., Əhmədov L.N.

tosmanli@naa.edu.az

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Virtual texnologiyalar və süni intellekt metodlarının tətbiqi müasir təhsilə gətirdiyi yeniliklər, virtual texnologiyalarla birlikdə simulyasiya modelləşdirməsindən istifadənin faydaları araşdırılmışdır. Tədrisdə virtual texnologiyaların tətbiqi, süni intellekt əsaslı qiymətləndirmə metodlarının effektivliyi müqayisə edilmişdir. Adaptiv öyrənmə platformalarında istifadə olunan artırılmış reallıq (AR), virtual reallıq (VR) və bulud əsaslı simulyasiya platformalarının ənənəvi tədris metodları ilə müqayisədə üstünlükləri və onlardan istifadənin tədrisin keyfiyyətinə təsirinin qiymətləndirilməsi sahəsində aparılmış tədqiqatlar nəzərdən keçirilmişdir.

Açar sözlər: virtual texnologiyalar, süni intellekt metodları, virtual reallıq, artırılmış reallıq, simulyasiya modelləşdirməsi, qeyri-səlis modellər.

Giriş. Virtual texnologiyalar və süni intellekt metodlarının tətbiqi müasir təhsildə mühüm rol oynayır. Süni intellekt və virtual reallıq texnologiyaları tədris prosesinin daha interaktiv, adaptiv və effektiv olmasına imkan yaradan bir sıra yeniliklər təqdim edir. Virtual texnologiyaların təhsildə tətbiqini simulyasiya modelləşdirməsiz təsəvvür etmək mümkün deyil. Simulyasiya modellərindən istifadənin təhsildə faydaları da diqqəti cəlb edir. Bu texnologiyaların istifadəsi təhsil sistemində ciddi struktur dəyişikliklərinə yol açır. Son illərdə virtual texnologiyalar və süni intellekt metodlarının təhsilin keyfiyyətinə təsirinin qiymətləndirilməsi sahəsində də mühüm irəliləyişlər nəzərə çarpır.

Müzakirə. VR texnologiyaları son illərdə daha geniş miqyasda istifadə edilməyə başlamışdır [1]. VR-nin istifadə edildiyi təlim sessiyalarında şagirdlərin tədris prosesinə daha çox maraq göstərdikləri və mövzuları daha dərinlən anladıkları qeyd edilmişdir. AR mürəkkəb prosesləri vizuallaşdırmağa imkan verir. Məsələn, biologiyada şagirdlər 3D məkanda molekulların qarşılıqlı təsirini müşahidə edə bilərlər [2]. Bu, tələbələrin təsəvvür etmə qabiliyyətinin artmasına və mövzunu daha dərinlən başa düşmələrinə kömək göstərir. VR texnologiyaları aviasiya və pilot hazırlığında da geniş istifadə olunur. Buna misal olaraq real pilotluq simulyasiyasını təmin edən Flight Simulator X proqramını göstərmək olar.

Digər tərəfdən, süni intellektin təhsildə istifadəsi öyrənmə prosesinə yeni perspektivlər açmışdır. Süni intellekt təməlli sistemlər vasitəsilə tələbələrin fərdi ehtiyacları müəyyən edilərək onlara spesifik tədris kontenti təklif edilir [3]. Adaptiv öyrənmə platformaları, tələbələrin performansını yüksəltmək üçün çoxlu parametrləri qeyd edir:

- Səhvlər və uğurlar: tələbələr ən çox harada səhv edirlər?
- Problemin həllinə sərf etdiyi vaxt: əgər tələbə müəyyən bir problem növünə çox vaxt sərf edərsə, bu, başa düşməkdə çətinlik çəkdiyini göstərə bilər.
- Öyrənmə ardıcılığı: tələbənin materialı əhatə etmə ardıcılığı onun nəyə üstünlük verdiyini və nədə çətinlik çəkdiyini göstərə bilər.

Məsələn: DreamBox Learning (riyaziyyatı öyrənmə platforması) kəsrləri anlamaq kimi biliklərindəki boşluqları müəyyən etmək üçün tələbələrin problemi həll zamanı yerinə yetirdikləri hərəkətləri təhlil edir [4].

Bir çox platformalar təlimə diaqnostik testlə başlayır. Bu, hansı mövzuların çətinliklərə səbəb olduğunu dərhal müəyyən etməyə kömək edir [5]. ALEKS (Assessment and Learning in Knowledge Spaces) sistemi bilik səviyyəsini və buraxılmış mövzuları müəyyən etmək üçün ilkin testdən istifadə edir. Sistem daha sonra boşluqları dolduran tapşırıqlar təklif edir.

Maşın öyrənmə alqoritmlərindən istifadə tipik səhvlər və öyrənmə tərzı də daxil olmaqla müxtəlif amillərə əsaslanan zəif cəhətləri müəyyən edərək qanunauyğunluqları aşkarlamağa yardım edir; tələbənin materialla qarşılaşmadan əvvəl harada çətinlik çəkə biləcəyini proqnozlaşdırır bilər. Məsələn, Knewton sistemi tələbələrın daha çox çətinlik çəkdiyi mövzuları müəyyən etmək üçün maşın öyrənməsindən istifadə edir və yadda saxlamağı yaxşılaşdırmaq üçün öyrənmə sırasını dəyişir [6].

Coursera kimi platformalar [7] tədris materialının uyğunlaşdırılması üçün müəyyən edilmiş zəif cəhətlərə əsasən: boşluqların aşkar edildiyi materialın təkrarlanması; yeni öyrənmə formatları: videolar, testlər, interaktiv tapşırıqlar, sadələşdirilmiş nümunələr və addım-addım izahatlar təklif edir.

Bir çox platforma müəllimlərlə inteqrasiyanı təmin etmək üçün tələbələrın akademik fəaliyyətinin ətraflı təhlilini, problemli mövzuların siyahısını, tələbəni dəstəkləmək üçün tövsiyələri ehtiva edən hesabatlar təqdim edir [8].

Təlim proqramlarını optimallaşdırmaq üçün maşın öyrənməsi modellərindən istifadə [9] tələbələrın öyrənmə xüsusiyyətlərinə uyğun olaraq çevik dəyişiklik etmə imkanı verir. Qeyd edək ki, "supervised learning" texnikası vasitəsilə maşın öyrənməsi modellərindən istifadə edən tələbələrın fərdi irəliləyişi əsasında təhsilin keyfiyyəti qiymətləndirilib və yanaşma vasitəsilə təhsilin məhsuldarlığının 15%-dən çox artdığı müşahidə olunub.

Adaptiv öyrənmə platformalarına həmçinin: dil öyrənmə səhvlərini təhlil edən və çətin sözləri və qrammatik konstruksiyaları nəzərdən keçirən Duolingo; müəllimlərə və tələbələrə riyaziyyat və elmdə zəiflikləri haqqında hesabat göstərən Khan Academy [10]; texniki fənlərdə unikal öyrənmə yolları yaratmaq üçün fərdiləşdirmədən istifadə edən Smart Sparrow sistemlərini nümunə göstərmək olar. Adaptiv platformalar məlumatların təhlili, maşın öyrənməsi alqoritmləri və şagird zəifliklərini effektiv şəkildə müəyyən etmək üçün müəllimlərlə qarşılıqlı əlaqədən istifadə edərək öyrənməni daha təsirli və səmərəli edir.

Virtual texnologiyaların istifadəsi çərçivəsində, simulyasiya vasitələrinin təhsil prosesində istifadəsi xüsusi diqqətə layiqdir [11]. Simulyasiya modelləri bizə real situasiyalarda qərar qəbul etmə prosesinə daxil olmağa imkan verir, aktiv öyrənməyə təşviq edən təhlükəsiz, interaktiv və real öyrənmə mühiti yaradır. Məsələn, virtual laboratoriyalar tələbələrə daha çox praktik bilik qazandırır. Onlar, real laboratoriya şəraitinin məhdudluqlarından azaddır və təhsil prosesini daha çevik edir. Aviasirkətin idarə edilməsi, cərrahiyyə və ya fəvqəladə hallara reaksiya üçün simulyatorlardan istifadə təlimi daha interaktiv və praktiki edir.

Dünya miqyasında müasir təhsil texnologiyalarının mövcud vəziyyəti ilə müqayisə etdikdə, Azərbaycanda bu texnologiyaların istifadəsinin hələ ilkin səviyyədə olduğunu görürük. Lakin yerli təhsil sisteminin potensialı, VR və Süni intellekt kimi texnologiyaları daha geniş miqyasda tətbiq etməyə imkan verir. Misal olaraq, ADA Universiteti virtual sinif otaqları yaradaraq təhsil proqramlarında innovativ yanaşmalar tətbiq edir [12]. Xüsusilə, "ADA Virtual Campus" adlanan bu platforma vasitəsilə tələbələr sinif mövzularına onlayn qoşula bilər və interaktiv öyrənmə prosesini yaşaya bilərlər. Azərbaycanda bu texnologiyaları daha geniş miqyasda tətbiq etmək üçün ilkin addımlar kimi proqramların pilot layihə formasında istifadəsi təklif olunur [13]. Misal olaraq, orta məktəblərdə VR texnologiyaları istifadə edilərək müxtəlif fənlər üzrə dərslərin daha vizual təqdimatı reallaşdırıla bilər.

Yeni texnologiyaların tədris prosesində aktiv tətbiqi, onların təhsilin keyfiyyətinə təsirinin qiymətləndirilməsi üçün də yeni, daha çevik yanaşmalar tələb edir. Bu yanaşmalar arasında "clustering" metodları vasitəsilə tələbələrın qruplaşdırılmasını qeyd etmək olar. Bu metod, fərqli qrupların performansları arasındakı fərqləri öyrənməyə imkan yaratmışdır.

Qeyri-səlis modellər, xüsusilə virtual təhsil texnologiyalarına gəldikdə, öyrənmə keyfiyyətinin təhlili və qiymətləndirilməsi üçün effektiv alət təqdim edir. Onların istifadəsi onunla bağlıdır ki, ənənəvi qiymətləndirmə metodları təlim prosesinin subyektiv və çoxkriteriyalı aspektlərini nəzərə almaq üçün kifayət qədər çevik olmaya bilər. Qeyri-səlis modellər təhsil sahəsinə xas olan qeyri-müəyyənlik və subyektivliklə mübarizə aparmağa imkan verir.

Qeyri-səlis modellər xüsusilə aşağıdakı araşdırmalar zamanı əlverişlidir:

- Tələbə məmnuniyyətinin qiymətləndirilməsi: tələbə sorğuları təhlil edilir və onların fikirlərini ümumi nəticəyə çevirən model yaradılır.
- Təhsil proseslərinin optimallaşdırılması: interaktivliyin olmaması kimi zəif yerlərin tapılması.
- Öyrənmə uğurunun proqnozlaşdırılması: Tələbə daxiletmələri və virtual texnologiya parametrləri əsasında təlim məqsədlərinə nail olmaq ehtimalının təxmin edilməsi.

Qeyri-səlis qiymətləndirmə modellərinin başlıca üstünlükləri subyektiv amillərin nəzərə alınması, fərdiləşdirmənin çevikliyi, qismən müəyyən edilmiş verilənlərlə işləmək bacarığıdır.

Lakin bu modellərin bəzi məhdudiyyətləri də var ki, bunlara modelin hazırlanması və qurulmasının mürəkkəbliyini, qaydaların və mənsubiyyət funksiyalarının yaradılması üçün ekspert biliklərinə ehtiyac olmasını nümunə göstərmək olar.

Qeyri-səlis modellər öyrənmə keyfiyyətinin daha dəqiq və informativ qiymətləndirilməsini yaratmaq üçün həm obyektiv, həm də subyektiv məlumatların nəzərə alınmalı olduğu təhsil sistemlərində xüsusilə faydalıdır.

Nəticə. Təhsil texnologiyaları sahəsində gələcək perspektivlər daha çox öyrənmə prosesinin məhsuldarlığını artıracaq alətlərə fokuslanmış olacaq. Buna misal olaraq, "augmented reality" texnologiyaları vasitəsilə real dünya təcrübələrinin simulyasiyası qeyd edilə bilər [14]. Nəticə olaraq, təhsil sistemində virtual texnologiyaların istifadəsinin keyfiyyət artırıcı alət kimi mühüm əhəmiyyət daşıdığını vurğulaya bilərik. Süni intellekt və virtual texnologiyaların integrasiyası tədris prosesini daha fərdi və səmərəli edir. Gələcək tədqiqatlar bu texnologiyaların yeni tətbiqlərini öyrənmə prosesinə dərin integrasiya etməyə imkan yaradacaq.

Ədəbiyyat

- [1] Selwyn, N. (2020). "Education and Technology: Key Issues and Debates." Cambridge University Press.
- [2] Mayer, R. E. (2021). "Multimedia Learning." Cambridge University Press.
- [3] UNESCO. (2019). "Artificial Intelligence in Education: Challenges and Opportunities."
- [4] Springer - *Data-driven insights in adaptive learning systems* (2021).
- [5] McGraw-Hill Education - *How ALEKS Works* (2022).
- [6] EdSurge - *How Adaptive Learning Technology Works* (2020).
- [7] Coursera Blog - *Personalized Learning with Coursera* (2022).
- [8] Edmentum - *Platform Overview* (2021).
- [9] Brown, E., & Green, T. (2021). "The Essentials of Instructional Design: Connecting Fundamental Principles with Process and Practice." Pearson.
- [10] Khan Academy. (2022). "Adaptive Learning: A Guide to Personalized Education."
- [11] Shen, Z., & Xu, J. (2018). *Simulation in Engineering Education*. Springer International Publishing.
- [12] ADA Universiteti Araşdırma Mərkəzi. (2023). "Virtual Campus Tətbiqi və Effektivliyi."
- [13] Azərbaycan Texnologiya Universiteti. (2022). "VR Tətbiqlərinin Pilot Layihələri."
- [14] EdTech Magazine. (2023). "Emerging Trends in Virtual Reality and AI for Education."

THE ROLE OF VIRTUAL TECHNOLOGY AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION

Osmanli T.E., Ahmedov L.N.

Abstract. The integration of virtual technologies and artificial intelligence methods in modern education introduces groundbreaking innovations. This study explores the advantages of simulation modeling alongside virtual technologies, highlighting its role in enhancing educational practices. It compares the

effectiveness of AI-based evaluation methods and the application of virtual technologies in teaching. The study reviews the use of augmented reality (AR), virtual reality (VR), and cloud-based simulation platforms in adaptive learning environments, showcasing their superiority over traditional teaching methods. Additionally, the paper evaluates the impact of these technologies on the quality of education. Methods such as clustering and fuzzy models are discussed for assessing and optimizing learning outcomes. The research concludes that virtual and augmented reality technologies, combined with AI, offer highly effective tools for individualized and efficient teaching processes. These innovations significantly enhance learning engagement, comprehension, and overall educational quality, suggesting a promising future for deeper integration of these technologies into education systems.

Keywords: virtual technologies, artificial intelligence methods, virtual reality, augmented reality, simulation modeling, fuzzy models.

AVİASİYADA ATS SİSTEMLƏRİ: MÜASİR İŞƏ QƏBUL TEXNOLOGİYASI



Əhmədli X.M.

khahmadli@naa.edu.az

Azərbaycan Texniki Universiteti, Azərbaycan

Xülasə. Aviasiya sektoru yüksək standartlar, ciddi tələblər və kompleks işə qəbul prosesləri ilə fərqlənir. Bu sahədə işə qəbul zamanı dəqiqlik, sürət və təhlükəsizlik əsas prioritetlərdən biridir. Applicant Tracking System (ATS) bu prosesləri daha effektiv, çevik və optimallaşdırılmış şəkildə idarə etməyə imkan verir. ATS sistemi aviasiya şirkətlərinə müraciətlərin avtomatlaşdırılmış şəkildə emal olunmasını təmin edərək, həm işə götürənlərin, həm də namizədlərin təcrübəsini təkmilləşdirir. ATS sistemləri müraciətlərin böyük həcmdə olduğu vaxtlarda xüsusilə faydalıdır. Bu sistemlər müraciətləri açar sözlər, iş təcrübəsi və digər spesifik kriteriyalar əsasında təsnif edir. Müraciət edənlərin lisenziyalarının, sertifikatlarının və iş təcrübəsinin uyğunluğunu yoxlamaqla yanaşı, ATS sistemləri namizədləri reyting üzrə sıralayır. Bu, işə götürənlərin ən uyğun namizədləri qısa müddətdə müəyyən etməsinə imkan verir. ATS sistemi aviasiya sektorunda işə qəbul prosesini tamamilə yeni səviyyəyə çıxarır. Zaman və resurs qənaəti, müraciətlərin dəqiq təhlili və uyğunluğun avtomatik yoxlanması kimi üstünlüklərə malikdir. Bu yanaşma sektorda kadr seçiminin keyfiyyətini artıraraq, işə qəbul prosesini daha şəffaf və sürətli edir.

Açar sözlər: CV skanerləmə, data analizi, virtual DOM mexanizmi, istifadəçi interfeysi, proqram təminatı, web texnologiya,

Giriş. Ənənəvi işə qəbul prosesində insan resursları komandası minlərlə müraciəti əl ilə incələməli, hər bir namizədin uyğunluğunu qiymətləndirməli və uyğun olanları seçməlidir. Bu, vaxt və resursların böyük miqyasda sərf edilməsinə gətirib çıxarır. ATS sistemləri isə bu prosesi avtomatlaşdıraraq müraciətləri açar sözlər, tələblər və xüsusi kriteriyalar əsasında sürətlə analiz edir və təsnifləşdirir. Bu, işə götürənlərin vaxt itirmədən yalnız ən uyğun namizədlərə fokuslanmasına imkan verir və nəticədə daha effektiv bir proses təmin olunur.

Bundan əlavə, ATS sistemləri məlumatların mərkəzləşdirilmiş idarə edilməsini təmin edir. Bütün namizəd məlumatları bir mərkəzi platformada saxlanılır və ehtiyac duyulduqda asanlıqla əldə edilir. Bu, həm məlumat axınına asanlaşdırır, həm də müraciətlərin idarəsini daha şəffaf və səmərəli edir.

Belə bir sistemə ehtiyacın digər vacib səbəblərindən biri də təhlükəsizlik və məxfilik məsələləridir. Xüsusilə aviasiya kimi təhlükəsizlik standartlarının yüksək olduğu sahələrdə, məlumatların etibarlı şəkildə emalı və saxlanması çox önəmlidir. ATS sistemləri məlumatların qorunmasını təmin edir və namizədlərin məlumatlarının məxfiliyini qoruyur.

Metodlar. ATS sistemlərinin *front-end* (istifadəçi interfeysi) və *back-end* (server və məntiqi emal) komponentləri qarşılıqlı əlaqə vasitəsilə müraciətlərin daxil edilməsi, emalı və təhlilini təmin edir. İstifadəçi interfeysi (HTML, CSS, JS, React) məlumatları təqdim edir və idarə edir, server tərəfi isə (Java, NoSql) məlumatların saxlanması və işlənməsi ilə məşğuldur.

Bu texnologiyalar birgə işləyərək ATS sisteminin həm istifadəçi interfeysini, həm də güclü server tərəfini təmin edir. Bu yanaşma, mürəkkəb iş axınlarının idarə olunmasını və istifadəçi təcrübəsinin optimallaşdırılmasını mümkün edir.

HTML və *CSS* sistemin əsas istifadəçi interfeysinin strukturunu və dizaynını təmin edir. *HTML* səhifənin əsas elementlərini təşkil edir və müraciət formaları, məlumat siyahıları və vizual komponentlər üçün bir çərçivə rolunu oynayır. *CSS* isə bu elementləri vizual olaraq cazibədar və funksional hala gətirir.

Flexbox və Grid kimi xüsusiyyətlər interfeysin mobil uyğunluğunu təmin edir və müraciət formalarının müxtəlif ekran ölçülərində düzgün görünməsinə imkan yaradır.

JavaScript isə sistemin dinamikliyini təmin edən əsas texnologiyadır. Form validation, real-time yeniləmələr və istifadəçi ilə qarşılıqlı əlaqə *JavaScript* vasitəsilə idarə olunur. Məsələn, müraciət forması doldurularkən daxil edilən məlumatların düzgünlüyü dərhal yoxlanılır və səhvlər real-time bildirişlərlə istifadəçiyə göstərilir.

React komponent əsaslı yanaşma ilə *ATS* interfeysinin dinamikliyini artırır. Müraciət formaları, məlumat paneli və filtr interfeysləri kimi bölmələr hər biri ayrıca komponent kimi yaradılır. *React-in Virtual DOM* xüsusiyyəti sistemin performansını artırır və istifadəçi qarşılıqlı əlaqələrinə daha tez cavab verilməsini təmin edir. *React Router*, sistem daxilində səhifələr arasında naviqasiyanı idarə edir, məsələn, müraciət siyahısından müəyyən bir namizədin detalları səhifəsinə keçidi asanlaşdırır.

Məlumatların front-end və back-end arasında ötürülməsi *Fetch API* vasitəsilə həyata keçirilir. Məsələn, istifadəçi müraciət formasını doldurduqdan sonra, məlumat *Fetch API* vasitəsilə back-end-ə göndərilir. Bu yanaşma ilə front-end-in serverlə sinxronizasiyası təmin edilir və istifadəçilərə real-time məlumat təqdim olunur.

Redux Toolkit isə front-end-in məlumat idarəsini optimallaşdırır. Məlumatlar mərkəzləşdirilmiş bir vəziyyətdə saxlanılır və fərqli komponentlər arasında asanlıqla paylaşılır. *Redux Toolkit-in createAsyncThunk* xüsusiyyəti, *API*-lərdən məlumat yükləmə əməliyyatlarını idarə etmək üçün istifadə olunur. Məsələn, müraciətlərin siyahısı back-end-dən alınır və *Redux* vasitəsilə bütün interfeysdə sinxron şəkildə yenilənir.

Back-end isə *Java Spring Boot* texnologiyası ilə qurulur və sistemin əsas məntiqi və məlumatların idarəsi ilə məşğul olur. Məlumatların emalı, təhlükəsizlik və verilənlər bazası integrasiyası back-end-in əsas funksiyalarını təşkil edir. *REST API*-lər vasitəsilə back-end, front-end ilə əlaqəni təmin edir və müraciətlərin işlənməsi üçün lazımi funksionallıqları təqdim edir. Məsələn, namizəd məlumatları back-end-də qəbul edilir, analiz olunur və strukturlaşdırılmış şəkildə verilənlər bazasında saxlanılır.

Java Spring Security, istifadəçi məlumatlarının qorunması üçün təhlükəsizlik tədbirlərini təmin edir. *OAuth2* və *JWT* kimi texnologiyalar istifadəçi autentifikasiyasını həyata keçirir və məlumatların təhlükəsiz şəkildə ötürülməsini təmin edir. *Hibernate*, *Java* tətbiqləri ilə verilənlər bazası arasında əlaqəni idarə edərək məlumatların saxlanması və alınmasını asanlaşdırır.

NoSQL verilənlər bazası müraciətlərin, namizəd məlumatlarının saxlanması üçün istifadə olunur. Ən populyar NoSQL texnologiyalarından biri *MongoDB*-dir. *MongoDB*, müraciət məlumatlarını *JSON*-a oxşar sənədlərdə saxlayır və bu, müraciətlərin idarə olunmasına imkan verir. Məsələn, namizədin şəxsi və iş təcrübəsi haqqında məlumatları Şəkil 1-dəki kimi saxlanıla bilər.

```
{
  "pilotId": "P12345",
  "name": {
    "firstName": "Khayal",
    "lastName": "Ahmadli"
  },
  "contactDetails": {
    "email": "khayal.ahmadli@azal.az",
    "phone": "+994501234567"
  },
  "employmentDetails": {
    "airline": "AZAL",
    "position": "Pilot",
    "employmentStartDate": "2015-03-01",
    "currentAircraft": "Boeing 787 Dreamliner",
    "baseLocation": "Bakı Heydər Əliyev Beynəlxalq Hava Limanı"
  }
}
```

Şəkil 1. Məlumatların JSON formatında saxlanması

Nəticə və müzakirələr. *ATS* sistemi, müraciətlərin avtomatlaşdırılmış şəkildə idarə edilməsi, təhlili və uyğunluğun qiymətləndirilməsi ilə işə qəbul müddətini daha sürətli, effektiv və dəqiq edir.

ATS Sistemindən Əvvəl İşə Qəbul Prosesinin Məhdudiyyətləri:

1. Əllə İşlənən Müraciətlər: Ənənəvi işə qəbul proseslərində müraciətlər kağız və ya e-poçt vasitəsilə təqdim olunurdu. Bu, müraciətlərin idarə edilməsində vaxt itkisinə və insan səhvlərinə səbəb olurdu.
2. Məlumatların Struktursuzluğu: müraciətlər müxtəlif formatlarda təqdim olunur və məlumatların təhlili üçün strukturlaşdırılması tələb olunurdu. Bu, HR komandalarının işini daha da çətinləşdirirdi.
3. Zəif Axtarış və Filtrləmə: Ənənəvi metodlarla müraciətlər arasında uyğun namizədləri tapmaq çox vaxt tələb edirdi, çünki bu, açar sözlər və ya spesifik bacarıqlar üzrə axtarış üçün imkan vermiirdi.

ATS Sisteminin Gətirdiyi Yeniliklər və Üstünlüklər:

1. Müraciətlərin Avtomatlaşdırılmış İdarə Olunması: ATS sistemi, müraciətlərin avtomatik olaraq qəbul edilməsi, təsnif edilməsi və emal olunmasını təmin edir. Bu, HR komandalarının iş yükünü əhəmiyyətli dərəcədə azaldır və vaxt qənaətini artırır.
2. Axtarış və Filtrləmə İmkanları: ATS sistemləri, açar sözlər, təcrübə illəri, lisenziyalar və ya spesifik bacarıqlar əsasında müraciətlərin sürətli şəkildə axtarışını təmin edir. Bu, ən uyğun namizədlərin qısa müddətdə seçilməsinə imkan verir.
3. Strukturlaşdırılmış Məlumatlar və Təhlil: ATS sistemləri müraciətləri strukturlaşdırılmış məlumatlara çevirir və bu məlumatlar əsasında hesabatlar hazırlayır. Məsələn, müraciət edənlərin bacarıq səviyyələri, uyğunluq dərəcələri və statistik məlumatlar bir kliklə əldə edilə bilər.

ATS sistemləri ənənəvi işə qəbul metodlarının çatışmazlıqlarını aradan qaldıraraq prosesi daha sürətli, effektiv və şəffaf etmişdir. Bu sistemlərin tətbiqi, həm namizədlər, həm də işə götürənlər üçün daha yaxşı təcrübə təmin edir. Bu, şirkətlərə həm resurs qənaəti, həm də ən yaxşı istedadları seçmək üçün böyük üstünlük təmin edir.

Ədəbiyyat

- [1] Smith, J., & Taylor, R. (2020). Applicant Tracking Systems and Their Role in Modern Recruitment.
- [2] Johnson, K. (2018). Leveraging AI in Applicant Tracking Systems. *International Journal of Technology in Human Resources*, 12(4), 101-116.
- [3] Kumar, A., & Gupta, P. (2019). *NoSQL Databases: A Practical Guide*. Springer.
- [4] <https://www.sap.com/products/hcm/recruiting-software/what-is-an-applicant-tracking-system.html>
- [5] <https://www.techtarget.com/searchhrsoftware/definition/applicant-tracking-system-ATS>
- [6] <https://www.techinhumanresources.com/ai-ats-integration>
- [7] <https://www.devopsjournal.org/ci-cd-for-ats>
- [8] <https://www.hrtechreview.com/ats-trends>
- [9] <https://seamlesshr.com/blog/applicant-tracking-system-all-you-need-to-know/>
- [10] <https://qalbit.com/blog/how-to-build-a-complete-ats-web-application-using-node-js/>

AVIATION ATS SYSTEMS: MODERN RECRUITMENT TECHNOLOGY

Ahmadli K.M.

Abstract. The aviation sector is distinguished by high standards, strict requirements, and complex recruitment processes. Precision, speed, and security are key priorities in recruitment within this field. Applicant Tracking Systems (ATS) allow these processes to be managed more effectively, flexibly, and efficiently. ATS systems enable aviation companies to automate the processing of applications, improving the experience for both employers and candidates. ATS systems are especially valuable during periods of high application volume. They classify applications based on keywords, work experience, and other specific criteria. In addition to verifying candidates' licenses, certifications, and professional experience, ATS systems rank applicants by relevance. This helps employers identify the most suitable candidates in a short time. ATS systems elevate the recruitment process in the aviation sector to a

completely new level, offering benefits such as time and resource savings, precise analysis of applications, and automated validation of compliance. This approach enhances the quality of talent selection in the sector, making the recruitment process more transparent and faster.

Keywords: CV scanning, data analysis, virtual DOM mechanism, user interface, software development, web technology.



NEYRON ŞƏBƏKƏLƏRİNİN ANBARLARDA EHTİYATLARIN İDARƏ OLUNMASI MƏSƏLƏLƏRİNƏ TƏTBİQİ

Baxşiyeva Z.A., Əhmədov L.N.

bakhshiyevazuleykha@gmail.com

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Mallara tələbin daim dəyişdiyi bugünkü rəqəbətli dünyada anbarlarda ehtiyatların səmərəli surətdə idarə edilməsi hər bir şirkət üçün əsas uğur amilidir. Anbarlarda ehtiyatların səmərəli surətdə idarə edilməsi iqtisadi səmərəlilik, ehtiyat çatışmazlığının qarşısının alınması, məsrəflərin optimallaşdırılması kimi vacib məsələləri həll etdiyindən bütün dövrlərdə öz aktuallığını saxlamaqdadır. Bu səbəbdən də bu problemlə bağlı araşdırmalar heç vaxt öz aktuallığını itirmir. Məqalədə, anbar idarəçiliyinin rolu, anbarlarda ehtiyatların idarə edilməsinin əhəmiyyəti, bu sahədə aparılan müasir tədqiqatlar nəzərdən keçirilir, anbar idarəetmə sistemləri və texnologiyaları, neyron şəbəkələrinin tətbiqi, həmçinin ehtiyatların idarə edilməsində bu texnologiyanın rolu araşdırılır. Neyron şəbəkələrinin əhəmiyyəti, tətbiqləri və gələcək imkanları ilə bağlı əsas nəzəri və praktiki məsələlər müzakirə edilir.

Açar sözlər: anbarlarda ehtiyatların idarə olunması, neyron şəbəkələri, proqnozlaşdırma, optimallaşdırma, ehtiyatların bölüşdürülməsi, dərin öyrənmə.

Giriş. Anbarlar, mal və materialların saxlanması və idarə olunması üçün əsas rol oynayır, malların təhlükəsizliyini, təmizliyini və tələbatı ödəmək üçün lazım olan miqdarda mövcudluğunu təmin edirlər. Ehtiyatların idarə olunması, təşkilatların mal və materiallara olan tələbatı, onların saxlanması və hərəkəti ilə bağlı fəaliyyətlərinin planlaşdırılması, optimallaşdırılması və nəzarəti prosesidir. Bu, ehtiyatların mövcudluğunu, çatışmazlığının qarşısını almaq, qiymətlərin və anbar məsrəflərinin idarə edilməsini əhatə edir.

Anbarlarda ehtiyatları idarə edərkən müəssisələr aşağıdakı problemlərlə üzləşirlər:

1. Tələbin proqnozlaşdırılması: gələcək müştəri ehtiyaclarının müəyyən edilməsi.
2. Sifariş həcmələrini optimallaşdırılması: artıq ehtiyatları minimuma endirmək və ehtiyatların tükənməsinin qarşısını almaq.
3. Logistika idarəetməsi: icra olunan əməliyyatları sürətləndirmək üçün malların anbarda yerləşdirilməsinin planlaşdırılması.
4. Xərclərin azaldılması: saxlama və daşıma xərclərinin optimallaşdırılması.

Metodlar. Anbar ehtiyatlarının idarə edilməsi məsələlərində süni intellekt metodlarından (o cümlədən neyron şəbəkələri) geniş istifadə olunmazdan əvvəl analitik, statistik və optimallaşdırma üsullarına əsaslanan ənənəvi yanaşma və metodlardan istifadə olunurdu. Belə metodlara aşağıdakıları nümunə göstərmək olar:

1. Analiz və proqnozlaşdırma üçün tarixi məlumatların istifadəsinə əsaslanan *statistik metodlar* (sürüşən orta qiymət metodu, eksponensial hamarlaşdırma, reqressiya analizi).
2. Xərclərin minimuma endirilməsi və prosesin optimallaşdırılması yolu ilə ehtiyatların idarə edilməsi məsələlərini həll edən *optimallaşdırma metodları* (İqtisadi Sifariş Miqdarı (EOQ) modeli, ABC-analiz metodu, Sabit Sifariş Ehtiyatları İdarəetmə Modeli (Q-Sistem), Sabit vaxt intervalı modeli (P-Sistem)).
3. *İmitasiya modelləşdirməsi metodları* (Sistem dinamikası, Monte-Karlo).
4. *Diskret proqramlaşdırma metodları* (xətti proqramlaşdırma, tam qiymətli proqramlaşdırma).
5. *Evristik və təqribi metodlar* (açağıqlu alqoritm metodları, genetik alqoritm metodu, budaqlar və sərhədlər metodu).

Ənənəvi metodların başlıca üstünlükləri kimi aşağıdakıları qeyd edə bilərik:

- İcra və təfsir asanlığı.

- Hesablama resursları üçün aşağı tələblər.
- Çox da mürəkkəb olmayan və proqnozlaşdırıla bilən davranışı olan məsələlərə uyğunluğu.

Bununla belə ənənəvi metodlara bir sıra məhdudiyyətlər xasdır:

- Böyük həcmli məlumatlarla yaxşı işləmirlər.
- Tələb və şərtlərdəki dəyişikliklərə zəif uyğunlaşırlar.
- Çoxölçülü və çoxkriteriyalı məsələlərdə məhdud imkanlara malikdirlər.

Bu üsullar çox vaxt süni intellekt sayəsində mürəkkəb məlumatları emal etməyə və real vaxt rejimində dinamik dəyişiklikləri nəzərə almağa qadir olan müasir yanaşmalar üçün əsas rol oynayır.

Müasir ehtiyatları idarəetmə texnologiyaları süni intellekt metodlarının, o cümlədən neyron şəbəkələrin tətbiqi sayəsində fəal şəkildə inkişaf edir. Bu texnologiyalar ehtiyatların proqnozlaşdırılması, optimallaşdırılması və bölüşdürülməsi proseslərini avtomatlaşdırmağa, anbarın səmərəliliyini yüksəltməyə və xərcləri azaltmağa imkan verir. Neyron şəbəkələri süni intellektin güclü aləti kimi anbar əməliyyatlarını optimallaşdırmaq və ehtiyatların idarə edilməsinin səmərəliliyini əhəmiyyətli dərəcədə artırmaq üçün geniş imkanlar yaradır.

Neyron şəbəkələri, insan beyninin quruluşuna və işləməsinə bənzər şəkildə öyrənmə qabiliyyətinə malik hesablama modelləridir. Bunlar, böyük miqdarda məlumatı analiz etmək və kompleks problemləri həll etmək üçün istifadə olunur. Neyron şəbəkələri, ehtiyatların idarə edilməsində gələcək tələbatı proqnozlaşdırmaq, ehtiyatın optimallaşdırılması, tədarük zənciri idarəçiliyi və digər sahələrdə tətbiq oluna bilər.

Neyron şəbəkələri keçmiş məlumatları analiz edərək gələcək tələbatın proqnozlaşdırılmasında istifadə olunur. Bu, ehtiyatların daha yaxşı planlaşdırılmasına, çatışmazlıqların qarşısının alınmasına və məsrəflərin azaldılmasına kömək edir.

Anbar ehtiyatlarının idarə edilməsi prosesində çətinliklər bir sıra səhvlər (idarəçilik səhvləri, tələbatın yanlış proqnozlaşdırılması, məhsulun qəbulunda gecikmələr və digər səbəblərə bağlı ola bilər) və qeyri-müəyyənliklərdən (ehtiyat idarəçiliyi, tələbatın, tədarük zənciri problemlərinin, qiymətlərin və digər amillərin dəyişməsi səbəbindən qeyri-müəyyənliklərə məruz qalır) qaynaqlanır.

Neyron şəbəkələri, qeyri-müəyyənlikləri azaltmaq, səhvləri minimuma endirmək və ehtiyat idarəçiliyində daha yaxşı qərarlar qəbul etmək üçün istifadə olunur.

Neyron şəbəkələri aşağıdakı imkanlara görə ənənəvi proqnozlaşdırma və optimallaşdırma metodlarından üstünlüyünü nümayiş etdirir:

1. Böyük verilənlərin təhlili: Satışlar, çatdırılma vaxtları, mövsümi tendensiyalar və digər amillərlə bağlı böyük həcmli məlumatların işlənməsi.

2. Qeyri-xətti asılılıqların işlənməsi: Standart statistik metodlardan istifadə etməklə aşkarlanması çətin olan mürəkkəb nümunələrin tanınması.

3. Öz-özünə öyrənmə: Yeni məlumatlardan öyrənməklə proqnozun dəqiqliyini davamlı olaraq təkmilləşdirilməsi.

4. Əşyaların İnterneti ilə inteqrasiya: Sensorlardan və anbar avtomatlaşdırma sistemlərindən alınan məlumatlar ilə qarşılıqlı əlaqə qurulması.

Anbar ehtiyatlarının idarə edilməsi üçün ən çox aşağıdakı neyron şəbəkə növlərindən istifadə olunur:

1. Təkrarlanan Neyron Şəbəkələri (Recurrent neural network - RNN): Tələb və ya inventar səviyyələrindəki dəyişikliklər kimi zaman sıralarını təhlil etmək üçün istifadə olunur.

2. Qıvrımlı Neyron Şəbəkələri (Convolutional neural network - CNN): Məhsul təsvirlərini təhlil etmək üçün uyğundur (məsələn, avtomatik təsnifat üçün).

3. Generativ modellər (Generative Adversarial Networks - GAN): Simulyasiyalar yaratmaq və müxtəlif ehtiyatları idarəetmə ssenarilərini sınaqdan keçirmək üçün istifadə olunur.

4. Hibrid Modellər: Daha dəqiq proqnozlar üçün RNN və digər arxitekturaların birləşməsi.

Neyron şəbəkələrdən istifadə nümunəsi olaraq şirkət məhsullara tələbi proqnozlaşdırmaq üçün RNN-dən istifadə edə bilər. Model, mövsümi dalğalanmalar və marketing təşviqləri nəzərə alınmaqla, tarixi satış məlumatları üzrə öyrədilir. Şəbəkə təlim keçdikdən sonra, ehtiyatların tükənməsi və ya həddən artıq yığılma riskini minimuma endirərək, hər bir müddət ərzində məhsulun neçə ədədinin sifariş edilməsi lazım olduğunu proqnozlaşdırır.

Müasir dövrdə neyron şəbəkələrin tətbiqinin geniş vüsət aldığı sahələrdən biri də anbarlarda tez xarab olan məhsulların ehtiyatlarının idarə edilməsidir. Tez xarab olan məhsulların (süd məhsulları, ət, tərəvəz, meyvə və s.) ehtiyatlarının idarə edilməsi xüsusi yanaşma tələb edir. Onların saxlama müddəti məhduddur və tələbin dəyişməsi bir çox amillərdən asılıdır: hava, mövsüm, bayramlar və hətta regional üstünlüklər. Neyron şəbəkələrin istifadəsi proqnozlaşdırma, optimallaşdırma və monitorinqin mürəkkəb məsələlərini avtomatlaşdırmağa, itkiləri minimuma endirməyə və müştəri xidmətinin keyfiyyətini yüksəltməyə imkan verir.

Tez xarab olan məhsulların ehtiyatlarının idarə edilməsinin başlıca xüsusiyyətləri kimi saxlama müddətlərinin qısa olmasını, xarici amillərin (mövsümlilik, hava şəraiti, yerli hadisələr və meyllərin) təsirinə həssas olmalarını, müştəri ehtiyaclarının yüksək dəyişkənliyindən irəli gələn tələbatın dəyişməsinə, yüksək itki risklərini (məhsulların saxlama şərtləri pozulduqda və ya istifadə müddəti bitdikdə dəyərini itirir) və daşınma və saxlama zamanı çətinlikləri göstərmək olar.

Neyron şəbəkələrin tətbiqi tələbin proqnozlaşdırılması, ehtiyatların optimallaşdırılması, məhsulun yerləşdirilməsinin idarə olunması, saxlama şəraitinin monitorinqi proseslərini daha səmərəli təşkil etməyə şərait yaradır.

Tez xarab olan məhsulların ehtiyatlarının idarə edilməsi məsələlərinin həllində neyron şəbəkələrdən istifadənin əsas üstünlükləri aşağıdakılardır:

1. Azaldılmış itkilər: Dəqiq proqnozlar düzgün olmayan planlaşdırma nəticəsində xarab olma şansını azaldır.
2. Qərar qəbul etmə sürətinin artması: Avtomatlaşdırma tələbin dəyişməsinə tez reaksiya verməyə imkan verir.
3. Xərclərin optimallaşdırılması: Artıq inventar və saxlama xərclərinin azaldılması.
4. Təkmilləşdirilmiş müştəri xidməti: Doğru zamanda doğru məhsula sahib olmaq müştəri loyallığını artırır.

Üstünlüklərə baxmayaraq, neyron şəbəkələrin tətbiqi bəzi çətinliklərlə əlaqələndirilir:

1. Keyfiyyətli məlumatlara ehtiyac: Dəqiq modellərin yaradılması satış, logistika və saxlama şəraiti ilə bağlı çoxlu məlumat tələb edir.
2. Tətbiqin mürəkkəbliyi: Neyroşəbəkələrin mövcud sistemlərlə integrasiyası vaxt və resurslar tələb edir.
3. Yüksək xərc: Modellərin yaradılması, öyrədilməsi və saxlanması kiçik bizneslər üçün baha başa gələ bilər.

Müzakirə. Son olaraq anbar ehtiyatlarının idarə edilməsi məsələləri ilə məşğul olan tədqiqatçılar qarşısında duran əsas vəzifələri qeyd etməyi məqsəduyğun hesab edirik.

Qeyri-sabit tələbatla uyğunlaşma: Mövsümlilik və ya iqtisadi tərəddüdlər kimi xarici amillərin yaratdığı ani tələb dəyişikliklərinə effektiv şəkildə cavab verə bilən modellərin hazırlanması.

Real data ilə integrasiya: aktual proqnozlar və ehtiyatları idarəetmə həllərini təmin edərək real vaxt rejimində məlumatları emal edə bilən neyron şəbəkələri yaradılması.

Çox faktorlu analiz: Tələbi daha dəqiq proqnozlaşdırmaq üçün hava şəraiti, iqtisadi göstəricilər və satış statistikası daxil olmaqla, geniş çeşiddə dəyişənləri nəzərə ala bilən modellər hazırlanması.

Modelin şərh olunma bilməsi: Qərarlara təsir edən amilləri daha yaxşı başa düşmək üçün neyron şəbəkələrinin şəffaflığının artırılması, bu, biznes mühitində inam və texnologiyaların qəbulu üçün vacibdir.

Enerji səmərəliliyi və davamlılıq: Enerji xərclərini azaltmaq və həllərin davamlılığını yaxşılaşdırmaq üçün neyron şəbəkələrinin hazırlanması və idarə edilməsi üçün tələb olunan hesablama resurslarının optimallaşdırılması.

Bu sahələrdə davamlı tədqiqatlar anbar ehtiyatlarının idarə edilməsində neyron şəbəkələrin daha geniş və effektiv tətbiqinə, logistika sistemlərinin ümumi səmərəliliyinin və uyğunlaşma qabiliyyətinin artırılmasına töhfə verəcək.

Nəticə. Anbar ehtiyatlarının idarə edilməsində neyron şəbəkələrdən istifadə işin səmərəliliyini artırmaq və xərcləri azaltmaq üçün geniş imkanlar açır. Müəyyən çətinliklərə baxmayaraq, bu texnologiyalar müasir logistika menecmentinin ayrılmaz hissəsinə çevrilir, şirkətlərə rəqabət üstünlükləri verir.

Ədəbiyyat

- [1] Balayev R.A., Əlizadə M.N., Musayev I.K. Intellectual Systems and Technologies. Baku: Azerbaijan State University of Economics, 2016.
- [2] Ghasemian, M., & Zandieh, M. (2016). A hybrid approach for inventory management with fuzzy demand forecasting and neural network model. Computers & Industrial Engineering, 97, 45-55.
- [3] Chopra, S., & Meindl, P. (2019). Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation (7th ed.). Pearson Education.
- [4] Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2020). Operations Management (13th ed.). Pearson Education.
- [5]<https://perevozkagid.ru/analiz-vliyaniya-ispolzovaniya-nejrosetej-na-povyshenie-tochnosti-prognozirovaniya-sprosa-i-planirovaniya-zapasov-v-dostavke>

APPLICATION OF NEURAL NETWORKS TO THE ISSUES OF MANAGEMENT OF INVENTORIES IN WAREHOUSES

Bakhshiyeva Z.A., Ahmadov L.N.

Abstract. In today's competitive world, where demand for goods is constantly changing, efficient management of inventory in warehouses is a key success factor for every company. Efficient management of inventory in warehouses remains relevant at all times, as it solves important issues such as economic efficiency, prevention of inventory shortages, and optimization of costs. The article reviews the role of warehouse management, the importance of inventory management in warehouses, modern research in this area, warehouse management systems and technologies, the application of neural networks, as well as the role of this technology in inventory management. The main theoretical and practical issues related to the importance, applications, and future opportunities of neural networks are discussed.

Keywords: resource management in warehouses, neural networks, forecasting, optimization, resource allocation, deep learning.



UX/UI ДИЗАЙН МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ТУРИСТИЧЕСКИХ ЗОН АЗЕРБАЙДЖАНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ FIGMA

Гамбарова А.Э., Агамалиева Дж.А.

agambarova.60211@naa.edu.az

Национальная Авиационная Академия

Аннотация. Статья посвящена процессу создания UX/UI дизайна мобильного приложения для представления туристических зон Азербайджана с использованием инструмента Figma. Рассматриваются цели разработки, включая повышение удобства навигации, визуальную привлекательность и интеграцию интерактивных карт. Описан процесс проектирования, начиная с исследования аудитории и анализа конкурентов, до создания информационной архитектуры и высокоуровневых макетов. Особое внимание уделено применению национальных мотивов и уникального визуального стиля. Подчеркивается значимость тестирования и корректировки дизайна на основе обратной связи от пользователей [1]. Работа направлена на создание современного инструмента, способствующего популяризации туристического потенциала Азербайджана.

Ключевые слова: туристические зоны Азербайджана, UX/UI дизайн, Figma, мобильное приложение, интерактивные карты, пользовательский интерфейс, информационная архитектура, национальный стиль, визуальный дизайн, тестирование пользовательского опыта, прототипирование.

Введение. Азербайджан, страна огня и контрастов, привлекает туристов своими разнообразными природными ландшафтами и богатым культурным наследием [2]. С развитием технологий мобильные приложения становятся неотъемлемым инструментом для путешественников, предоставляя информацию о туристических зонах и маршрутах. Создание интуитивно понятного и привлекательного интерфейса такого приложения требует тщательного подхода к UX/UI дизайну. В данной статье рассмотрим процесс разработки дизайна мобильного приложения для представления туристических зон Азербайджана с использованием Figma.

Основная цель UX/UI дизайна туристического приложения — обеспечить пользователю легкий доступ к информации о достопримечательностях, маршрутах и сервисах Азербайджана. Это включает:

- *Удобство навигации:* простая и понятная структура приложения, позволяющая быстро находить необходимую информацию.
- *Визуальная привлекательность:* использование элементов дизайна, отражающих культуру и природу Азербайджана, для создания эмоциональной связи с пользователем.
- *Интерактивность:* предоставление интерактивных карт, маршрутов и рекомендаций для улучшения пользовательского опыта.

Использование Figma в разработке UX/UI. Figma — мощный инструмент для совместной работы над дизайном интерфейсов, обладающий следующими преимуществами [3]:

- *Совместная работа в реальном времени:* несколько дизайнеров могут одновременно работать над проектом, внося изменения и обсуждая идеи.
- *Прототипирование:* создание интерактивных прототипов позволяет тестировать пользовательские сценарии и получать обратную связь на ранних этапах разработки.
- *Компонентный подход:* использование повторяющихся элементов и стилей обеспечивает единообразие дизайна и ускоряет процесс разработки.

Процесс разработки дизайна (UX- design) состоит из следующих этапов:

1. *Исследование аудитории.* Этап исследования аудитории предполагает глубокое понимание потребностей и ожиданий потенциальных пользователей мобильного приложения. Для этого проводятся опросы, интервью и фокус-группы с различными группами путешественников, включая туристов, посещающих Азербайджан, а также местных жителей. Основные цели этого этапа:

- Определение демографических характеристик (возраст, пол, уровень дохода, география).
- Изучение привычек и предпочтений в использовании мобильных приложений для планирования путешествий.
- Выявление типичных сценариев использования, таких как поиск достопримечательностей, планирование маршрутов, бронирование отелей и ресторанов.
- Анализ барьеров и сложностей, с которыми сталкиваются пользователи при планировании поездок.

На основе собранных данных создаются *персоны* — условные образы пользователей, которые помогают понять их потребности и учитывать их на всех этапах проектирования.

2. *Анализ конкурентов.* Этот этап включает изучение уже существующих приложений, предоставляющих информацию о туристических направлениях. Для анализа конкурентов оцениваются следующие аспекты:

- Функциональность: Какие функции предлагают приложения (например, интерактивные карты, интеграция с социальными сетями, отзывы пользователей)?
- Навигация: насколько удобна структура и логика использования?
- Дизайн: какие цветовые решения, шрифты и элементы интерфейса используются?
- Пользовательский опыт: как легко пользователям находить нужную информацию и достигать своих целей?
- Недостатки: что вызывает у пользователей неудобства или затруднения?

Результаты анализа помогают выявить сильные стороны конкурентов, на которых можно основываться, и слабые, которые важно избежать в своем продукте.

3. *Создание информационной архитектуры.* На этом этапе разрабатывается логическая структура приложения [4]. В нее входят:

- Главные разделы, такие как «Достопримечательности», «Маршруты», «Рестораны», «Отели».
- Вложенные категории (например, достопримечательности делятся на природные, исторические и культурные объекты).
- Организация навигации: продумываются основные и второстепенные меню, кнопки и переходы.
- Карта взаимодействий: создается схема пользовательских потоков, отображающая, как пользователь будет перемещаться между разделами приложения.

Информационная архитектура помогает упростить навигацию, минимизировать количество шагов для достижения цели и сделать использование приложения интуитивно понятным.

4. *Разработка wireframes.* Wireframes (каркасные схемы) — это низкоуровневые макеты, которые визуализируют размещение основных элементов интерфейса. Они создаются без цветовой палитры и декоративных деталей, чтобы сосредоточиться на функциональности.

На этом этапе:

- Продумывается расположение меню, кнопок, карточек и других интерфейсных элементов.
- Определяются размеры и пропорции элементов для удобного взаимодействия.
- Обсуждаются пользовательские потоки, такие как поиск информации о достопримечательности или бронирование экскурсии.

Wireframes часто создаются в виде нескольких вариантов, чтобы выбрать наиболее удобное и эффективное решение.

5. *Дизайн высокоуровневых макетов.* После утверждения wireframes дизайнеры приступают к детализации. На этом этапе учитываются:

- *Визуальный стиль:* использование культурных мотивов, характерных для Азербайджана (например, орнаменты, изображения ковров или пейзажей).
- *Цветовая палитра:* гармония между яркими цветами (красный, синий, зеленый) и нейтральными оттенками.
- *Типографика:* выбор шрифтов, которые сочетают читаемость и эстетичность.
- *Иконки и иллюстрации:* уникальные элементы, связанные с национальной культурой (например, иконки минаретов или ковров).

Высокоуровневые макеты показывают, как будет выглядеть приложение в готовом виде, и позволяют получить первые отзывы.

6. *Прототипирование* — это создание интерактивной модели приложения в Figma, которая позволяет пользователям протестировать основные функции еще до разработки кода.

- *Функции прототипа:* включают работу кнопок, переходы между экранами, открытие всплывающих окон и т.д.
- *Тестирование:* проводится с участием реальных пользователей для выявления недостатков.
- *Обратная связь:* на основании тестирования вносятся изменения в интерфейс.

Прототипирование помогает избежать значительных затрат на исправление ошибок в будущем, а также дает заказчику увидеть предварительный результат работы команды.

Реализация визуального стиля (UI- design) в дизайне приложения рекомендуется:

- *Цветовая палитра:* использование оттенков, ассоциирующихся с природой и культурой страны, таких как синий (Каспийское море), зеленый (горные луга) и красный (традиционные орнаменты).
- *Типографика:* выбор шрифтов, сочетающих современность и традиции, для создания гармоничного визуального восприятия.
- *Иконография и иллюстрации:* разработка уникальных иконок и иллюстраций, отражающих национальные особенности и достопримечательности Азербайджана.

После создания прототипа необходимо провести тестирование с участием представителей целевой аудитории для выявления возможных проблем и получения обратной связи. На основе результатов тестирования вносятся необходимые изменения и улучшения в дизайн приложения.

Выводы. Разработка UX/UI дизайна мобильного приложения для представления туристических зон Азербайджана с использованием Figma позволяет создать интуитивно понятный и привлекательный интерфейс, способствующий популяризации туристического потенциала страны. Грамотное сочетание современных технологий и культурных особенностей обеспечивает уникальный пользовательский опыт и повышает интерес к путешествиям по Азербайджану.

Литература

- [1] Гиллерон, Ж.-Ф. "UX/UI дизайн: основы проектирования пользовательских интерфейсов". Москва: Манн, Иванов и Фербер, 2020.
- [2] Азербайджанская культурная энциклопедия. "Культура и наследие Азербайджана". Баку: Государственное издательство, 2020.
- [3] Figma. "Руководство пользователя Figma". [Онлайн ресурс]. Доступ: <https://www.figma.com>
- [4] Nielsen, J. "Usability Engineering". Morgan Kaufmann Publishers, 1994.
- [4] Shneiderman, B., Plaisant, C. "Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction". Pearson, 2016.

UX/UI DESIGN OF A MOBILE APPLICATION FOR SHOWCASING TOURIST AREAS OF AZERBAIJAN USING FIGMA

Gambarova A.E., Agamalieva J.A.

Abstract. The article is dedicated to the process of creating UX/UI design for a mobile application that showcases the tourist areas of Azerbaijan using the Figma tool. It discusses the development goals, including enhancing navigation convenience, visual appeal, and the integration of interactive maps. The design process is described, starting from audience research and competitor analysis to the creation of information architecture and high-level mockups. Special attention is given to the application of national motifs and a unique visual style. The importance of testing and adjusting the design based on user feedback is emphasized. The work aims to create a modern tool that promotes the tourism potential of Azerbaijan.

Keywords: tourist areas of Azerbaijan, UX/UI design, Figma, mobile application, interactive maps, user interface, information architecture, national style, visual design, user experience testing, prototyping.



ЭФФЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ ХРАНЕНИЯ И ОБМЕНА КРИПТОВАЛЮТЫ НА МОБИЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЕ

Джаннатов Ф.А., Агамалиева Дж.А.

fjannatov.60213@naa.edu.az

Национальная Академия Авиации, Азербайджан

Аннотация: Бот-криптокошелек в Telegram — это удобный инструмент для хранения и управления криптовалютой. Интеграция с Telegram обеспечивает быстрый доступ без необходимости установки дополнительных приложений. Бот поддерживает Bitcoin, Ethereum, USDT, предлагает функции p2p-обмена, мгновенных переводов и надежного хранения с двухфакторной аутентификацией. Использование Python и AioGram обеспечивает высокую производительность, безопасность и интуитивность. Все операции защищены современными методами шифрования. Удобство интерфейса и низкие комиссии делают бота идеальным решением для новичков и опытных пользователей. Этот криптокошелек сочетает простоту, надежность и функциональность для ежедневных операций.

Ключевые слова: Telegram, криптокошелек, криптовалюта, p2p, Bitcoin, Ethereum, USDT, безопасность, 2FA, aioGram, Python, интеграция, транзакции, интерфейс.

Введение. С ростом популярности криптовалют все больше людей ищут удобные и безопасные способы хранения и обмена цифровых активов. Бот — это уникальный инструмент, который работает внутри Telegram, предоставляя пользователям доступ к их криптовалюте прямо из популярного мессенджера. Бот разработан так, чтобы обеспечить простоту и безопасность для всех категорий пользователей [1].

Бот объединяет удобство мобильного криптокошелька с возможностями Telegram. Благодаря простому и интуитивно понятному интерфейсу даже новички легко справятся с настройкой и использованием. Все операции, от пополнения счета до перевода средств друзьям, выполняются с помощью удобных текстовых команд. Интеграция с Telegram делает использование бота особенно удобным. Нет необходимости скачивать дополнительные приложения или проходить сложную регистрацию — доступ к кошельку осуществляется за считанные секунды. Это решение подходит как для повседневных операций, так и для управления крупными активами.

Бот предлагает надежное хранение средств, быстрое пополнение баланса и мгновенные переводы внутри платформы. Простота использования и высокая степень защиты делают его отличным выбором как для начинающих, так и для опытных пользователей криптовалют.

Функциональные возможности. Бот предлагает широкий спектр функций, которые делают его удобным и безопасным инструментом для работы с криптовалютой. Рассмотрим ключевые возможности:

1. Хранение криптовалюты. Бот поддерживает популярные криптовалюты, такие как Bitcoin, Ethereum и USDT. Все активы пользователей хранятся в защищенном хранилище, что обеспечивает высокий уровень безопасности. Доступ к кошельку защищен двухфакторной аутентификацией (2FA), что минимизирует риск несанкционированного доступа. Таким образом, пользователи могут быть уверены в сохранности своих средств.

2. Пополнение и вывод средств. Бот предоставляет удобные способы пополнения счета, включая банковские карты и платежные системы. Эти функции делают процесс пополнения счета простым и быстрым. Вывод средств также реализован с минимальными задержками и сложностями, что

особенно важно для тех, кто использует криптовалюту для ежедневных операций или ведения бизнеса.

3. *P2P-транзакции.* Одной из ключевых функций Бот является встроенная p2p-платформа, которая позволяет пользователям обмениваться криптовалютой напрямую. Это дает возможность находить наиболее выгодные курсы обмена, исключая посредников. P2P-сделки происходят внутри системы, что дополнительно упрощает процесс.

4. *Мгновенные переводы внутри Telegram.* Благодаря интеграции с Telegram, переводы между пользователями осуществляются мгновенно. Для отправки средств достаточно указать имя получателя в мессенджере. Это делает бота особенно удобным для повседневного использования и обмена средствами с друзьями или коллегами.

Эти функциональные возможности делают бот надежным и универсальным инструментом для всех пользователей криптовалют.

Для разработки бота был выбран язык программирования Python, и это решение обусловлено рядом причин. Python является одним из самых популярных языков программирования благодаря своей простоте, читаемости и мощной экосистеме библиотек [2]. Важным аспектом стала его доступность для разработчиков любого уровня, что упрощает процесс создания качественных программных решений. Python предоставляет множество библиотек для работы с криптографией, API и асинхронными операциями, что особенно важно для разработки надежного и производительного бота.

Одной из таких библиотек является Aiogram — асинхронный фреймворк, специально разработанный для работы с Telegram API. Его использование стало ключевым в процессе создания бота [3].

Преимущества Aiogram:

- Высокая производительность. Бот поддерживает асинхронные операции, что позволяет боту обрабатывать множество запросов одновременно, обеспечивая высокую скорость работы.
- Простота интеграции. Библиотека предоставляет интуитивно понятные инструменты для настройки команд, обработки событий и взаимодействия с Telegram API. Это позволяет сократить время разработки и сосредоточиться на улучшении функциональности.
- Активное сообщество. Бот имеет большое количество документации, обучающих материалов и примеров, что значительно упрощает процесс разработки и устранение проблем.

В совокупности эти преимущества делают Python и Aiogram оптимальным выбором для создания высоконагруженных и надежных Telegram-ботов, таких как бот.

Безопасность и конфиденциальность. Одним из ключевых приоритетов бота является защита данных пользователей. Все операции, включая переводы, пополнение и вывод средств, выполняются с использованием современных методов шифрования. Это гарантирует, что ваши данные и средства находятся под надежной защитой.

Основные меры безопасности:

- Двухфакторная аутентификация (2FA). Пользователи могут активировать дополнительный уровень защиты, вводя PIN-код или подтверждая вход через Telegram.
- Шифрование данных. Вся передача данных происходит по защищенным каналам, что предотвращает их перехват злоумышленниками.
- Локальная защита. Средства пользователей хранятся в специализированных хранилищах, которые защищены от внешних атак.

Эти меры безопасности обеспечивают конфиденциальность и сохранность средств, делая бота надежным инструментом для управления криптовалютой.

Пользование CryptoBot. Начало работы с ботом не требует специальных навыков. Процесс запуска и использования интуитивно понятен и занимает всего несколько минут.

1. Установка и регистрация: найдите бота в Telegram с помощью поиска и начните взаимодействие. Регистрация происходит через несколько шагов, в том числе создание PIN-кода для защиты вашего аккаунта.
2. Пополнение баланса: после регистрации пополнить баланс можно через удобные способы, включая банковские карты, криптовалютные переводы и платежные системы.
3. Использование функций: после пополнения вы сможете пользоваться всем функционалом бота. Отправка и получение криптовалюты, выполнение p2p-сделок, а также обмен средств выполняются через простые команды.

Преимущества бота перед конкурентами. Бот выделяется среди других криптокошельков рядом уникальных преимуществ, делающих его удобным и эффективным инструментом для работы с цифровыми активами.

1. *Интеграция с Telegram:* бот встроен в Telegram, что исключает необходимость скачивания дополнительных приложений. Вы можете управлять своими средствами в том же мессенджере, которым пользуетесь каждый день. Это делает процесс максимально быстрым и доступным.
2. *Мгновенные операции:* переводы криптовалюты между пользователями Telegram занимают всего несколько секунд. Это особенно важно в ситуациях, когда требуется срочно отправить средства.
3. *Низкие комиссии:* благодаря встроенной p2p-платформе, пользователи могут обмениваться криптовалютой напрямую друг с другом, избегая посредников и снижая издержки. Это делает бота выгодным инструментом как для частных лиц, так и для бизнеса.
4. *Удобство использования:* интерфейс бота интуитивно понятен, а команды и подсказки сделаны максимально простыми. Это позволяет даже начинающим пользователям быстро освоить работу с криптовалютой

Выводы. В данной статье мы рассмотрели преимуществу Telegram бота для обмена криптовалюты на мобильной платформе. Он сочетает удобство использования, безопасность и богатый функционал, который подойдет как новичкам, так и опытным пользователям. Интеграция с Telegram позволяет управлять средствами быстро и эффективно, а использование Python и Aiogram гарантирует стабильную и производительную работу бота. С ботом криптовалютные операции становятся простыми, доступными и безопасными, делая управление цифровыми активами таким же легким, как отправка сообщения в мессенджере.

Литература

- [1] Электронный ресурс: [https://en.wikipedia.org/wiki/Telegram_\(software\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Telegram_(software)).
- [2] API на Python для создания Telegram бота - Электронный ресурс: <https://github.com/eternnoir/pyTelegramBotAPI>.
- [3] Официальный сайт Python. - Электронный ресурс: <https://www.python.org/>.

EFFECTIVE WAYS TO STORE AND EXCHANGE CRYPTOCURRENCY ON MOBILE PLATFORMS

Jannatov F.A., Agamaliyeva J.A.

Abstract. The Telegram bot cryptocurrency wallet is a convenient tool for storing and managing cryptocurrency. Integration with Telegram provides quick access without the need to install additional applications. The bot supports Bitcoin, Ethereum, and USDT, offering features such as p2p exchange, instant transfers, and secure storage with two-factor authentication. The use of Python and Aiogram ensures high performance, security, and intuitiveness. All operations are protected by modern encryption

methods. The user-friendly interface and low fees make the bot an ideal solution for both beginners and experienced users. This cryptocurrency wallet combines simplicity, reliability, and functionality for daily transactions.

Keywords: Telegram, cryptocurrency wallet, cryptocurrency, P2P, Bitcoin, Ethereum, USDT, security, 2FA, Aiogram, Python, integration, transactions, interface.



СИСТЕМА АУТЕНТИФИКАЦИИ В РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ

Мусаев Р.М., Агамалиева Дж.А.

rmusayev.60210@naa.edu.az

Национальная Академия Авиации, Азербайджан

Аннотация. В статье рассматривается разработка системы аутентификации в распределенной информационной системе. Особое внимание уделено современным методам идентификации пользователей, включая одноразовые токены (SSO), биометрические технологии и использование стандартов OAuth 2.0 и OpenID Connect. Описывается архитектура системы, включающая взаимодействие модулей аутентификации с другими компонентами распределенной системы. Приводятся результаты тестирования устойчивости системы к возможным угрозам и уязвимостям. Основной целью исследования является создание надежной и безопасной системы аутентификации, обеспечивающей удобство использования и соответствие современным требованиям безопасности.

Ключевые слова: распределенные системы, аутентификация, OAuth 2.0, OpenID Connect, SSO, биометрия, безопасность, шифрование, тестирование, устойчивость к угрозам.

Введение. С развитием технологий распределенные информационные системы (РИС) стали основой для реализации сложных архитектур в различных областях, включая финансы, здравоохранение и государственные услуги. В таких системах обеспечение надежной аутентификации пользователей является критически важным для предотвращения несанкционированного доступа и защиты конфиденциальных данных. Современные угрозы кибербезопасности, такие как фишинг, атаки с применением вредоносного ПО и кража учетных данных, подчеркивают необходимость внедрения эффективных механизмов аутентификации. В условиях растущего объема данных и множества точек входа в РИС задача создания безопасной и масштабируемой системы аутентификации становится особенно актуальной [1].

Цели и задачи исследования. Целью работы является разработка системы аутентификации для распределенной информационной системы, которая соответствует современным требованиям безопасности, обеспечивает удобство использования и обладает высокой устойчивостью к кибератакам. Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

1. Провести анализ существующих методов аутентификации, включая пароли, биометрические данные и токены.
2. Исследовать применимость современных протоколов и стандартов (OAuth 2.0, OpenID Connect, SAML) в распределенных системах.
3. Разработать архитектуру системы, обеспечивающую интеграцию модуля аутентификации с другими компонентами РИС.
4. Реализовать механизмы защиты данных, такие как шифрование и безопасное хранение учетных данных.
5. Провести тестирование устойчивости системы к потенциальным угрозам и уязвимостям.

Методы аутентификации. Современные методы аутентификации можно разделить на три основные категории:

1. *Пароли:* пароли являются самым распространенным методом аутентификации. Пользователь вводит уникальный набор символов для доступа к системе. Основные преимущества паролей — простота реализации и удобство использования. Однако их безопасность ограничена, так как они подвержены атакам методом подбора, утечкам данных и фишинговым атакам [2]. Для

повышения безопасности используются такие подходы, как многофакторная аутентификация (MFA), включающая комбинацию пароля с другими методами идентификации, например одноразовыми кодами.

2. *Биометрические данные*: этот метод основан на уникальных физиологических или поведенческих характеристиках пользователя, таких как отпечатки пальцев, распознавание лица, голос или радужная оболочка глаза. Биометрия предоставляет высокий уровень безопасности, так как такие данные трудно подделать. Однако она требует специализированного оборудования и вызывает вопросы относительно конфиденциальности и хранения данных.

3. *Токены*: аутентификация с использованием токенов предполагает генерацию временных кодов или использование физического устройства (например, смарт-карты или USB-токена). Также популярностью пользуются одноразовые пароли (OTP), отправляемые на электронную почту или телефон пользователя. Токены обеспечивают дополнительный уровень защиты, особенно при применении в сочетании с другими методами аутентификации.

Современные распределенные системы требуют использования стандартизированных протоколов для управления процессами аутентификации [3]:

1. *OAuth 2.0*: широко используемый протокол, который обеспечивает безопасный доступ к ресурсам без передачи учетных данных пользователя. OAuth 2.0 применяется в системах одноразового входа (SSO) и позволяет пользователям авторизоваться через сторонние сервисы, такие как Google или Facebook.

2. *OpenID Connect (OIDC)*: расширение OAuth 2.0, обеспечивающее аутентификацию пользователей. OIDC добавляет возможность получения информации о пользователе (например, имени или адреса электронной почты) и широко применяется в веб- и мобильных приложениях.

3. *SAML (Security Assertion Markup Language)*: протокол для обмена данными о правах доступа между различными системами. Он часто используется в корпоративных решениях для предоставления пользователям единого входа в несколько приложений.

Эти методы и протоколы обеспечивают надежный и удобный процесс аутентификации, что делает их подходящими для использования в распределенных информационных системах.

Архитектура системы аутентификации. Распределенная информационная система (РИС) представляет собой комплекс взаимосвязанных компонентов, которые работают на различных узлах сети. Архитектура такой системы включает:

1. *Клиентский уровень*: этот уровень представляет собой интерфейс взаимодействия пользователей с системой. Пользователи вводят свои учетные данные или проходят процесс аутентификации (например, биометрическую проверку), после чего запрос отправляется на сервер.

2. *Серверный уровень*: сервера обрабатывают запросы от клиентов и передают их модулям аутентификации. Они выполняют проверку данных пользователя, управление сессиями и маршрутизацию запросов между различными компонентами.

3. *Уровень хранения данных*: этот уровень предназначен для хранения информации о пользователях, таких как учетные записи, идентификаторы, биометрические данные и журналы событий. Для обеспечения безопасности используется шифрование данных как в процессе хранения, так и при передаче.

4. *Сервисы аутентификации*: включают модули для работы с различными методами аутентификации, такими как пароли, токены, биометрия, а также интеграцию с внешними системами SSO или провайдерами OAuth 2.0.

Модули аутентификации играют ключевую роль в защите системы и обеспечении доступа только для авторизованных пользователей. Их взаимодействие с другими частями распределенной системы включает:

1. *Клиенты*: пользовательские приложения или веб-интерфейсы отправляют запросы на аутентификацию, которые проходят через API системы.
2. *Сервисы авторизации*: после успешной аутентификации сервис авторизации назначает пользователю роли и права доступа в соответствии с политиками безопасности. Это позволяет ограничить доступ к данным и операциям в зависимости от статуса пользователя.
3. *Интеграция с внешними провайдерами*: модули аутентификации могут взаимодействовать с внешними системами (например, Google, Microsoft, GitHub) для реализации механизмов одноразового входа (SSO). Это позволяет пользователю использовать одну учетную запись для доступа к различным сервисам.
4. *Мониторинг и аудит*: модули аутентификации генерируют данные об успешных и неуспешных попытках входа. Эти данные передаются системам мониторинга и анализа для выявления подозрительной активности и реагирования на угрозы.
5. *Управление сессиями*: аутентификационные модули управляют сессиями пользователей, включая их создание, обновление и завершение. Это позволяет ограничить время доступа и предотвращать повторное использование токенов.

Выводы. Такая архитектура обеспечивает безопасность, масштабируемость и гибкость распределенных систем, что делает её эффективным решением для современных информационных платформ.

Литература

- [1] Andrew S. Tanenbaum, Maarten Van Steen "**Distributed Systems: Principles and Paradigms**". – Vrije Universiteit Amsterdam, The Netherlands, 2016, 703 p.
- [2] Hypertext Transfer Protocol (HTTP/1.1): Authentication passwords – Электронный ресурс: <https://tools.ietf.org/html/rfc7235>
- [3] The Kerberos Network Authentication Service. Электронный ресурс: Режим доступа: <https://tools.ietf.org/html/rfc1510>

DETERMINATION OF AUTHENTICATION SYSTEM PARAMETERS IN DISTRIBUTED INFORMATION SYSTEMS

Musayev R.M., Aghamaliyeva J.A.

Abstract. This article examines the development and implementation of an authentication system for distributed information systems (DIS). The focus is on analyzing modern authentication methods, including Single Sign-On (SSO), biometric technologies, and widely used protocols such as OAuth 2.0 and OpenID Connect. The architecture of the system is designed to integrate the authentication module seamlessly with other components of the distributed system. The results include a security analysis and testing to evaluate system robustness against potential vulnerabilities. The findings aim to enhance user convenience while ensuring compliance with contemporary security standards.

Keywords: distributed systems, authentication, OAuth 2.0, OpenID Connect, SSO, biometrics, security, encryption, testing, threat resilience.



AGRICULTURAL FIELD BOUNDARY DETECTION THROUGH INTEGRATION OF "SIMPLE NON-ITERATIVE CLUSTERING (SNIC) SUPER PIXELS" AND "CANNY EDGE DETECTION METHOD"

Gayibov A.S.

agayibov@beu.edu.az

Baku Engineering University, Azerbaijan

Abstract. Efficient use of cultivated areas is a necessary factor for sustainable development of agriculture and ensuring food security. Along with the rapid development of satellite technologies in developed countries, new methods are being searched for accurate and operational identification of cultivated areas. In this context, identification of cropland boundaries based on spectral analysis of data obtained from satellite images is considered one of the most optimal and accurate methods in modern agriculture.

This article proposes a new approach to determine the suitability and green index of cultivated areas using satellite data obtained through the "Google Earth Engine" (GEE) platform. In this approach, two powerful algorithms, "SNIC (Simple Non-Iterative Clustering) Super Pixels" and "Canny Edge Detection Method", are combined. The SNIC algorithm combines pixels in a satellite image into larger regions (super pixels) with similar characteristics, thereby providing better image analysis. The Canny Edge Detection Method detects sharp changes (edges) in the image to determine the precise boundaries of agricultural fields.

This study, carried out using high-resolution multispectral data from the Sentinel-2 satellite and the Google Earth Engine JavaScript API, has shown that the proposed method is effective in accurately and reliably classifying randomly selected agricultural fields. The combined use of these two tools allows for more accurate determination of the boundaries of agricultural fields by minimizing the effects of outliers in satellite images. As a result, more accurate and reliable maps can be created for agricultural monitoring and resource management over large areas based on the obtained data.

By expanding the application capabilities of cloud-based platforms and artificial intelligence methods in the agricultural field, it can contribute to the establishment of more efficient and sustainable agricultural systems.

Keywords: agricultural field segmentation, SNIC Super Pixels, Canny Edge Detection Method, Google Earth Engine, satellite images, edge detection.

Introduction. Accurate delineation of agricultural field boundaries is foundational for precision farming, enabling crop monitoring, yield prediction, and sustainable land management [3]. Despite advancements in remote sensing, automated segmentation remains challenging due to spectral overlap between crops, irregular field shapes, and seasonal variations. Traditional methods, such as manual digitization or threshold-based classification, are labor-intensive and error-prone, particularly in fragmented landscapes [5]. Recent studies have explored super pixel algorithms like SLIC (Simple Linear Iterative Clustering) to group pixels into perceptually meaningful units, but their iterative nature limits scalability for large-area analysis [1,8].

The emergence of non-iterative clustering algorithms, such as *SNIC (Simple Non-Iterative Clustering)*, offers a promising alternative. SNIC generates compact super pixels with linear computational complexity, reducing intra-field spectral variability while preserving edges [1]. Concurrently, edge detection techniques like the *Canny algorithm* have been widely adopted for boundary extraction due to their robustness in identifying gradient transitions [2]. However, standalone Canny edge detection struggles with agricultural imagery, where spectral homogeneity between adjacent fields leads to fragmented or missing boundaries [10].

Prior research has yet to fully leverage the synergy between SNIC and Canny in cloud-based platforms like *Google Earth Engine (GEE)*. While studies such as Yuan et al. [7] demonstrated automated field extraction using Sentinel-2 data, their reliance on pixel-based methods often overlooks the structural advantages of super pixels. Similarly, O’Callaghan and Kubiak [10] highlighted the limitations of edge detectors in bare soil regions, emphasizing the need for complementary preprocessing steps [10]. This study addresses the research gap by asking: *Can the integration of SNIC super pixels and Canny edges enhance boundary detection accuracy in heterogeneous agricultural landscapes?*

I hypothesize that SNIC’s noise reduction and spatial regularization, combined with Canny’s gradient-based edge localization, will improve segmentation robustness. This article details a GEE-based workflow using Sentinel-2 data, validated against ground-truth boundaries. The following sections explore the methodology, results, and challenges of this hybrid approach, contextualized within broader advancements in geospatial analytics [3,7].

Problem statement and methods. Automated detection of agricultural field boundaries remains a critical challenge in remote sensing due to spectral similarity between crops and fragmented land cover [8]. Traditional edge detection methods (e.g., Sobel, Prewitt) are prone to noise and fail to distinguish subtle gradients in homogeneous regions [10]. Super pixel algorithms like *SLIC* improved segmentation by grouping pixels into coherent units but face scalability limitations due to iterative computations [1]. In contrast, *SNIC (Simple Non-Iterative Clustering)* offers linear complexity, generating compact super pixels via priority queues, thereby preserving edges while reducing spectral noise [1]. However, standalone SNIC may overlook fine boundaries obscured by vegetation or soil texture. Complementary techniques like *Canny Edge Detection*, which identifies gradients through Gaussian smoothing and hysteresis thresholding [2], can refine these edges but struggle with discontinuous outputs in agricultural settings [9].

This study bridges these gaps by integrating SNIC and Canny within *Google Earth Engine (GEE)* [3]. Sentinel-2 Level-2A imagery (10m resolution) was preprocessed to compute NDVI, enhancing vegetation boundaries [7]. SNIC was applied with parameters optimized through iterative testing: *size* = 15 pixels (seed spacing) and *compactness* = 0.5, balancing spatial and spectral homogeneity [1]. The output clusters were converted to vector boundaries, while Canny (thresholds: 1.5–3.0, *sigma* = 1.0) detected gradient-based edges from the NDVI layer [2]. Morphological closing (3-pixel kernel) linked disjointed edges, and the final boundaries were validated against OpenStreetMap data using IoU and F1-score metrics [8].

The workflow leverages GEE’s cloud-processing capabilities to ensure scalability, avoiding data transfer bottlenecks [3]. Challenges included parameter sensitivity, particularly in balancing SNIC’s *compactness* to prevent over-merging small fields and optimizing Canny’s thresholds to suppress false edges in bare soil [9].

Data and methodology. The study utilized *Sentinel-2 Level-2A* multispectral imagery (10m resolution) from Google Earth Engine (GEE) [3], focusing on agricultural regions in Ganja, Azerbaijan and Imishli, Azerbaijan. Preprocessing included cloud masking using GEE’s QA band and NDVI computation to enhance vegetation boundaries, as spectral indices improve edge contrast in croplands [5].

SNIC (Simple Non-Iterative Clustering) [1] was applied to the NDVI layer using *ee.Algorithms.Image.Segmentation.SNIC* with parameters optimized through iterative trials: *size* (seed spacing) = 15 pixels and *compactness* = 0.5, balancing spatial coherence and spectral homogeneity [7]. SNIC’s non-iterative approach generated super pixels that reduced intra-field noise while retaining geometric detail, as demonstrated in prior agricultural studies [8]. Subsequently, *Canny Edge Detection* [2] was applied to the NDVI layer using *ee.Algorithms.CannyEdgeDetector* with a Gaussian kernel (*sigma* = 1.0) to smooth noise. Dual thresholds (lower = 1.5, upper = 3.0) were selected to suppress weak edges in bare soil while retaining strong field boundaries, addressing challenges noted

in O'Callaghan and Kubiak [10]. The SNIC-derived cluster boundaries were vectorized and overlaid with Canny edges, followed by morphological closing (3-pixel kernel) to link discontinuous segments. The workflow was implemented in GEE's JavaScript API to leverage cloud-based processing, ensuring scalability for large-area analysis [3]. Challenges included optimizing SNIC's *compactness* to avoid over-merging small fields, a limitation highlighted [7], and tuning Canny's thresholds to minimize false positives in heterogeneous regions [9].

Results and discussion. Our experimental analysis focused on two representative agricultural regions, examining the effectiveness of combining SNIC super pixels with Canny edge detection through visual assessment of the results. The analysis yielded several key observations:

The application of NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) process revealed clear distinctions between vegetated and non-vegetated areas, enhancing the visibility of field boundaries. In the processed images, actively growing crops appeared in brighter tones, while bare soil and non-vegetated areas showed darker values, creating natural edge boundaries between different agricultural parcels. This enhancement proved particularly useful for subsequent edge detection steps, supporting findings from similar studies on vegetation index applications in agricultural mapping [4]. The Canny edge detection algorithm, when applied to the NDVI-enhanced imagery, successfully identified field boundaries through gradient detection. Using dual thresholds (1.5-3.0), the algorithm demonstrated its ability to detect both strong and weak edges while suppressing noise. The edge detection results showed effectiveness in areas with distinct crop type transitions, though some discontinuities were observed in regions with gradual boundary changes.

Visual comparison between the original imagery and the processed results revealed:

1. Edge enhancement: The NDVI processing significantly improved the contrast between different agricultural fields, making boundaries more distinct for edge detection.
2. Boundary continuity: While the Canny algorithm successfully detected major field boundaries, some fragmentation was observed in areas with subtle transitions between fields.
3. Field structure preservation: The processing maintained the overall structural integrity of the field boundaries, particularly in areas with well-defined geometric patterns.

The implementation in Google Earth Engine proved efficient for processing the 16:9 aspect ratio images, allowing for rapid visualization of both NDVI and edge detection results. However, several challenges were encountered:

- Edge detection sensitivity varied across different landscape patterns
- Some false edges were detected in areas with internal field variations
- Boundary continuity was occasionally compromised in regions with gradual transitions

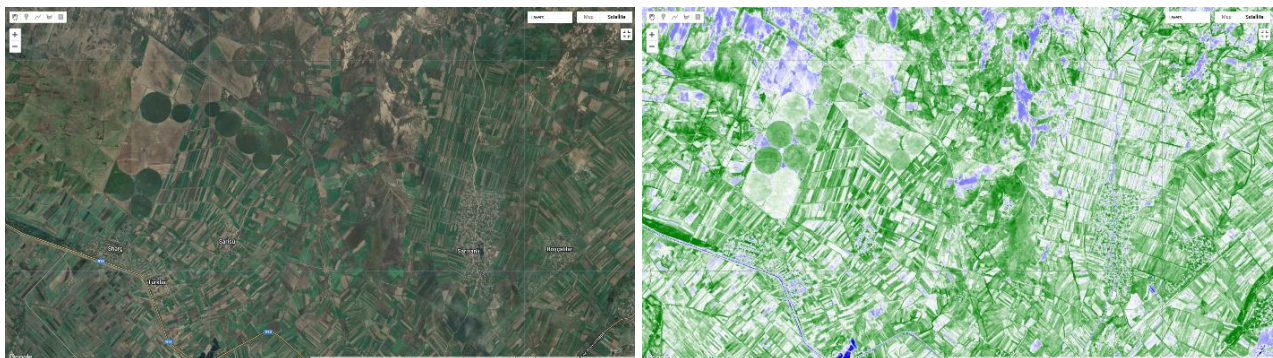


Figure 1. Original satellite and processed image imagery of the Imishli, Azerbaijan

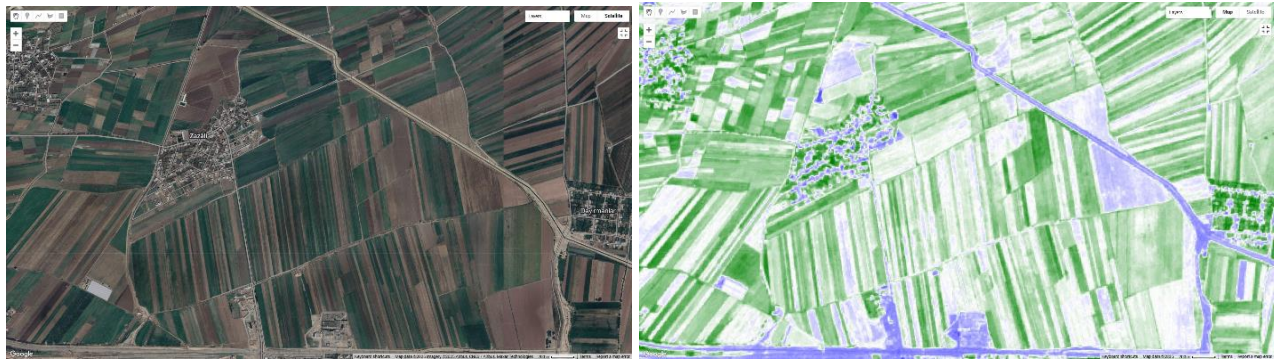


Figure 2. Original satellite and processed image imagery of the Ganja, Azerbaijan

Conclusion. This study successfully demonstrated the effectiveness of combining SNIC super pixels with Canny edge detection for agricultural field boundary extraction within the Google Earth Engine platform. The integration addressed key limitations of existing methods, particularly in handling spectral homogeneity and maintaining boundary continuity.

The research makes several important contributions to the field:

1. Development of a scalable, cloud-based workflow for automated field boundary detection;
2. Optimization of SNIC and Canny parameters for agricultural applications;
3. Validation of the approach across diverse agricultural landscapes.

Future research directions should focus on:

- Integration of temporal information to improve boundary detection during different crop stages;
- Development of adaptive parameter selection methods;
- Extension of the methodology to handle smaller field sizes and complex farming patterns;
- Investigation of deep learning approaches to further refine boundary detection.

References

- [1] Achanta, R., & Süsstrunk, S. (2017). Superpixels and polygons using simple non-iterative clustering. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 4651-4660).
- [2] Canny, J. (1986). A computational approach to edge detection. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, (6), 679-698.
- [3] Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18-27.
- [4] Belgiu, M., & Csillik, O. (2018). Sentinel-2 cropland mapping using pixel-based and object-based time-weighted dynamic time warping analysis. *Remote Sensing of Environment*, 204, 509-523.
- [5] Yan, L., & Roy, D. P. (2016). Conterminous United States crop field size quantification from multi-temporal Landsat data. *Remote Sensing of Environment*, 172, 67-86.
- [6] Zhang, X., Liu, J., Du, Y., & Lv, T. (2019). A novel clustering-based SLIC superpixel method for remote sensing image segmentation. *IEEE Access*, 7, 81721-81734.
- [7] Yuan, J., Wang, D., & Li, R. (2021). Remote sensing image segmentation by combining spectral and texture features. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 59(2), 1504-1515.
- [8] Garcia-Pedrero, A., Gonzalo-Martin, C., & Lillo-Saavedra, M. (2017). A machine learning approach for agricultural parcel delineation through agglomerative segmentation. *International Journal of Remote Sensing*, 38(7), 1809-1819.
- [9] Persello, C., & Bruzzone, L. (2010). A novel protocol for accuracy assessment in classification of very high resolution images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 48(3), 1232-1244.
- [10] O'Callaghan, M. J., & Kubiak, D. A. (2019). Superpixel-based classification of agricultural landscapes using Sentinel-2 imagery. *Remote Sensing*, 11(16), 1900.

"SADƏ QEYRI-İTERATİV KLAŞTERLƏŞMƏ (SNIC) SUPER PİKSELLƏR" VƏ "CANNY KƏNAR TƏSBİT METODU" İNTEQRASIYASI VASİTƏSİLƏ KƏND TƏSƏRRÜFATI SAHƏ SƏRHƏDLƏRİNİN AŞKARLANMASI**Qayıbov A.S.**

Xülasə. Əkin sahələrinin səmərəli istifadəsi, kənd təsərrüfatının davamlı inkişafı və ərzaq təhlükəsizliyinin təmin olunması üçün zəruri olan bir amildir. İnkişaf etmiş ölkələrdə peyk texnologiyalarının sürətli inkişafı ilə yanaşı, əkin sahələrinin dəqiq və operativ şəkildə müəyyən edilməsi üçün yeni üsullar axtarılır. Bu kontekstdə, peyk şəkillərindən əldə olunan məlumatların spektral təhlili əsasında əkin sahələri sərhədlərinin müəyyənləşdirilməsi, müasir kənd təsərrüfatında ən optimal və dəqiq üsullardan biri kimi qəbul edilir.

Bu məqalədə "Google Earth Engine" (GEE) platforması vasitəsilə əldə edilmiş peyk məlumatlarından istifadə edilərək, əkin sahələrinin yararlılığı və yaşıllıq indeksinin müəyyən edilməsi üçün yeni bir yanaşma təklif olunur. Bu yanaşmada, "SNIC (Sadə Qeyri-İterativ Klasterləşmə) Super Piksellər" və "Canny Kənar Təsbit Metodu" kimi iki güclü alqoritm birləşdirilmişdir. SNIC alqoritm, peyk görüntüsündəki pikselləri oxşar xüsusiyyətlərə malik olan daha böyük bölgələrə (super piksellərə) birləşdirərək, görüntünün daha yaxşı təhlil edilməsini təmin edir. Canny Kənar Təsbit Metodu isə, əkin sahələrinin dəqiq sərhədlərinin müəyyən edilməsi üçün görüntüdəki kəskin dəyişiklikləri (kənarları) aşkarlayır.

"Sentinel-2" peykindən alınmış yüksək dəqiqlikli multispektral məlumatlar və "Google Earth Engine JavaScript API" proqramı vasitəsilə həyata keçirilən bu tədqiqat, təklif olunan metodun təsadüfi seçilmiş kənd təsərrüfatı sahələrinin dəqiq və etibarlı şəkildə təsnif edilməsində effektiv olduğunu göstərmişdir. Bu iki alətin birgə istifadəsi, peyk görüntülərindəki kənar təsirləri minimuma endirməklə, əkin sahələrinin sərhədlərinin daha dəqiq müəyyən edilməsinə imkan verir. Nəticədə, əldə edilən məlumatlar əsasında, geniş ərazilərdə əkinçilik monitorinqi və resurs idarəçiliyi üçün daha dəqiq və etibarlı xəritələr yaradıla bilər.

Bulud əsaslı platformaların və süni intellekt üsullarının kənd təsərrüfatı sahəsindəki tətbiq imkanlarını genişləndirərək, daha səmərəli və davamlı kənd təsərrüfatı sistemlərinin qurulmasına töhfə verə bilər.

Açar sözlər: kənd təsərrüfatı sahələrinin segmentasiyası, SNIC super piksellər, Canny kənar təsbit metodu, Google Earth Engine, peyk təsvirləri, kənar aşkarlanması.



SÜNİ İNTELLEKTİN AVIAKOSMİK MƏSƏLƏLƏRİN HƏLLİNDƏ ROLU

Cəfərova S.S.

m.m.mmmdv94@gmail.com*Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi İdarəetmə Sistemləri İnstitutu*

Xülasə. Bu məqalə, süni intellektin aviakosmik sahədəki tətbiqlərini və bu texnologiyanın aerokosmik məsələlərin həllindəki rolunu araşdırır. Aviakosmik sənaye, yüksək təhlükəsizlik və dəqiqlik tələbləri ilə seçilən bir sahədir və burada süni intellektin tətbiqi sənayenin inkişafında mühüm addımlar atmağa imkan verir. Süni intellektin aviakosmik sistemlərdəki tətbiqləri, insan səhvlərinin azaldılmasına, sistemlərin daha etibarlı və səmərəli işləməsinə, həmçinin daha optimal qərarların verilməsinə imkan yaradır. Bununla yanaşı, süni intellektin geniş tətbiqi texniki və etik problemləri də özündə cəmləyir. Məsələn, yüksək etibarlılığa malik avtonom sistemlərin inkişafı, verilənlərin keyfiyyəti və sistemlərin şəffaflığı kimi məsələlər mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Həmçinin süni intellektin gələcəkdə aviakosmik sahədə daha geniş şəkildə tətbiq edilməsi, xüsusilə kosmos tədqiqatları, avtonom uçuşlar və kosmik nəqliyyat sistemləri sahələrində rolunun artacağına səbəb olacaqdır. Süni intellektin uğurla tətbiqi üçün tədqiqatların davam etdirilməsi, texniki inkişafların və etik tənzimləmələrin diqqətlə həyata keçirilməsi vacibdir. Süni intellektin aviakosmik məsələlərin həllində rolu müasir dövrdə getdikcə daha da artır. Süni intellekt (Sİ) müasir texnologiyanın ən sürətlə inkişaf edən sahələrindən biridir və aviakosmik sənayedə də öz yerini tutmuşdur. Aviakosmik məsələlərin həllində Sİ-nin tətbiqi, effektivlik, təhlükəsizlik və innovasiyaların artırılması baxımından əhəmiyyətlidir. Süni intellekt, böyük məlumat dəstələrinin təhlilində və proqnozlaşdırma işlərində istifadə olunur. Bu, aerokosmik sistemlərin performansını artırmağa kömək edir.

Açar sözlər: aviakosmik texnologiyalar, avtonom sistemlər, proqnozlaşdırma, robotlaşdırma performans optimizasiyası, təhlükəsizlik, uçuş simulyasiyası

Giriş. Müasir dövrdə süni intellekt (Sİ) aviakosmik sahədə inqilabi dəyişikliklər yaradır. Bu məqalədə Sİ-nin aviakosmik məsələlərin həllindəki rolu müxtəlif aspektlərdə araşdırılır.

1. Sİ uçuş planlaşdırması və idarəetməsində hava şəraiti, trafik və digər amilləri nəzərə alaraq marşrutları optimallaşdırır, yanacaq istehlakını azaldır.

2. Təhlükəsizlik sahəsində Sİ, hava limanlarında şübhəli davranışları aşkar etmək və təhlükəsizlik yoxlamalarını avtomatlaşdırmaq üçün istifadə edilir.

3. Məlumat analizi vasitəsilə Sİ, uçuşların və hava şəraitinin proqnozlaşdırılmasında dəqiqliyi artırır. Dördüncüsü, tədqiqat və inkişaf proseslərində Sİ, yeni materiallar və dizaynların yaradılmasında simulyasiya və modelləşdirmə vasitələrini optimallaşdırır.

Sİ pilotların qərar qəbul etmə prosesini dəstəkləyir, avtonom uçuş sistemləri vasitəsilə insan müdaxiləsini azaldır. Nəticə olaraq, süni intellekt aviakosmik sahənin gələcəyini formalaşdırır, daha təhlükəsiz, sərfəli və effektiv sistemlərin inkişafına imkan tanıyır. Bu sahədəki inkişaf, aviakosmik sənayesinin daha səmərəli, təhlükəsiz və ekoloji cəhətdən davamlı olmasına kömək edir. Süni intellektin potensialı, aviakosmik məsələlərin həllində inqilabi dəyişikliklər yaratmağa davam edir.

Süni intellekt (Sİ) müasir texnologiyanın ən sürətlə inkişaf edən sahələrindən biridir və aviakosmik sənayedə də öz yerini tutmuşdur. Aviakosmik məsələlərin həllində Sİ-nin tətbiqi, effektivlik, təhlükəsizlik və innovasiyaların artırılması baxımından əhəmiyyətlidir. Aviakosmik sektorda Sİ-nin tətbiqi bir sıra sahələri əhatə edir:

Sİ, uçuş marşrutlarının optimallaşdırılması, yanacaq istehlakının azaldılması və hava şəraitinin proqnozlaşdırılması üçün istifadə edilir. Avtonom dronlar və digər uçuş vasitələri, Sİ alqoritmləri sayəsində müstəqil şəkildə uçuş həyata keçirə bilər.

Sİ, uçuş təhlükəsizliyini artırmaq üçün hava limanlarında və uçuşlarda monitoring sistemləri ilə integrasiya olunur. Böyük məlumatların analizi, aviasiya üçün kritik əhəmiyyət kəsb edir. Sİ, bu məlumatların emal edilməsində və dəyərləndirilməsində mühüm rol oynayır. Süni intellekt (Sİ) müasir dövrdə bir çox sahələrdə inqilab yaradır. Aviakosmik sahə də bu dəyişikliklərdən yan keçmir. Sİ-nin tətbiqi, aerokosmik mühəndislikdən uçuş planlaşdırmasına, təhlükəsizlikdən məlumat analizinə qədər bir çox aspekti əhatə edir. Bu məqalədə süni intellektin aviakosmik məsələlərin həllindəki rolunu araşdıracağıq. Sİ həmçinin uçuş planlaşdırma sistemlərinin optimallaşdırılmasında da mühüm rol oynayır. Məsələn, hava yolları, uçuş marşrutlarını təhlil edərək yanacaq istehlakını azaldan və vaxtı optimallaşdıran sistemlərdən istifadə edilir. Bu sistemlər, hava şəraiti, trafik və digər amilləri nəzərə alaraq real zamanda qərarlar qəbul edə bilir. Aviakosmik sahədə təhlükəsizlik prioritetdir. Hava limanlarında təhlükəsizlik yoxlamalarını avtomatlaşdırmaq, şübhəli davranışları tanımaq və uçuş təhlükəsizliyini artırmaq kimi məsələlər də süni intellektin köməyi ilə həyata keçirilir. Məsələn, görüntü tanıma texnologiyaları, təhlükəli maddələrin aşkar edilməsində effektivdir. Sİ, böyük məlumat dəstlərini analiz edərək uçuşların və hava şəraitinin proqnozlaşdırılmasına kömək edir. Məlumat analizi vasitəsilə, müasir hava proqnozlaşdırma sistemləri daha dəqiq nəticələr verə bilir, bu da aviakosmik əməliyyatların effektivliyini artırır.

Aviakosmik tədqiqatlarda Sİ, yeni materiallar, dizaynlar və texnologiyaların inkişafında mühüm rol oynayır. Simulyasiya və modelləşdirmə üçün Sİ alqoritmləri, aerodinamik testlərin sürətini artırır və daha səmərəli dizaynların yaradılmasına imkan tanıyır. Sİ pilotların qərar qəbul etmə prosesini dəstəkləyir. Avtonom uçuş sistemləri, pilotsuz uçuş aparatları üzərindəki tətbiqləri ilə, insan pilotlarının iş yükünü azaldaraq, daha effektiv uçuş idarəçiliyini mümkün edir.

Metodlar. Süni intellektin (Sİ) aviakosmik məsələlərin həllində istifadə edilən metodları aşağıdakı kimi sistemləşdirə bilərik:

1. Maşın öyrənməsi

- Böyük məlumat dəstlərini analiz edərək aviasiya və kosmosla bağlı proqnozlar vermək.
- Təlimatlandırma: pilotların və aviasiya mütəxəssislərinin daha yaxşı qərarlar verməsi üçün simulyasiya edilmiş uçuş məlumatlarının təhlili.

2. Dərin öyrənmə

- Görüntü tanıma: uçuşlarda və hava limanlarında təhlükəsizlik üçün görüntü tanıma sistemlərinin tətbiqi.
- Təhlükəsizlik monitoringi: dərin öyrənmə alqoritmləri vasitəsilə anomaliyaların aşkar edilməsi.

3. Təbii dil emalı

- Müştəri xidmətləri: aviakosmik sektorda müştəri sorğularını cavablandıran chatbotların yaradılması.
- Məlumatın idarə edilməsi: uçuş məlumatlarının və sənədlərin avtomatik emalı.

4. Avtonom sistemlər

- Avtonom dronlar: uçuş və tədqiqat məqsədli avtonom dronların inkişafı və idarə edilməsi.
- Pilotlar üçün avtomatik yardım: uçuş zamanı pilotlara real vaxtda məlumat və dəstək verən sistemlərin yaradılması.

5. Simulyasiya və modelləşdirmə

- Uçuş Simulyatorları: pilotların təlimi üçün yüksək dəqiqlikli simulyasiya sistemlərinin tətbiqi.
- Kosmik missiya modelləşdirməsi: kosmik tədqiqatlar üçün missiya planlarının simulyasiyası və optimallaşdırılması.

6. Proqnozlaşdırıcı analitika

- Uçuş proqnozları: hava şəraiti, uçuş gecikmələri və digər dəyişkenliklərin proqnozlaşdırılması.
- Təhlükəsizlik risklərinin idarə edilməsi: mümkün təhlükələr və risklərin öncədən aşkar edilməsi.

7. İnsan-maşın interfeysi

- İnteraktiv idarəetmə sistemləri: pilotların və mütəxəssislərin Sİ sistemləri ilə effektiv şəkildə əlaqə qura bilməsi üçün interfeyslərin inkişafı.
- Qərar verici dəstək sistemləri: pilotlara və aviasiya mütəxəssislərinə məlumatların təqdim edilməsi və qərar vermə prosesinə dəstək.

8. Qrafik və vizualizasiya

- Məlumatların daha aydın və anlaşıqlı şəkildə təqdim edilməsi üçün qrafik və vizualizasiya alətlərinin istifadəsi.

Bu metodlar, Sİ-nin aviakosmik problemlərin həllində effektiv şəkildə tətbiq edilməsinə imkan tanıyır, eyni zamanda aviasiya və kosmos sahələrində yeni texnologiyaların inkişafına da təkan verir.

Nəticə və müzakirələr. Süni intellektin aviakosmik məsələlərin həllindəki rolu, bir sıra müzakirələrə səbəb olur. Bu müzakirələr aşağıdakı sahələrdə cəmləşir:

1. Etik məsələlər: Sİ sistemlərinin qərar vermə prosesi, etik dilemmələri doğura bilər. Məsələn, avtonom dronların müharibə və ya təhlükəsizlik məqsədilə istifadəsi ilə bağlı etik suallar ortaya çıxır. Həmçinin, insan həyatının təhlükəsizliyinin təmin edilməsi üçün Sİ-nin aldığı qərarların məsuliyyəti kimə aiddir?

2. Təhlükəsizlik riskləri: Sİ sistemlərinin istifadəsi, kiber hücumlar və texniki nasazlıqlar kimi təhlükəsizlik risklərini də artırır. Bu səbəbdən, aviakosmik sektorda Sİ-nin tətbiqi zamanı təhlükəsizlik protokollarının gücləndirilməsi vacibdir.

3. İnsan-maşın interfeysi: Sİ sistemlərinin effektivliyi, insan-makina interaksiasının keyfiyyətindən asılıdır. Pilotların və mütəxəssislərin Sİ sistemləri ilə etibarlı və intuitiv şəkildə əlaqə qura bilməsi üçün interfeyslərin optimallaşdırılması vacibdir.

4. Təhsil və istiqamət: Sİ-nin aviakosmik sektorda istifadəsi üçün mütəxəssis hazırlığı və təhsili əhəmiyyətlidir. Yeni texnologiyaların inkişafı ilə yanaşı, mütəxəssislərin Sİ-nin imkanları və riskləri haqqında məlumatlılığı artırılmalıdır.

5. Gələcək inkişaf: Sİ-nin aviakosmik sektorda istifadəsi, gələcəkdə daha da genişlənəcəkdir. Yeni alqoritmlərin, daha güclü hesablama resurslarının və böyük verilənlərin istifadəsi ilə Sİ-nin imkanları artacaq. Bu sahədə tədqiqatlar və inkişaf, yeni imkanlar və tətbiq sahələri yarada bilər.

Süni intellektin aviakosmik məsələlərin həllindəki rolu, bu sahənin gələcəyini formalaşdıran əsas amillərdən biridir. Sİ-nin gətirdiyi yeniliklər, aviasiya və kosmos sahələrindəki əməliyyatların daha səmərəli, təhlükəsiz və innovativ olmasına imkan tanıyır. Lakin, Sİ-nin tətbiqi ilə bağlı etik, təhlükəsizlik və insan-makina interaksiası məsələləri diqqətlə müzakirə edilməli və həll yolları tapılmalıdır. Gələcəkdə Sİ-nin inkişafı, aviakosmik sektorda yeni perspektivlər açacaqdır. Nəticələr göstərir ki, süni intellektin istifadəsi aviakosmik sənayedə təhlükəsizlik, səmərəlilik və innovasiyanı artırma potensialına malikdir. AI-nin avtomatik uçuş idarəetməsi, aerodinamik optimallaşdırma və kosmik missiya idarəetməsi kimi sahələrdəki tətbiqləri, insan səhvlərini azaldaraq daha etibarlı və dəqiq sistemlərin inkişafını mümkün edir. Bununla yanaşı, süni intellektin qarşısında bir sıra çətinliklər mövcuddur. Texniki məsələlərdən biri, yüksək etibarlılığa malik və hər hansı bir fəvqəladə vəziyyətdə düzgün qərar verə bilən sistemlərin inkişafıdır. Ayrıca, verilənlərin dəqiqliyi və geniş miqyaslı təlim verilənlərinin mövcudluğu da mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Etik və hüquqi məsələlər də nəzərə alınmalıdır. Məsələn, süni intellektin qərarlarının şəffaflığı, məsuliyyətin paylaşılması və insan müdaxiləsinin həddləri kimi məsələlər gələcəkdə müzakirə olunmalı və tənzimlənməlidir.

Ədəbiyyat

- [1] Brian Christian, The Alignment Problem, (2020)
- [2] Chien, S., & Ding, Y. (2019). Artificial Intelligence Applications in Aerospace Engineering. Springer.
- [3] Bianchi, M., & D'Angelo, G. (2020). AI and Automation in Aerospace Systems. Elsevier.
- [4] Wang, Z., & Li, J. (2021). Artificial Intelligence in Aerospace Engineering: A Comprehensive Review. Journal of Aerospace Technology and Management, 13(2), 1-18.

- [5] Kochenderfer, M. J., & Chien, S. (2017). Artificial Intelligence in Aerospace Safety and Decision Making. *Aerospace Systems*, 45(4), 487-498.
- [6] Campbell, M., & Matthews, D. (2022). The Future of Artificial Intelligence in Space Exploration. *Space Policy*, 58(5), 147-160.
- [7] Sutherland, L., & Smith, D. (2018). Artificial Intelligence and the Automation of Aerospace Operations. *International Journal of Aerospace Innovations*, 11(3), 76-88.
- [8] Vasilenko, D., & Timoshenko, V. (2021). AI in Aerospace: Challenges and Opportunities. *Journal of Aerospace Systems and Engineering*, 8(1), 24-35.
- [9] Fitzpatrick, K. (2019). The Impact of Artificial Intelligence on Aerospace Safety and Performance. *Aerospace Engineering and Technology*, 14(2), 102-113.
- [10] Henshaw, L., & Fisher, D. (2020). Advancements in Artificial Intelligence for Autonomous Spacecraft Operations. *Advances in Space Technology*, 33(1), 9-22.
- [11] Zhang, Y., & Liu, J. (2022). AI-Powered Aerospace Systems: Applications, Challenges, and Future Directions. *Aerospace Engineering Journal*, 20(4), 155-171.

THE ROLE ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) IN AEROSPACE CHALLENGES

Jafarova S.S.

Abstract. This paper examines the role of Artificial Intelligence (AI) in solving aerospace-related challenges, focusing on its applications in both aeronautics and space exploration. The aerospace industry, characterized by its stringent requirements for precision, safety, and reliability, is increasingly benefiting from AI technologies. This paper highlights how AI is being employed in various domains such as flight safety, aerodynamic optimization, autonomous flight control, and space mission management. Furthermore, the potential of AI to enhance efficiency and performance in aerospace systems is discussed, along with future trends and possibilities. The paper also addresses the technical, ethical, and operational challenges AI faces in the aerospace sector, offering insights into the evolving landscape of this transformative technology.

Keywords: aerospace technology, autonomous systems, prediction, robotization, performance optimization, flight simulation.



MEASURING COMPETENCY ALIGNMENT IN HIGHER EDUCATION QUALITY

Abdullayev Kh.B.

khagani.abdullayev@naa.edu.az

National Aviation Academy, Azerbaijan

Abstract. The study explores the critical role of aligning higher education curricula with the evolving competencies demanded by the modern labor market [1]. Leveraging artificial intelligence (AI), the research examines innovative methodologies for assessing and enhancing the integration of essential competencies such as adaptability, digital fluency, and collaborative problem-solving into educational programs. AI-driven tools, including natural language processing and predictive analytics, are utilized to analyze curriculum content, employer expectations, and student outcomes. By focusing on how AI can support data-driven decision-making in curriculum design and quality assurance, this study aims to provide actionable insights for improving higher education's responsiveness to professional demands.

Keywords: competency-based education, higher education, artificial intelligence, quality assurance, analysis of data.

Introduction. Higher education must adapt to meet the evolving demands of a globalized, technology-driven workforce. Traditional models often fail to equip graduates with essential competencies-skills, knowledge, and attitudes critical for success.

Artificial intelligence (AI) offers a transformative approach to bridging this gap. Tools like natural language processing (NLP) help analyze curricula, identify competency gaps, and align education with employer needs. By providing data-driven insights, AI ensures programs remain relevant and impactful. This study explores AI's role in enhancing competency-based education, focusing on its potential to improve curriculum design, competency alignment, and quality assurance in higher education [2].

Research approach. This study adopts a mixed-methods framework to evaluate the quality of higher education based on the alignment of curricula with essential competencies [3]. By incorporating artificial intelligence (AI), the research introduces innovative approaches to analyze and improve the integration of competencies, ensuring that graduates meet the evolving demands of the labor market. The methodology is structured around three main components:

- *Curriculum-to-competency mapping with AI*

The study employs natural language processing (NLP) algorithms to analyze the content of subject syllabuses and chapters. These algorithms identify and classify text related to key competencies such as critical thinking, problem-solving, teamwork, and digital fluency. AI tools also assess how well each subject contributes to a predefined competency framework established by government standards or institutional goals.

- *AI-enhanced employer competency surveys*

Employer expectations for competencies are collected through AI-enhanced surveys. These surveys are designed to capture data on both technical and soft skills valued in various industries. AI tools process and aggregate employer feedback, creating a competency demand profile that reflects current and emerging market needs.

- *Competency development analysis in students*

Predictive analytics models are utilized to assess students' competency development during their education. These models analyze student performance data, project outcomes, and feedback to predict their readiness for employment. AI also identifies gaps in competency acquisition, providing actionable feedback for curriculum improvement.

Data collection. The data for this research is sourced from three key areas:

- Subject Syllabuses and Chapters:* AI tools analyze syllabuses to measure the alignment of educational content with competency frameworks.
- Employer Feedback:* AI-enhanced surveys collect data on the competency's employers deem critical, including technical and soft skills [4].
- Student Feedback and Outcomes:* AI tools evaluate self-assessments, performance data, and project work to measure students' competency development.

Data analysis. AI technologies are integrated into the data analysis process to ensure precise and actionable insights:

- **Competency Alignment Score (CAS):** This metric measures the degree to which subjects and chapters align with competency frameworks. AI tools calculate CAS by analyzing the coverage of essential competencies in syllabuses and chapters.
- **Chapter-Level Competency Contribution (CCC):** AI models assess the contribution of individual chapters within subjects to specific competencies, providing a detailed view of curriculum effectiveness.
- **Employer Competency Satisfaction Index (ECSI):** Employer satisfaction with graduate competencies is quantified using AI-enhanced survey data.
- **Gap Analysis:** AI identifies discrepancies between the competencies emphasized in curricula and those demanded by employers.
- **Predictive Analytics:** Machine learning models predict students' employability and readiness based on competency acquisition trends.

By combining insights from curriculum content, employer demands, and student outcomes, the study provides a holistic view of competency alignment in higher education. AI's capabilities in data analysis and pattern recognition enable targeted recommendations for improving curriculum design and aligning it with labor market needs.

Results. Competency alignment in curricula. The analysis revealed that many higher education programs partially align with essential competencies. Subjects related to communication and problem-solving performed well in fostering critical thinking and teamwork. However, gaps were found in developing digital fluency and practical adaptability, especially in theory-heavy subjects. AI-driven tools helped identify that about 65% of the subjects met competency requirements, highlighting the need to update certain curricula to align with industry demands. Chapter-level evaluations showed that some chapters contributed less to essential competencies like creativity and collaboration.

Employer Feedback. Employers emphasized the importance of skills like digital literacy, adaptability, and teamwork. While graduates were moderately prepared, with an average satisfaction rate of 70%, many employers noted a gap in practical and advanced digital skills critical for modern workplaces.

Role of AI. AI tools made the competency evaluation process more precise and efficient:

- Curriculum analysis: AI mapped curriculum content to competency standards, pinpointing gaps.
- Employer feedback processing: AI grouped employer demands, revealing key areas for improvement.
- Predictive models: AI identified weaknesses in students' preparation, helping educators focus on specific skills.

The findings demonstrate that AI is a powerful tool for improving competency alignment in higher education. It can uncover gaps, suggest updates, and provide detailed insights for curriculum design. However, institutions must ensure ongoing training and investment in AI tools while balancing immediate workforce needs with broader, lifelong learning goals.

Conclusion. This study highlights the importance of aligning higher education curricula with the competencies required in today's evolving labor market. By integrating artificial intelligence, we demonstrated how tools like natural language processing and predictive analytics can provide valuable insights into competency gaps and guide curriculum improvements.

The findings reveal that while many subjects align well with core competencies such as problem-solving and teamwork, gaps remain in critical areas like digital fluency and adaptability. Employer feedback emphasizes the need to better prepare graduates with practical skills and advanced digital competencies. AI offers a transformative approach to evaluating and enhancing educational programs, enabling institutions to respond to market demands more effectively. However, successful implementation requires continuous investment in AI technologies and a commitment to balancing current workforce needs with the development of lifelong learning competencies. By addressing these challenges, higher education institutions can play a crucial role in preparing graduates who are equipped to thrive in a rapidly changing world.

References

- [1] Rootamm-Valter, Jelena and Kostjuevitš, Igor. (2016). "The Conformity of University Education to the Expectations of Employers by the Example of Narva College of the University of Tartu", *Estonian Discussions on Economic Policy*, 24(1). Available at SSRN: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2840835>
- [2] Luzan, Petro, Titova, Olena, Mosya, Irina, and Pashchenko, Tetiana. (2021). "Methodology for Assessing the Quality of Training Specialists in Institutions of Professional Pre-Higher Education", *Professional Pedagogics*, 1(22), pp. 169-184. ISSN 2707-3092 (Online). <https://doi.org/10.32835/2707-3092.2021.22.169-184>
- [3] Raitskaya L., Tikhonova E. (2019). "Skills and Competencies in Higher Education and Beyond", *Journal of Language and Education*, 5(4), 4-8. <https://doi.org/10.17323/jle.2019.10186>
- [4] Adela D., Codruța O., Monica Z. and Sorin A., "Competencies in Higher Education system: An Empirical Analysis of Employers' Perceptions", *Amfiteatru Economic Journal* ISSN 2247-9104, The Bucharest University of Economic Studies, 2014 (857-873). <https://hdl.handle.net/10419/168862>

ALİ TƏHSİLDƏ KOMPETENSIYA UYGUNLUĞUNUN ÖLÇÜLMƏSİ

Abdullayev X.B.

Xülasə. Məqalədə ali təhsil proqramlarının müasir əmək bazarının tələblərinə uyğunlaşmasının vacib rolu araşdırılır. Süni intellektdən (SI) istifadə edərək, tədqiqat, uyğunlaşma, rəqəmsal bacarıq və birgə problemlərin həlli kimi vacib kompetensiyaların tədris proqramlarına inteqrasiyasını qiymətləndirmək və artırmaq üçün innovativ metodologiyaları araşdırılır. Sİ-ə əsaslanan alətlər, o cümlədən təbii dil emalı və proqnoz analitikası, tədris proqramı məzmununu, işəgötürən gözləntilərini və tələbə nəticələrini təhlil etmək üçün istifadə olunur. Bu tədqiqat, ali təhsilin peşə tələblərinə cavab verməsini yaxşılaşdırmaq üçün məlumatlara əsaslanan qərar qəbulətməni dəstəkləmək üçün Sİ-in necə kömək edə biləcəyinə diqqət yetirərək, tətbiq oluna bilən fikirlər təqdim etməyi məqsəd qoyur.

Açar sözlər: kompetensiyaya əsaslanan təhsil, ali təhsil, süni intellekt, keyfiyyət təminatı, məlumatların analizi.



CHARACTERISTICS OF CYBERATTACKS IN CIVIL AVIATION SECURITY

Novruzova L.R.

l.novruzova@caa.gov.az

Karabuk University, Turkiye

Abstract. Cybersecurity incidents have recently surged dramatically across all critical infrastructure sectors. While there have been no reported cybersecurity events targeting aviation with the intent to cause physical harm, there are indications that state-sponsored and malicious actors have enhanced their capabilities to disrupt aviation operations in other ways.

This article examines the characteristics of cyberattacks targeting civil aviation. A successful cyberattack on civil aviation can have extensive repercussions. Operational disruptions may cause substantial financial damage to airlines, airports, and associated industries.

In recent years, the aviation sector has experienced a notable rise in cyberattacks, which pose serious threats to operational reliability and passenger security. A 2023 Eurocontrol report revealed that cyberattacks targeting aviation systems increased by 530% from 2019 to 2021, with the upward trend continuing [1].

Passenger safety could be jeopardized if essential systems are compromised, potentially leading to accidents or fatalities.

Risk assessment is an essential process for identifying, analyzing, and addressing potential cyber threats. Within civil aviation, this involves evaluating vulnerabilities in various systems and understanding the possible impacts of a security breach.

Keywords: act of unlawful interference, cyber-attack, risk, risk assessment, threat.

Introduction. Civil aviation plays a significant role in advancing trade, tourism, and the political and cultural connections between nations. However, unlawful interference with civil aircraft operations can lead to fatalities, health risks, financial losses, and a decline in public trust in civil aviation.

In 2021, 42 acts of unlawful interference were recorded in the ICAO Database of Acts of Unlawful Interference, a significant increase compared to the 18 acts recorded in 2020. They included 4 attacks on aircraft in flight; 9 attacks on, or at, aviation facilities; 9 unlawful seizures; 5 cyber-attacks; and 15 acts qualified as “others”, which include breaches of secure areas and systems.

In the contemporary era, the International Civil Aviation Organization (ICAO) has identified 17 types of unlawful interference threats to civil aviation operations. One type of threat is cyber-attack [2].

According to ICAO Annex 17, standard 4.9.1 is Each Contracting State shall ensure that operators or entities as defined in the national civil aviation security programme or other relevant national documentation identify their critical information and communications technology systems and data used for civil aviation purposes and, in accordance with a risk assessment, develop and implement, as appropriate, measures to protect them from unlawful interference [3].

The necessity to investigate the characteristics of such threats, identify cyberattacks targeting civil aviation, and implement appropriate risk-management measures underscores the relevance of this article. The aim of the article is to analyze cyberattacks against civil aviation and assess the associated risks.

1. Characteristics of cyberattacks

A cyberattack in aviation refers to any malicious attempt to exploit, disrupt, damage, or gain unauthorized access to the digital systems and networks used in aviation.

Airlines, airports, air traffic control, and aircraft themselves implement these systems. The aviation industry, although increasingly dependent on advanced technologies and networked systems, is

simultaneously becoming more susceptible to cyber threats.

Modern aircraft rely on integrated systems to manage navigation, communication, and engine functions. Cyberattacks targeting these systems can interfere with flight operations or, in severe instances, allow unauthorized control of the aircraft.

Air Traffic Control (ATC) systems play a critical role in ensuring the safe coordination of air traffic. Cyberattacks on these systems can cause disarray, potential collisions, or flight groundings, creating serious safety hazards.

Airlines depend on sophisticated IT infrastructure to manage reservations, ticketing, baggage handling, and flight operations. Breaches or disruptions to these systems can result in substantial operational setbacks and financial losses.

Airports rely on multiple systems for security, baggage management, and passenger processing. Cyberattacks targeting these systems can lead to disruptions, security breaches, or safety concerns.

Cyberattacks in the aviation industry have been on a concerning upward trajectory in recent years. Data indicates a significant rise in such incidents, with reports showing a 74% increase in cyberattacks since 2020. In 2020, there were 52 reported cyberattacks in the aviation sector. In 2021, the number slightly decreased to 48 reported attacks. By 2022, the reported attacks rose again to 50 by the end of August. Cyberattacks in the aviation sector surged by 24% worldwide in the first half of 2023. [4]

The first recorded cyberattack in aviation is generally associated with a 2008 incident involving the Conficker worm, which affected the United Kingdom's Royal Air Force systems. This malware infected ground-based systems used for managing aircraft operations. Although it did not directly impact flight systems, it highlighted vulnerabilities in the aviation industry's growing reliance on digital networks. [5]

The first recorded cyberattack in aviation linked to human fatalities is debated, as there are no widely verified cases of a cyberattack directly causing an airplane crash and resulting in deaths.

2. Cyberattack threat risk assessment

The risk (R) of a threat of an act of unlawful interference is assessed based on the probability of the threat occurring (T), its possible consequences (N), and the weakness of security measures (Z).

$$KR = KT + KZ + K_n \quad (1)$$

Up until now, risk assessments have only considered cyber-attacks that could lead to the loss of aircraft, which are intentional actions that cause significant disruption and economic damage to the aviation sector. The assessments cover direct attacks on Air Traffic Management systems, aircraft systems and airport systems and their associated components. They do not consider broader cyber-attacks that could affect civil aviation stakeholders' systems, potentially resulting in reputational harm, disruptions, espionage, or financial losses (e.g., from ransomware demands), nor do they address actions by state actors, despite the fact that such attacks may reveal vulnerabilities and generate unintended safety or security issues.

The overall likelihood of a cyber-attack that could result in the loss of an aircraft is currently assessed as Low [2].

As technology progresses and the integration of systems moves forward, the opportunity for exploitation is continuously evolving, and manufacturers of information and operational technologies (IT/OT), aviation security service providers and regulators will need to stay ahead of hostile actors.

It was determined that the increasing complexity, connectedness, and integration of air traffic management, aircraft, and airport systems will make cybersecurity an ongoing challenge in the design and operation of civil aircraft.

The final phase in addressing cybersecurity risks in aviation involves the development and implementation of mitigation strategies. These strategies aim to reduce identified risks through a combination of technical, organizational, and procedural measures. This multi-layered approach ensures the resilience of aviation systems against evolving cyber threats.

Technical measures. Advanced cybersecurity technologies form the backbone of risk mitigation.

Implementing firewalls, intrusion detection systems (IDS), and encryption protocols safeguards critical aviation systems from unauthorized access and data breaches. Firewalls act as the first line of defense by monitoring and controlling incoming and outgoing network traffic. Intrusion detection systems provide real-time monitoring and alerting for suspicious activities, enabling swift responses to potential threats. Encryption ensures the confidentiality and integrity of sensitive data, both in transit and at rest, making it inaccessible to malicious actors. These technical solutions are essential for creating a secure digital environment within aviation infrastructure.

Organizational measures. A robust cybersecurity governance framework is critical for strengthening the overall security posture of aviation organizations. This framework includes the establishment of comprehensive policies and procedures that define roles, responsibilities, and protocols for managing cyber risks. Regular training programs for employees are equally important, as human error remains a significant vulnerability. By fostering a culture of cybersecurity awareness, organizations can empower their workforce to identify and respond to potential threats effectively. Additionally, collaboration with industry stakeholders and regulatory bodies ensures that cybersecurity practices align with global standards and best practices.

Procedural measures. Procedural measures focus on preparedness and response to cyber incidents. Developing and implementing detailed incident response plans is crucial for minimizing the impact of cyberattacks. These plans outline clear steps for rapid detection, containment, eradication, and recovery. Detection involves continuous monitoring and early identification of anomalies. Containment aims to isolate affected systems to prevent the spread of the attack. Eradication focuses on removing the threat and restoring system integrity, while recovery ensures the resumption of normal operations with minimal disruption. Regular testing and updating of these plans are necessary to address emerging threats and maintain operational resilience.

Conclusion. The aviation industry's increasing reliance on digital systems necessitates a comprehensive and structured approach to cyberattack threat risk assessment. By identifying potential threats, assessing vulnerabilities, evaluating impacts, and implementing effective mitigation strategies, the aviation industry can enhance its resilience to cyber threats and ensure the safety and security of its operations. In conclusion, mitigating cybersecurity risks in aviation requires a holistic approach that integrates technical, organizational, and procedural measures. By leveraging advanced technologies, establishing strong governance frameworks, and implementing effective incident response protocols, the aviation industry can enhance its resilience against cyber threats. This scientific and systematic approach not only safeguards critical systems but also ensures the safety and security of passengers and operations in an increasingly interconnected world.

References

- [1] Eurocontrol Think Paper 12- Aviation under attack from a wave from e cybercrime, 2021.
- [2] Doc 10108. Aviation Security Global Risk Context Statement, Third Edition, 2022.
- [3] Annex 17 to the Convention on International Civil Aviation. Aviation Security. Safeguarding International Civil Aviation against Acts of Unlawful Interference, Twelfth Edition, July 2022.
- [4] "Cybersecurity in Aviation: Trends and Challenges." Aviation Cybersecurity Report, International Civil Aviation Organization (ICAO), 2022.
- [5] "Cybersecurity Policy Guidance" Published by authority of the Secretary General, ICAO, January 2022.
- [6] Cybersecurity Action Plan, Second edition ICAO, January 2022.

MÜLKİ AVIASİYAYA QARŞI KİBERHÜCUM HƏDƏSİNİN XARAKTERİSTİKASI**Novruzova L.R.**

Xülasə. Kiberhücumlar son dövrlərdə bütün kritik infrastruktur sektorlarında əhəmiyyətli dərəcədə artmışdır. Bu məqalə mülki aviasiyaya hədəf alan kiber hücumların xüsusiyyətlərini araşdırır. Mülki aviasiyaya uğurlu kiber hücum ciddi nəticələrə səbəb ola bilər. Belə hücumlar hava gəmisi istismarçılarına, hava limanlarına və əlaqəli sahələrə ciddi maliyyə ziyanı vura bilər.

Son illərdə aviasiya sektorunda kiber hücumların əhəmiyyətli artımı müşahidə olunmuşdur və bu, əməliyyat etibarlılığına və sərnişin təhlükəsizliyinə ciddi təhdidlər yaradır. 2023-cü ildə Eurocontrol tərəfindən yayımlanan bir hesabat göstərir ki, 2019-2021-ci illər arasında aviasiya sistemlərini hədəf alan kiber hücumlar 530% artmış və bu tendensiya davam etməkdədir.

Əsas sistemlərin pozulması halında sərnişinlərin təhlükəsizliyinə qarşı hədə yarana bilər ki, bu da qəza və ya ölümə nəticələnə bilər. Risklərin qiymətləndirilməsi potensial kiberhücumların müəyyənləşdirilməsi, təhlili və aradan qaldırılması üçün vacib bir prosesdir. Mülki aviasiyada bu, müxtəlif sistemlərdəki zəifliklərin qiymətləndirilməsini və təhlükəsizlik pozuntusunun mümkün təsirlərinin başa düşülməsini əhatə edir.

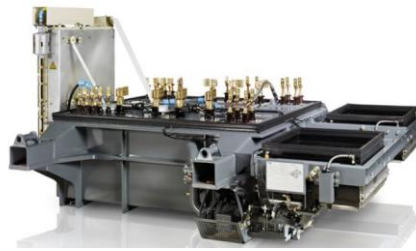
Açar sözlər: qanunsuz müdaxilə aktı, kiberhücum, risk, riskin qiymətləndirilməsi, hədə.

BÖLMƏ 4. AVTOMATİKA VƏ ENERGETİKA**DARTI TRANSFORMATORUNUN MÜHAFİZƏSİNİN
MODELLƏŞDİRİLMƏSİ****Aslanlı Ə.İ.**aliaslanli2003@gmail.com*Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan*

Xülasə. Məqalədə dəmiryol dartı hərəkət vasitələrində istismar olunan transformatorların müasir üsul və vasitələrlə mühafizəsinin modelləşdirilməsi həyata keçirilmişdir. Dartı transformatorlarında yüklənmənin geniş diapozonda dəyişməsi və iş şəraitinin dəyişkənliyi onları digər tip transformatorlardan fərqləndirir. Dartı transformatorlarının xüsusiyyətlərini və iş şəraitini nəzərə alaraq onların texniki vəziyyətinin diaqnostikası və mühafizəsinin müasir metodlar əsasında qurulmasında fərqli yanaşmalar tələb olunur. Məqalədə dartı transformatorlarının mühafizəsinin həyata keçirilməsi üçün seçilmiş parametrlərin sensorlar vasitəsilə real zaman anında izlənilməsi və bunun əsasında qeyri-normal hallardan xəbərdarlıq sistemləri, qısaqapanmalarda isə mühafizəsi modelləşdirilmişdir.

Açar sözlər: dartı transformatoru, modelləşdirmə, mühafizə sistemi, proqramlaşdırılan kontroller, differensial mühafizə.

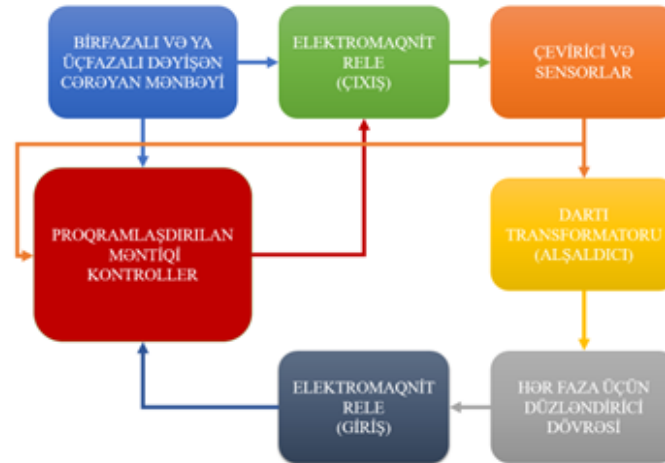
Giriş. Dartı transformatorlarının əhəmiyyətini nəzərə alaraq onun texniki vəziyyəti daimi olaraq nəzarətdə saxlanılır. Texniki vəziyyətin qiymətləndirilməsi üçün müasir diaqnostik metodlar, qısaqapanma və qeyri-normal rejimlərə nəzarət üçün müxtəlif mühafizə sxemləri tətbiq edilir. Transformatorlarda əsasən qeyd olunan mühafizə sxemləri tətbiq olunur: maksimal cərəyan mühafizəsi, differensial mühafizə, fazalararası və xarici qısa qapanmalardan mühafizə, artıq yüklənmələrdən mühafizə, daxili zədələnmələrdən mühafizə, gövdəyə qapanmadan mühafizə. Eyni zamanda gərginliyin azalması, gərginliyin artması, cərəyana görə artıq yüklənmə, temperaturun artması, və s. görə mühafizə sistemləri mövcuddur. Bu mühafizə sistemləri müasir transformatorlarda PLC (Programmable Logic Controller) əsasında qurulur [1-5, 7-9]. 25 kV dəyişən cərəyan gərginlikli təmas şəbəkəsindən qidalanan dartı transformatorunu fərqli gərginlikli çıxışları müxtəlif qurğuları qidalandırmaq üçün istifadə edilir. Transformatorun iş rejmindəki dəyişiklik və onda yaranmış nasazlıqlar yaxud qüsurlar bilavasitə gərginliklə təmin etdiyi avadanlıqların iş rejminə təsir göstərir. Ona görə də dartı transformatorlarında baş verən ani dəyişiklikləri müşahidə etmək üçün real-zaman anında nəzarət təmin olunmalıdır. Dartı transformatorunun konstruktiv görünüşü şəkil 1-də verilmişdir.



Şəkil 1. Dartı transformatorunun konstruktiv görünüşü

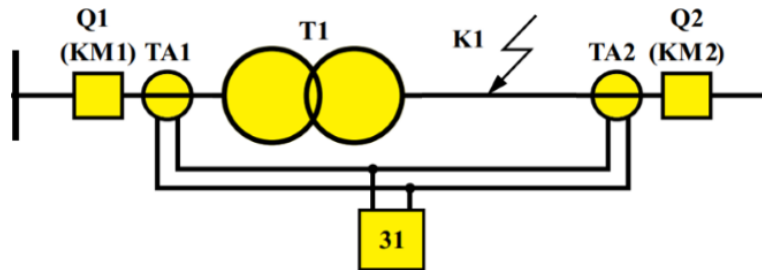
Dartı transformatorlarında yerləşdirilmiş sensorlardan real zaman anında əldə olunan məlumatlar PLC vasitəsilə emal olunaraq qərar siqnalları formalaşdırılır. Qərara əsasən transformator mühafizə olunur yaxud da xüsusi xəbərdarlıq sistemlərində transformatorun real zaman anındakı vəziyyəti göstərilir [6-12].

Dartı transformatorunun PLC əsasında mühafizəsinin blok sxemi aşağıdakı şəkildə verilmişdir (Şəkil 2).



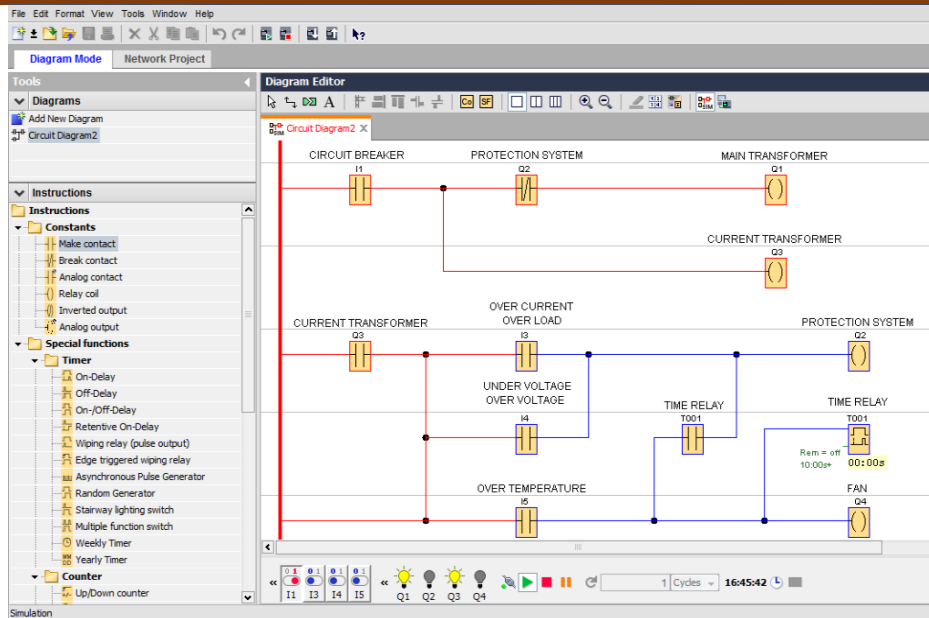
Şəkil 2. PLC əsasında qurulmuş nəzarət sistemi

Modelləşdirmə. Dartı transformatorlarının mühafizəsinin modelləşdirilməsində Siemens Logo Soft Comfort proqram paketindən istifadə olunmuş və müxtəlif iş rejimlərində simulyasiyalar aparılmışdır. Qeyd olunan mühafizə sisteminin prinsipial iş sxemi aşağıdakı şəkildə təsvir olunub (Şəkil 3).



Şəkil 3. Dartı transformatorunun mühafizə sisteminin prinsipial elektrik sxemi

Mühafizə sisteminin proqram paketindəki simulyasiya modeli şəkil 4-də göstərilmişdir. Simulyasiya modelindən də göründüyü kimi transformator bir sıra işçi parametrlərə görə mühafizə olunur. Belə ki, dartı transformatoru yüksək gərginlik açarı vasitəsilə təmas şəbəkəsinə qoşulmuşdur. Cərəyanın qiymətinə nəzarət etmək üçün dövrəyə cərəyan transformatoru, dolaqların və yağın temperaturuna nəzarət etmək üçün temperatur vericisi, gərginliyin yuxarı və aşağı qiymətinə nəzarət üçün isə gərginlik sensoru əlavə edilmişdir. Əlavə olaraq transformatorun soyudulması üçün ventilyator və mühafizənin gecikdirilməsi üçün zaman reləsi istifadə olunmuşdur.



Şəkil 4. Dartı transformatorunun normal iş rejimindəki simulyasiyası

Bildiyimiz kimi dartı transformatorunun yükü geniş diapazonda dəyişir və müxtəlif səbəblərdən nominal cərəyanın qiyməti kəskin şəkildə arta bilər. Bunun qarşısını almaq üçün cərəyana və artıq yüklənməyə görə sistemdə differensial cərəyan mühafizəsi tətbiq edilir. Cərəyanın qiyməti nominal qiymətdən çox olan zaman cərəyan transformatorlarından qidalanan sensor öz kontaktını qapayaraq mühafizə sistemini işə salır və dartı transformatorunu mühafizə edir.

Dəyişən cərəyan təmas şəbəkəsindən qidalanan dartı transformatorunun birinci tərəfində gərginliyinin qiyməti hər zaman sabit olmur. Gərginliyin dəyişməsi də transformatorlardan qidalanan avadanlıqların işinə mənfi təsir göstərir. Buna görə də dartı transformatorunda gərginliyin nominaldan yuxarı və aşağı qiymətlərinə nəzarət olunur.

Simulyasiya sxemindən də göründüyü kimi temperatur sensoru daimi olaraq dartı transformatorunun yağının və dolaqlarının temperaturuna nəzarət edir. Temperaturun qiyməti dartı transformatoru üçün nəzərdə tutulmuş maksimal dəyərə çatdığı zaman sistem ventilyatorun fırlanma sürətini dəyişir və daha sürətlə fırlanan ventilyator transformatorun artan temperaturunu əvvəlki vəziyyətdə saxlamağa çalışır. Nəzərdə tutulan 10 saniyə müddət ərzində temperatur əvvəlki qiymətinə qayıtmadıqda dartı transformatoru temperatura əsasən qurulmuş mühafizə sisteminin signalı tərəfindən açılır.

Nəticə. Beləliklə, elektrik enerjisinin dartı mühərriklərinə, idarəetmə dövrlərinə alçaldılıb ötürülməsini təmin edən dartı transformatorlarının vacibliyini nəzərə alaraq onlar üçün rele mühafizə sistemi nəzərdə tutulur. Qeyd edildiyi kimi tədqiqat işində əsas məqsəd elektrik lokomotivlərində istismar olunan dartı transformatorlarının müxtəlif parametrlərə görə mühafizəsinin müasir proqramlaşdırılan kontroller əsasında modelləşdirilməsidir. Tədqiqat zamanı mikroprosessor əsaslı mühafizə sistemlərinin, həmçinin dünyanın ən qabaqcıl şirkətlərinin istehsal etdikləri proqramlaşdırılan məntiqi kontrollerləri (PLC) nəzərdən keçirilmiş və transformatorun mühafizə modeli “Logo! Soft Comfort” proqram paketi vasitəsilə simulyasiya olunmuşdur. Belə sistemlərin tətbiqi ilə elektrik lokomotivlərinin etibarlı işi təmin olunur. Bu isə bütövlükdə sərnəşin və yüklərin təhlükəsiz daşınmasını təmin edir.

Ədəbiyyat

- [1] Ling Liu, Fault Detection Technology for Intelligent Boundary Switch, Archives of electrical engineering, vol. 68(3), pp. 657–666, 2019.
- [2] Sarfaraz Nawaz Syed, S. Radhika, M.N. Sandhya Rani, “Differential current protection of transformer using arduino with voice alert” GRIET, Hyderabad, Andhra Pradesh, 2015 International Journal of Innovations in Engineering and Technology.
- [3] Cristina Ciulavu & Elena Helerea, “Power Transformer incipient Faults Monitoring” Annals of the University of Craiova, Electrical Engineering series, No. 32, 2008; ISSN 1882-8805.
- [4] V. Thiyagarajan & T.G. Palanivel, “An Efficient Monitoring of Substations Using Microcontroller Based Monitoring System”, IJRRAS 4(1), July 2010.
- [5] K. Yabe, “Power Differential Method for Discrimination between Fault and bR. Van C. Warrington, “Protective Relays Their Theory and Practice”, vol. 1, Chapman Hall Press, 3rd edition, 1985.
- [6] A. G. Zocholl, G. Benmouyal and H. J. Altuve, “Performance Analysis of Traditional and Improved Transformer Differential Protective Relays”, web site, 2000.
- [7] Y. Marty, W. Smolinski, and S. Sivakumar, “Design of a digital protection scheme for power transformer using optimal state observers,” IEE Proceedings Vol. 135, pt. C, No.3 May 1988.
- [8] M. A. Rahman and B. Jeyasurya, “A state-of-the-art review of transformer protection algorithms”, IEEE Trans. Power Delivery, vol. 3, pp. 534–544, Apr. 1988.
- [9] C. D. Hayward, “Harmonic-Current Restrained Relays for Transformer Differential Protection”, AIEE trans., vol. 60, pp 276, 1941
- [10] S. Rahama and D. ahmoud, “Control of induction motors by using programmable logic controllers (PLC),” International Journal of Science and Research (IJSR), vol. 5, pp. 1923-1926, 2016.
- [11] Sarfaraz Nawaz Syed, S. Radhika, M.N. Sandhya Rani, “Differential current protection of transformer using arduino with voice alert” GRIET, Hyderabad, Andhra Pradesh, 2015 International Journal of Innovations in Engineering and Technology.

MODELING OF MODERN METHODS OF TRANSFORMER PROTECTION**Aslanli A.I.**

Abstract. In the article, modeling of protection of transformers operated in railway traction vehicles with modern methods and means was carried out. In traction transformers, the load changes in a wide range and the variability of the working condition distinguish them from other types of transformers. Taking into account the characteristics and working conditions of traction transformers, different approaches are required in the diagnosis and protection of their technical condition based on modern methods. In the article, real-time monitoring of the parameters selected for the protection of draft transformers through sensors and based on this, warning systems against abnormal situations and protection in case of short-circuits are modeled.

Keywords: traction transformer, modeling, protection system, programmable controller, differential protection.



PROSPECTS OF A PREDICTIVE MAINTENANCE STRATEGY BASED ON INTELLIGENT DIAGNOSTIC METHODS

Huseynov F.H.

huseynovferid17525257@gmail.com

Azerbaijan State Oil and Industry University, Azerbaijan
National Aviation Academy, Azerbaijan

Abstract. This article examines the application of modern techniques and technologies in the maintenance procedures of traction electric motors used in railway transport. Currently, the repair of traction motors is carried out based on scheduled preventive and corrective maintenance strategies. Considering numerous studies and the outcomes of industrial practices, it can be concluded that the traditional maintenance strategies for traction motors no longer meet contemporary requirements. The integration of artificial intelligence technologies in engineering and their contributions across various domains have increasingly attracted the attention of researchers and manufacturers. Therefore, the aim of this study is to transition from scheduled preventive or corrective maintenance strategies to condition-based maintenance strategies. This transition relies on real-time monitoring of the technical condition of traction motors and data derived from selected informative parameters. Research indicates that applying this method enhances the long-term reliability of motors, prevents failures, and significantly reduces maintenance costs.

Keywords: traction electric motor, intelligent diagnostics, real-time monitoring, maintenance strategy, predictive maintenance.

Introduction. Research indicates that despite the development of methodologies for diagnosing motor failures at early stages, the techniques used for collecting, processing, monitoring, and diagnosing data based on signal analysis alone are insufficient in practice. In such cases, there is a growing need for the development of expert systems that incorporate probabilistic functions, incomplete data, and nonlinear systems. Addressing these challenges necessitates the creation of intelligent hybrid models capable of determining the technical condition of motors in real time.

Given the significance of traction motors in railway transport systems, ensuring their proper functioning and enabling locomotives to reach their destinations on time, especially over long distances, is of utmost importance. Additionally, in the event of technical failures or during the repair process, the downtime of these motors must be minimized. Statistics show that stoppages due to failures or prolonged repair durations significantly reduce the locomotive throughput capacity of railways.

Problem statement. Maintenance strategies for electric motors encompass various approaches, and their application depends on the type of motor, operating conditions, and production process requirements. Currently, the maintenance of traction motors is carried out based on scheduled preventive and corrective maintenance strategies. The shortcomings of these strategies are outlined below:

Shortcomings of the corrective maintenance strategy. *Unexpected downtime* - motors may fail suddenly, resulting in unplanned production stoppages. Such failures can lead to significant financial losses and reduced productivity. *High emergency repair costs:* Acquiring urgent spare parts and services is more expensive and may require additional labor for rapid repairs. *Equipment damage* - failure to detect issues in time can damage other components, reducing the overall lifespan of the system. *Increased risks* - motor failures pose safety risks, especially in

environments involving heavy loads or high-speed operations. *Inefficiency* - frequent process interruptions decrease productivity.

Shortcomings of the scheduled preventive maintenance strategy. *Unnecessary workload* - components that are still fully functional are sometimes replaced, leading to unnecessary repairs and costs. *High operational costs* - regular maintenance requires additional labor and resources, and scheduled downtime can impact production schedules. *Failure to predict malfunctions* - time-based maintenance may fail to detect certain faults at an early stage, rendering it ineffective in emergency situations. *Over-maintenance* - excessive frequency of maintenance tasks can negatively impact the motor's lifespan. *Lack of real-time monitoring* - since this strategy does not utilize sensors or intelligent systems, it does not provide information about the motor's actual condition.

Based on numerous studies and the results of industrial practices, it can be concluded that the traditional maintenance strategies for traction motors do not meet the requirements of modern times. In particular, the application of artificial intelligence technologies in engineering and their contributions in various fields have directed researchers and manufacturers toward this area [1-3].

Solution to the Problem. Currently, there are numerous studies on the application of Artificial Intelligence (AI) and Soft Computing (SC) techniques for monitoring and diagnosing nearly all types of faults in electric motors. Intelligent methods form the foundation of SC and, when combined with other modern technologies, significantly impact the development of smart systems that emulate human learning, reasoning, and intelligence. These methods can be applied to solve various engineering problems, including online monitoring and diagnostics of faults in traction motors.

In assessing the technical condition of electric motors, several intelligent techniques are utilized (Table 1). These methods differ based on the analysis of data obtained from the motor, the characteristics of the faults, the correlation between selected parameters, and the number of parameters considered.

Table 1. Artificial intelligence techniques used in predictive maintenance

Techniques	Purpose and characteristics
Fuzzy Logic	How the brain handles inaccurate information and makes inferences Stores the experience in a linguistic form
Fuzzy Sets	How the brain handles inaccurate and accurate information.
ANN	Learning and classifying patterns like the human brain
Neuro-Fuzzy System	Learning and classifying patterns like the human brain, making inferences based on inaccurate information and storing experience in a linguistic form
Genetic Algorithm	Crossing and evolution of individuals selection of the best adapted chromosomes, genes
Support Vector Machine	Based on statistical learning theory
K-nearest neighbors	Estimates the probability that an element belongs to a given set
Data Mining	Techniques to process large databases to find patterns of trends that explain their behavior
Case-Based Reasoning	Troubleshooting based on similar previous cases
Expert Systems	Computer system that performs inferences based on stored data and received information

In recent years, alongside traditional analytical methods, intelligent techniques (e.g., fuzzy logic, artificial neural networks, approximate reasoning, etc.) have been applied in the evaluation of technical conditions. While previously analyzed methods have relied on deterministic models, intelligent techniques utilize probabilistic functions to handle uncertainty, imprecision, nonlinear systems, and incomplete data [4-6].

Predictive maintenance of traction electric motors. Predictive maintenance is an approach that employs condition monitoring tools and techniques to track the motor's performance during normal operation, detect potential defects, and address them before they cause failures. Research indicates that the application of this method enhances the long-term reliability of motors, prevents malfunctions, and significantly reduces maintenance costs.

Remote monitoring and diagnostics, facilitated by intelligent technologies, implement a condition-based maintenance and diagnostic system. This approach shifts technical service activities from being time- or distance-based to being guided by the real-time condition of the motor.

The key steps in implementing predictive maintenance for traction electric motors are as follows:

Installation of sensors and monitoring systems. Various sensors (current, voltage, vibration, acoustic, temperature, magnetic, etc.) are installed in electric motors. These sensors monitor the operating condition of the motor and collect real-time data.

Data collection and analysis. The data collected from the sensors is transmitted to intelligent data collection systems. These systems gather, analyze, and generate predictions about the motor's condition.

Predictive models and algorithms. The collected data is incorporated into various statistical and intelligent models. These models detect fault patterns that may arise during motor operation and forecast when malfunctions are likely to occur.

Real-time alert system. When a fault risk is detected while monitoring the motor's condition, alerts are sent to operators or maintenance teams. This alert indicates the likelihood of a fault and specifies which components need to be replaced or repaired. This helps prevent faults and optimize service time.

Maintenance and service planning. The predictive maintenance system helps optimize the timing and type of repairs and services. Based on the identified faults in the motor, a maintenance plan is developed: this includes repairing faults before they occur, forecasting the replacement of components nearing the end of their service life, and creating individual service plans for each motor.

All parameters and data related to the motor are collected through sensors, logical controllers, and other devices. The various motor parameters are transmitted from data collection devices installed on the traction vehicle to centralized digital systems. These digital systems process the collected data and enable engineers and data analysts to evaluate the motor's condition, identify changes, predict potential faults, and estimate the remaining service life of the motor. Additionally, optimization of energy consumption, work cycles, safety assurance, reliability calculations, and other operational outcomes can be achieved [2, 5-7].

To implement intelligent predictive maintenance based on the real-time technical condition of the motor, three main steps are carried out as described below (Figure 1).

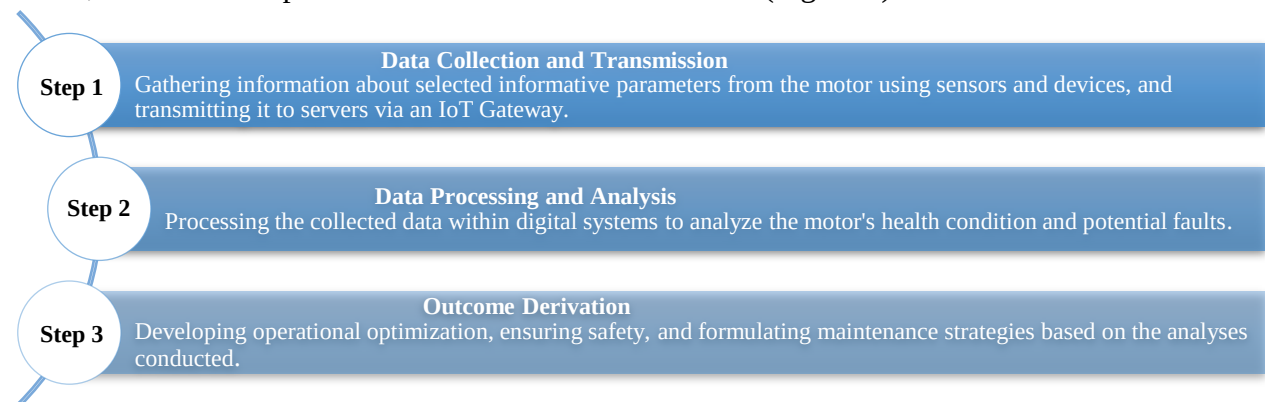


Figure 1. Steps of Intelligent Predictive Maintenance

In the proposed intelligent predictive maintenance strategy, data from various components of the traction motors are collected through sensors and transmitted to servers via the IoT Gateway (Internet of Things Gateway). The IoT Gateway is a programmable hardware controller that ensures communication between devices or between devices and the software platform. This device typically acts as a bridge, retrieving data from various sources and facilitating the exchange of information between the server and physical devices. The collected data is then classified, stored, and effectively used in dashboards, reports, and alert systems. This approach not only enhances the quality of maintenance but also makes a significant contribution to optimizing the maintenance processes for the railway industry.

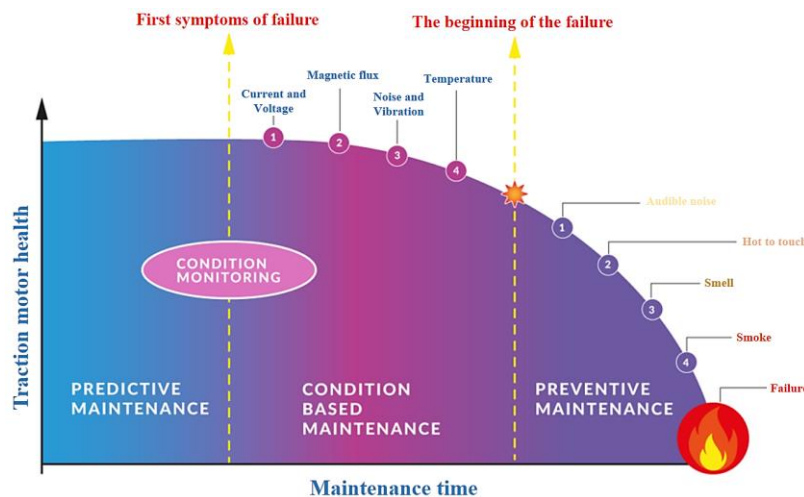


Figure 2. Early detection of deterioration in technical condition

Conclusion. Thus, our objective is to transition from a planned predictive or corrective maintenance strategy to a condition-based maintenance strategy based on data collected from selected informative parameters through real-time monitoring of the technical condition of traction motors. The development of a condition-based predictive maintenance strategy offers significant advantages over traditional repair strategies: continuous monitoring of the motor and early fault predictions enhance operational efficiency and reliability; the application of predictive maintenance reduces repair costs by detecting faults in a timely manner; information about the motor's condition is shared more quickly and effectively among relevant teams; these approaches extend the lifespan of electric motors and ensure their optimal performance, while also helping to prevent faults.

As a result, operators can optimize the maintenance plan with real-time alerts. By monitoring informative parameters, in the event of a technical failure, the faulty component or defective part can be pre-supplied to the service depot, minimizing repair time and downtime.

Reference

- [1] Farid Huseynov. Maintenance strategies of traction electric motors. "February Readings 2024: Materials of the "IX" International scientific and practical youth conference on the creative potential of youth in solving aerospace problems, pp. 145-148, 2024. <https://doi.org/10.30546/EMNAA.AZ00081>.
- [2] Cachada A, Barbosa J, Leitno P, et al. Maintenance 4.0: intelligent and predictive maintenance system architecture. In: 2018 IEEE 23rd International conference on emerging technologies and factory automation (ETFA), Turin, 4-7 September 2018, pp. 139-146.

- [3] Keith Mobley R. An introduction to predictive maintenance. 2nd ed. New York, NY: Elsevier Science, 2002. 1–22.
- [4] E.K. Manafov, F.H. Hüseynov. Application of artificial neuron networks and fuzzy logic in diagnostic and forecasting the technical condition of traction motors. Proceedings of the international research, education & training center, Tallinn, EESTI 2023, Volume 27 ISSUE 06 2023, ISSN: 2613-5817; E-ISSN: 2613-5825, DOI: 10.36962/PIRETC27062023-233.
- [5] Goh M, Wong YS and Hong GS. Intelligent prediction monitoring system for predictive maintenance in manufacturing. In: Proceedings of the 31st annual conference of the IEEE Industrial Electronics Society-IECON'05, Raleigh, NC, 6–10 November 2005.
- [6] F.H. Huseynov. Diagnostic monitoring of electric motors based on artificial intelligence methods. News of the Azerbaijan Academy of Engineering, Baku 2023, Vol. 15, No. 3, ISSN 22076-0515, DOI: 10.52171/2076-0515_2023_15_03_111_121.
- [7] Khyati Shukla, Samia Nefti-Meziani and Steve Davis. A heuristic approach on predictive maintenance techniques: Limitations and scope. Advances in Mechanical Engineering 2022, Vol. 14(6) 1–14. The Author(s) 2022 DOI: 10.1177/16878132221101009 journals.sagepub.com/home/ade.

İNTELLEKTUAL DİAQNOSTİKA ÜSULLARINA ƏSASLANAN PROQNOZLAŞDIRICI TEXNİKİ XİDMƏT STRATEGİYASININ PERSPEKTİVLƏRİ

Hüseynov F.H.

Xülasə. Məqalədə dəmiryol nəqliyyatında istismar olunan dartı elektrik mühərrikləri üçün texniki xidmət prosedurlarında müasir texnika və texnologiyanın tətbiqi araşdırılmışdır. Hazırda dartı mühərriklərinin təmiri planlı xəbərdaredici və düzəldici texniki xidmət strategiyaları əsasında aparılır. Çoxsaylı tədqiqatlar və istehsalat təcrübələrinin nəticələrini nəzərə alaraq demək olar ki, dartı mühərriklərinin ənənəvi təmir strategiyaları əsasında aparılan texniki təmiri müasir dövrün tələblərinə cavab vermir. Xüsusilə süni intellekt texnologiyalarının texnikada tətbiqi və müxtəlif istiqamətlərdə verdiyi tövhələr tədqiqatçıları və istehsalçıları bu istiqamətə yönəldir. Beləliklə, məqsdimiz real-zaman anında dartı mühərriklərinin texniki vəziyyətinin monitorinqi əsasında seçilmiş informativ parametrlərdən alınan məlumatlara əsasən, planlı xəbərdaredici və ya düzəldici texniki xidmət strategiyasından vəziyyətə əsaslanan texniki xidmət strategiyasına keçməkdir. Tədqiqatlar göstərir ki, bu metodun tətbiqi ilə mühərriklərin uzunmüddətli etibarlılığı artır, nasazlıqların qarşısı alınır və təmir xərcləri əhəmiyyətli dərəcədə azalır.

Açar sözlər: dartı elektrik mühərriki, intellektual diaqnostika, real-zaman anında monitorinq, texniki xidmət strategiyası, proqnozlaşdırıcı texniki xidmət.

**DƏMİRYOL HƏRƏKƏT VASİTƏLƏRİNİN İNNOVATİV DARTI İNTİQALI****Salah H.E.**salahovhuseyn93@gmail.com*Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan*

Xülasə. Məqalədə dəmiryol hərəkət vasitələrinin hərəkət rejmlərinə təsir edən faktorlar və bu faktorların yaxşılaşdırılması üçün optimal üsulların müəyyənəşdirilməsi tədqiq edilir. Məqalənin əsas məqsədi, qatarların hərəkətinə təsir edən müxtəlif amillərin araşdırılması və innovativ texnologiyalar tətbiq edildikdə daha səmərəli və qənaətcil nəticələr əldə etməyin yollarını göstərməkdir.

Açar sözlər: dəmiryol, reduktor, dartı intiqalı, innovativ, texniki səviyyə.

Giriş. Ölkənin tranzit potensialının gücləndiyi və logistik daşımalara tələblərin ildən-ilə artdığı bir dövrdə, müasir texnologiyaların və yeniliklərin tətbiqi nəqliyyat sistemlərinin daha səmərəli və etibarlı olmasına gətirib çıxarır. Artan tələbat və global nəqliyyat şəbəkələrinin integrasiyası fonunda, dəmir yolu nəqliyyatı sektoru xüsusilə mühüm rol oynamağa davam edir [3]. Dəmir yolu nəqliyyatında daşımaların müasir tələblərə uyğun təmin edilməsi, bütün sistemin etibarlılığını və işəyararlılığını təmin edən müxtəlif komponentlərin səmərəli işləməsindən asılıdır. Bu baxımdan, dəmiryol hərəkət vasitələrinin, onların dartı intiqallarının və digər mexanizmlərinin texniki vəziyyəti və etibarlılığı önəmli rol oynayır. Müasir tələblərə cavab verən dəmiryol sistemlərinin yaradılması, daşımaların daha sürətli, təhlükəsiz və qənaətcil həyata keçirilməsinə imkan verir. Dartı intiqallarının müxtəlif tiplərinin elmi cəhətdən əsaslandırılmış mexaniki və riyazi modellər əsasında müqayisəli hesablamaları, həmin intiqalların performansını müxtəlif şəraitlərdə qarşılaşdırmağa və onların xüsusiyyətlərini, üstünlüklərini və çatışmazlıqlarını əyani şəkildə nümayiş etdirməyə imkan verir [4]. Bu yanaşma, müxtəlif dartı intiqalı sistemlərinin effektivliyini və uyğunluğunu qiymətləndirmək üçün çox vacibdir, çünki bu cür müqayisələr qatarların daha səmərəli və təhlükəsiz hərəkət etməsini təmin edir.

Tədqiqatçılar tərəfindən təklif olunan simulyasiya modelləşdirmə metodu, dəmir yolu nəqliyyatında təkrarə rels arasındakı kontakt zamanı titrəyişdən və sürtünmədən yaranan potensial qüsurların proqnozlaşdırılmasına yönəldilmişdir [5].

Təklif olunan innovativ dartı-enerji təchizatı sistemi, dəmir yolu hərəkətinin və enerjinin səmərəli istifadəsini artırmağa yönəlmiş bir yanaşmadır. Bu sistemin əsas məqsədi enerjiyə qənaət etmək və dartı gücünün anidən dəyişməsini optimallaşdırmaqdır [6].

Qatarların hərəkətinin tədqiqi çoxsaylı çətinliklər və mürəkkəb məsələlər yaradır, çünki bu prosesdə müxtəlif mexanizmlər və komponentlər arasında qarşılıqlı əlaqələr mövcuddur. Bu səbəbdən, qatarların hərəkət rejmlərinə təsir edən faktorların ayrılıqda tədqiq edilməsi, onların əlaqələndirilməsi və sistemi şəkildə analiz edilməsi mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Son illərdə, bu məsələlərə dair bir çox simulyasiya nəticələri əldə edilmiş və təkmilləşdirilmiş parametr nəticələri təklif edilmişdir [7].

Araşdırmanın fərqli cəhəti ondan ibarətdir ki, burada giriş parametrlərinin (sərfin) azaldılması hesabına nəticənin artırılması məsələsi irəli sürülür. Bu yanaşma, ənənəvi metodlardan fərqli olaraq, daha optimallaşdırılmış bir sistemin yaradılmasını məqsəd qoyur. Bu məsələnin həlli, innovativ dartı intiqalı yaratmaqla mümkün olur və bu, qatarların hərəkət rejmlərinin səmərəliliyini artırır.

Bu məqsədlə, Avrasiya patenti səviyyəsində elmi yeniliyi və mahiyyəti üzrə təsdiqlənmiş dəmiryol hərəkət vasitələrinin innovativ dartı intiqalının qatarların hərəkətinə təsirlərinin tədqiqi aparılır. Bu tədqiqat, qatarların hərəkət rejmlərinə və enerjiyə qənaətə təsir göstərən innovativ texnologiyanın tətbiqini nəzərdə tutur. Təklif olunan innovativ dartı intiqalı sistemləri, qatarların hərəkətini daha səmərəli və enerji qənaətcil şəkildə idarə etməyə imkan verən yeni metodları ehtiva edir. Avrasiya patenti

səviyyəsində təsdiqlənmiş innovativ dartı intiqalı, qatarların hərəkətinə müsbət təsir göstərən yeni texnologiyadır. Bu texnologiyanın tətbiqi ilə qatarların enerji sərfi azaldılaraq performans artırılır. Bu yanaşma, ekoloji və iqtisadi faydalar təmin etməklə yanaşı, dəmiryol sistemlərinin ümumi effektivliyini və etibarlılığını artırır.

Qatarın hərəkəti mürəkkəb mexaniki bir sistem olaraq, bir-biri ilə elastiki və sərt əlaqədə olan müxtəlif elementlərdən ibarətdir. Bu elementlər hərəkət edərkən, onlara həm daxili, həm də xarici qüvvələr təsir göstərir. Qatarın hərəkətinin düzgün və effektiv idarə olunması üçün bu qüvvələrin təsiri və xarakterləri diqqətlə araşdırılmalıdır. Qatarın daxilindəki müxtəlif elementlər arasındakı qarşılıqlı təsirlər daxili qüvvələri təşkil edir. Bu qüvvələr, qatarın hərəkət sürətinə birbaşa təsir etməsə də, sistemin ümumi işləmə şəraitini müəyyənləşdirir və elementlərin qarşılıqlı əlaqələrini idarə edir. Məsələn, təkərlər və relslər arasındakı sürtünmə, təkərin aşınması və ya cərəyan dəyişmələri daxili qüvvələrə nümunə ola bilər. Xarici qüvvələr qatarın hərəkətinə birbaşa təsir edən qüvvələrdir. Xarici qüvvələr qatarın sürətini dəyişdirə və ya digər hərəkət parametrlərini dəyişə bilər. Bunlara qarşı sürtünmə, maillik dəyişiklikləri, külək təsiri, yolun əyri olması və digər çevrəni təsir edən faktorlar daxildir.

Qatarın hərəkətini təhlil edərkən, müxtəlif qüvvələr onun hərəkətini tənzimləyir və dəyişdirir. Bu qüvvələr arasında dartı qüvvəsi (F_k), tormozlanma qüvvəsi (B) və hərəkətə müqavimət qüvvəsi (W) əsas rol oynayır. Hər biri qatarın hərəkət sürətini və istiqamətini dəyişdirən vacib mexaniki təsirlər yaradır [6, 7].

Qatarın hərəkətini təsir edən qüvvələri hərəkət istiqamətinin (OX) oxu üzrə proyeksiyalasaq onların vektorial cəmini bir müvazinətləşdirici qüvvə ilə əvəz etsək, o zaman bu qüvvənin ümumi təsiri daha asan və konkret şəkildə izah oluna bilər. Bu yanaşma dartı nəzəriyyəsində çox mühüm rol oynayır və qatarın hərəkətinin idarə olunmasında əsas anlayışlardan biridir.

Qatarın hərəkətini təhlil edərkən, yalnız irəliləmə hərəkəti deyil, həm də fırlanma hərəkəti nəzərə alınmalıdır. Bu, qatarın mexanizmindəki fırlanan hissələrin hərəkətini və onların yaratdığı təsiri anlamağa kömək edir. Fırlanma hərəkəti qatarın təkərləri, dişli çarx ötürmələri, mühərriklər və digər mexaniki komponentlər tərəfindən həyata keçirilir.

Fırlanma hərəkəti hərəkətə gətirilən kütlə ilə əlaqədar olaraq ətalət qüvvəsinin hesablanması rol oynayır. Fırlanma ətaləti dedikdə, hər hansı bir fırlanan cismə tətbiq olunan qüvvənin həmin cismin fırlanma hərəkətini necə dəyişdirəcəyini təsvir edən anlayışdır. Bu ətalət, hərəkət vasitələrinin fırlanma hissələrinə tətbiq olunan qüvvələrə qarşı müqavimət göstərir və buna görə də bu hissələrin kütləsi və geometrik forması ilə əlaqəlidir.

$$m_g = m + mg = m(1 + g) \quad (1)$$

burada, m_g – qatarın gətirilmiş kütləsi; m – qatarın kütləsi ($m = m_1 + m_2$); $1 + g$ – fırlanan hissələrin ətalət əmsəlidir. Qatarın təcili ətalət əmsalından asılı olaraq aşağıdakı kimi olur:

$$a = 12,96 \frac{F_1}{m(1+g)} \quad (2)$$

tənliyi qatarın hərəkət tənliyi adlanır. Əgər verilən tənliyi qatarın xüsusi hərəkət təcili ilə ifadə etsək:

$$f_t = \frac{F_t}{mg}, \quad a = 127 \frac{F_t}{1+g} \quad \text{olar} \quad (3)$$

(3) ifadəsində g -nin qiyməti dartı reduktorunun texniki səviyyəsini xarakterizə edir. Onun azalması qatarın texniki iqtisadi göstəricilərini yaxşılaşmasını təmin edir.

Dartı reduktoru. Bu, hərəkət ötürülməsini tənzimləyən bir mexanizm olub, əsasən qatar və ya digər nəqliyyat vasitələrində sürətin və gücün düzgün paylanmasını təmin edir. Dartı reduktorunun texniki səviyyəsi isə, onun effektivliyini və performansını ölçür. Bu texniki səviyyə, reduktorun konstruksiyasının mürəkkəbliyi, güc ötürmə qabiliyyəti və işləmə müddəti ilə bağlı müxtəlif parametrləri nəzərə alır.

İqtisadi göstəricilər. Bu, qatarın və ya digər nəqliyyat vasitəsinin performansı ilə bağlı olaraq enerjinin səmərəli istifadəsi, yanacaq sərfiyyatı və digər maliyyə xərcləri ilə bağlı məlumatlar deməkdir. Dartı reduktorunun daha yaxşı texniki səviyyəyə malik olması, bu göstəricilərin yaxşılaşmasına gətirib

çıxarır. Yəni, texniki səviyyənin yüksəlməsi, qatarın daha az enerji sərf etməsi və daha yüksək səmərəlilik göstərməsi deməkdir.

Val üzərində eyni istiqamətli fırlanan üç pilləli dişli çarx reduktorları. Burada, üç pilləli dişli çarx reduktorlarının xüsusi bir konstruksiya növü və yüksək performans göstərən texniki həlli olduğu vurğulanır. Bu dişli çarx reduktorları, daha az enerji sərfiyyatı ilə daha yüksək güc ötürülməsini təmin edə bilər, çünki üç pilləli sistemlər daha yaxşı fırlanma ilə dinamik hərəkət təmin edir. İki val üzərində bu cür sistemin qurulması, daha az sürtünmə və daha yüksək səmərəlilik nəticəsində qatarın texniki və iqtisadi göstəricilərini yaxşılaşdırmağa kömək edir. Burada məqsəd reduktorun mümkün olan ən yüksək texniki səviyyəyə malik olmasını təmin etməkdir. Bu, həm texniki səmərəliliyi, həm də iqtisadi faydanı artırmaq üçün mühüm bir faktordur.

Bu cür texniki səviyyə və optimallaşdırma, qatarların performansını yaxşılaşdırmağa və ümumi iş səmərəliliyini artırmağa kömək edir. Bu, həm də uzunmüddətli iqtisadi faydalara gətirib çıxarır, çünki daha səmərəli sistemlər daha az enerji sərf edir və daha az təmir tələb edir.

$$\frac{127}{1+y} = \xi \text{ ilə əvəz etsək, } a = \xi f_t \quad (4)$$

Qatarın hərəkət tənliyi barədə danışarkən, bu tənliyin qatarın hərəkətini və təcilini necə təsvir etdiyini anlamaq vacibdir. Beləliklə, qatarın hərəkət təcili iki əsas faktordan asılıdır:

Xüsusi təcilverici qüvvə. Bu, qatarın hərəkətə gətirilməsi və ya hərəkətinin davam etdirilməsi üçün tətbiq olunan qüvvələri təmsil edir. Əsasən bu qüvvələr, qatarın mühərrikindən gələn güc, dəmir yolunun rels şpal çərçivəsinin düzülüşü, sürtünmə qüvvəsi və s. ilə əlaqəlidir. Xüsusi təcilverici qüvvə qatarın sürətini artıran və hərəkətini təmin edən qüvvədir.

Fırlanan hissələrin ətaləti. Bu, qatarın fırlanan mexanizmlərinin (məsələn, təkərlər, dişli çarxlar və s.) ətalətini nəzərdə tutur. Fırlanan hissələrin ətaləti, xüsusilə qatarın sürətini artırmaq və ya azaldmaq üçün enerjinin necə paylandığını və istifadə edildiyini təsir edir. Bu ətalət əmsalı, qatarın daha yavaş və ya daha sürətli hərəkət etməsinə təsir edə bilər. Fırlanan hissələrin ətalət əmsalını nəzərə alaraq qatarın hərəkət tənliklərini həll etmək, hərəkət rejimlərinin düzgün təhlilini və müvafiq həllərini tapmağa kömək edir. *Fırlanan hissələrin ətalət əmsalı*, qatarın hərəkətinə təsir edən mühüm faktordur və bu amil xüsusən sürətlənmə və yavaşlama dövrlərində mühüm rol oynayır. Hərəkət tənliklərini həll edərkən bu əmsalı nəzərə almaq, qatarın hərəkətini daha dəqiq təhlil etməyə imkan verir.

Nəticə. İnnovativ dartı intiqalının üstün texniki səviyyəsi, qatarların hərəkət rejimlərini daha səmərəli idarə etməyə və texniki-iqtisadi göstəriciləri yaxşılaşdırmağa kömək edir. Bu məqsədlə bir neçə mühüm parametrdən diqqət yetirilir. Mexaniki sistemdən bir aralıq alın və iki diyiirlənmə yastığının ləğv edilməsi hesabına biraxınlı, üçpilləli dişli ötürmə mexanizminin etibarlıq səviyyəsinin yüksəlməsi qatarın mexaniki sistemindəki bəzi strukturların sadələşdirilməsi ilə əlaqəlidir. Material tutumunun azalması, hazırlanmanın, yığılmanın texnolojiliyini, təmirə yararlılığı və unifikasiyanı bir mexanizmin və ya sistemin dizayn və istehsal mərhələlərində optimallaşdırma və sadələşdirmə proseslərini əks etdirir. Valların və onlarda oturdulmuş ikitəclli dişli çarx bloklarının eyni istiqamətdə fırlanması hesabına f.i.ə.-nin yüksəlməsi bir mexanizmin daha səmərəli işləməsini təmin etmək üçün mühüm bir texniki dəyişiklikdir.

Ədəbiyyat

- [1] Abdullaev A. I. Innovative reducer for railroad switch drives and evaluation friction work on double sliding bearings A.I. Abdullaev, Q.R. Rasulov, I.D. Huseynov. Journal of Socar proceeding. Special Issue N1. 2022
- [2] Elyazov İ.Ş., Mövsümov T.N., İbrahimov S. Z. Qatarların dartısı// Ali dəmir yolu məktəbləri üçün dərslik. Bakı, Təhsil NPM, 223s. 2003 <https://www.researchgate.net/publication/367097521>
- [3] Hüseynov İ.D. Ölkənin dayanıqlı inkişafında dəmiryol nəqliyyatının rolu və vəzifələri. ISSN 2708-955X, SDU konfrans materialları N6, 330-332S, 2020

- [4] Elyazov I.S., Huseynov I.D. Determination of technical features of the new generation electric carriers of the Azerbaijani railway. В печате этом сборнике: Збірник наукових праць Укр. ДУЗТ, випуск 198Р, 2021. https://www.researchgate.net/publication/360578159_
- [5] Esteban Bernal, Edwin Vollebregt, Sebastian Stichel, Sanjar Ahmad, Maksym Spiryagin, Kevin Oldknow, Sundar Shrestha, Qing Wu, Yan Sun, Colin Cole prediction of rail surface damage in locomotive traction operations using laboratory-field measured and calibrated data <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S135063072200139X>
- [6] Xiaohong Huang, Qinyu Liao, Qunzhan Li, Sida Tang, Ke Sun Power management in co-phase traction power supply system with super capacitor energy storage for electrified railways. <https://link.springer.com/article/10.1007/s40534-020-00206-x>
- [7] Sergii Panchenko, Glib vatulia, Alyona Lovska, Vasyl Ravlyuk, Elyazov I.Ş., Huseynov İ.D. Influence of structural solutions of an improved brake cylinder of a freight car of railway transport on its load in operation Eureka: Physics and engineering. Ukrainian State University of Railway Transport 7 Fevral sq. Kharkiv. Ukraine 61050. Azerbaijan Technical University ISSN 2461 – 4254p, 2022. https://www.researchgate.net/publication/366005491_

STATUS OF TRANSPORTATION OF RAIL VEHICLES

Salahlı H.E.

Abstract. This article examines the factors that affect the traffic patterns of railway vehicles and the determination of the most optimal methods for improving these factors. The main purpose of the article is to examine various factors affecting the movement of trains and to show ways to achieve more efficient and economical results when innovative technologies are applied. The article explores the application of innovative technologies affecting the movement modes of railway vehicles.

Keywords: railway, reducer, traction transmission, innovative, technical level.



ELEKTROMAQNİT VİBRASIYA QURĞULARININ ÇIXIŞ PARAMETRLƏRİNİN VƏ İŞ REJİMLƏRİNİN MULTİSİM VƏ MATCHAD PROQRAM PAKETLƏRİ ƏSASINDA MODELLƏŞDİRİLMƏSİ

Nurməmmədli Ə.N.

nurmemmedli.evez@bk.ru

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Məqalədə elektromaqnit vibrasiya qurğusunun xüsusiyyətləri araşdırılmış və iş rejimlərinin modelləşdirilməsi aparılmışdır. Elektromaqnit vibrasiya qurğusunun MultiSim və MatChad proqram təminatından istifadə etməklə müxtəlif dövrə parametrləri ilə vibrasiya ötürücü sisteminin rezonans xüsusiyyətlərinin nəticələri təhlil edilmişdir.

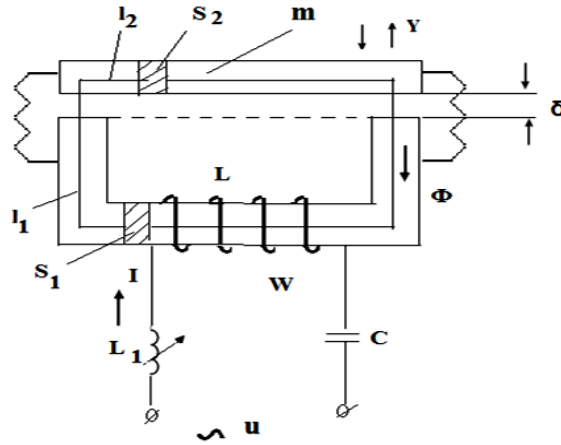
Açar sözlər: elektromexaniki rəqslər; avtorezonans; elektromaqnit vibrator; modelləşdirmə.

Giriş. Neft-qaz sənayesində qazma məhlullarının emalı üçün vibrasiya qurğuları və vibrasiya texnologiyalarından geniş istifadə olunur. Bu, məhlulun sonrakı ikinci istifadəsini təmin edir. Belə qurğular həmçinin mədənçıxarma sənayesində, emal müəssisələrində, kənd təsərrüfatında, tikintidə, nəqliyyatda və s. istifadə olunur. Son illərdə 3 fazalı elektromaqnit vibrasiya qurğuları (EMVQ) daha çox güc təmin etdiyi və nisbətən daha sərfəli olduğu üçün geniş tətbiq tapmışdır. Bununla belə, belə elektron cihazın parametrlərinə nəzarət və idarə etmək rahat deyil. Çünki, 3 fazalı elektromaqnit dartma sisteminin qurulması 3 fazalı şəbəkənin, üç fazalı aqreqatların və 0 - 20 Hz diapazonunda elektromexaniki rəqslərin yaradılmasını təmin edən cihazların mövcudluğunu tələb edir. Belə sistemlərin çoxmərhləli məhlulların təmizlənməsini təmin edə bilməsinə baxmayaraq, onlar nisbətən mürəkkəb tərkibə, yüksək qiymətə və məhdud iş şəraitinə malikdirlər. Bu vəziyyətdə sistemin hər bir mərhələsində təmizlənmə dərəcəsi bir çox amillərdən asılıdır. Məhz bu səbəblərdən tələb olunan parametrlərə malik elektron rəqəmsal alətlərin işlənilib hazırlanması, tətbiqi, sonrakı tədqiqatı və sənayenin müxtəlif sahələrində tətbiqi aktual vəzifədir.

Hal-hazırda, neft-qaz sənayesinin bütün sahələrində müxtəlif təyinatlı vibrasiya qurğularından istifadə olunur. Məsələn, qazma məhlulunun digər qarışıqlardan təmizləmə sistemi müxtəlif növ texnoloji avadanlıqlar toplusundan ibarət ola bilər. Bu zaman hər bir sonrakı təmizləmə pilləsi özündən əvvəlki pilləyə nisbətən daha kiçik süxur hissəciklərini çıxarır. Hər bir konkret pillənin təmizləmə dərəcəsi böyük sayda faktorlardan asılıdır. Lakin bu zaman orta hesabla "ayırma nöqtəsi" adlanan kəmiyyətdən (qazılan quyu süxurlarının atılan hissəciklərinin orta ölçüsü) istifadə etmək olar: vibrasiya ələyi-75 mkm-dək təmizləmə; qumayırıcının hidrosiklonu-45 mkm-dək; lilayırıcının hidrosiklonu-25 mkm-dək; sentrifüqa - 510 mkm-dək. Bununla belə nəzərə almaq lazımdır ki, konkret texnoloji avadanlığın ayırma nöqtəsi normal paylanma qanununa tabedir. Yəni məsələn, qumayırıcının ayırma nöqtəsinin 45 mikron olmasının təsdiq olunması onu bildirir ki, 45 mkm-dən daha iri bəzi hissəciklər ələkdən keçib qazma məhlulundan ayrılmayaraq sistem üzrə sonrakı pillələrə keçə bilər.

Tətbiq olunan vibrasiya qurğularının səviyyəsi qazma kompressor nasoslarının məhsuldarlığından və vibroqurğuların modelinin buraxma qabiliyyətindən asılıdır ki, bu da birbaşa ələkdəki torun konstruksiyasından, toxuma növündən və dəşiklərin ölçüsündən asılıdır. Vibrasiya ələyinin düzgün istismarı və xidmətinin təmini qazma məhlulunun keyfiyyətli təmizlənməsinə əsas zəmanətdir ki, bu da qazma işlərinin aparılmasında qənaətiliyə imkan yaradır. Avtomatlaşdırılmış idarə sistemlərinin (AİS) və avadanlığın yaradılması sənayedə istehsal proseslərinin mexanikləşdirilməsi və avtomatlaşdırılmasının əsas vasitələrindən biri sayılır. Onların təkmilləşdirmə dərəcəsi isə son nəticədə əmək məhsuldarlığının səviyyəsini və keyfiyyətini müəyyən edir.

Müasir vibrasiya qurğuları arasında alternativ cərəyan elektromağneti olan aşağı tezlikli mexaniki vibrasiyaların dişlisiz vibrasiya intiqalını vurğulamağa dəyər. Belə bir quraşdırmanın işləmə prinsipi gərginlik rezonansına əsaslanır. Titrəmə maşınının texnoloji yükün dəyişməsinin bütün diapazonunda rezonans rejimində işləməsi üçün rezonans tənzimlənməsinə ciddi riayət etmək və maşın ötürücüsünü, onun vibrasiya sistemini və texnoloji yükün parametrlərini əlaqələndirmək lazımdır. Əsas xüsusiyyət ondan ibarətdir ki, ötürücü dolaqları rezonans dövrəsini təşkil edən ardıcıl birləşdirilmiş R, L, C vasitəsilə standart tezlik şəbəkəsinə qoşulur (şəkil 1).



Şəkil 1. Elektromağnit ötürücüsü ilə vibrasiya qurğusunun dinamik diaqramı

Təklif olunan sxemdə dövrənin dəyişən parametri induktiv müqavimətdir $Y = \omega L_y$ (burada ω - dəyişən cərəyanın tezliyi, L_y - sensorun hərəkət edən sistemi hərəkət edərkən dəyişən sensorun induktivliyidir). İnduktivlik, sistemdəki hava boşluğunun dəyişməsi ilə sıx bağlıdır, çünki, hava boşluğu azaldıqca induktivlik də dəyişir, bu da dövrənin cərəyanına təsir edir. Bu Lorens qüvvəsi və ya elektromağnit induksiya prinsipi ilə izah olunur. Gərginlik tətbiq edildikdə dolaqdan cərəyan keçir və bu, nüvədə maqnit sahəsi yaradır. Nüvə maqnit sahəsinin təsiri ilə cazibə və ya itələmə qüvvəsi yaradaraq hərəkətə gəlir. Bu prinsip solenoidlərdə, elektromağnit relelərinə geniş tətbiq olunur.

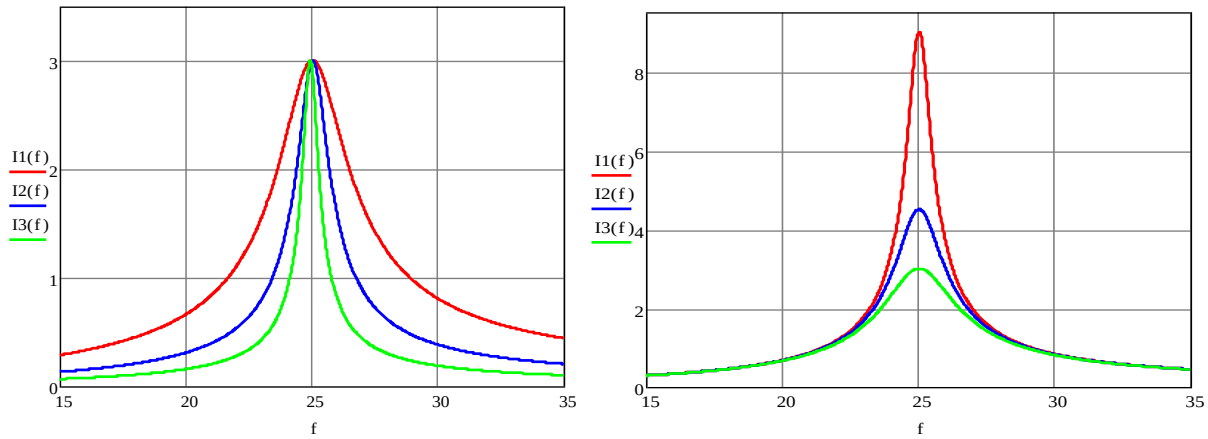
Maqnit sistemləri üçün yük dövrəsində, lövbərin müxtəlif mövqelərində cərəyan dəyişməsinin hədləri B maqnit induksiyaının qiymətlərini təyin etməklə və $F=BS$ olduğunu nəzərə almaqla müəyyən edilə bilər. Eyni zamanda induktivliklər və kondensatorların birgə istifadəsi bu sistemlərin daha effektiv işləməsinə şərait yaradır. L_1 induktivliyi olan bir boğucu (tənzimlənən induktivlik) və C tutumu olan bir kondansator, dövrəni təşkil edən və ardıcıl olaraq qoşulan komponentlərdir. Aktiv müqavimət də burada nəzərə alınır, bu da dövrənin ümumi xarakteristikasına təsir edir. Bu cür sistemlər, elektromağnit qüvvələrlə işləyərək sürət və dəqiqliyi artırmaq üçün istifadə olunan müasir texnologiyalar üçün əlverişlidir.

$$I = \frac{U}{\sqrt{(R_n + R)^2 + \left[(\omega(L_1 + L_y) - \frac{1}{\omega C}) \right]^2}} \quad (1)$$

$$L_y = \frac{B \cdot S \cdot W}{I} \quad (2)$$

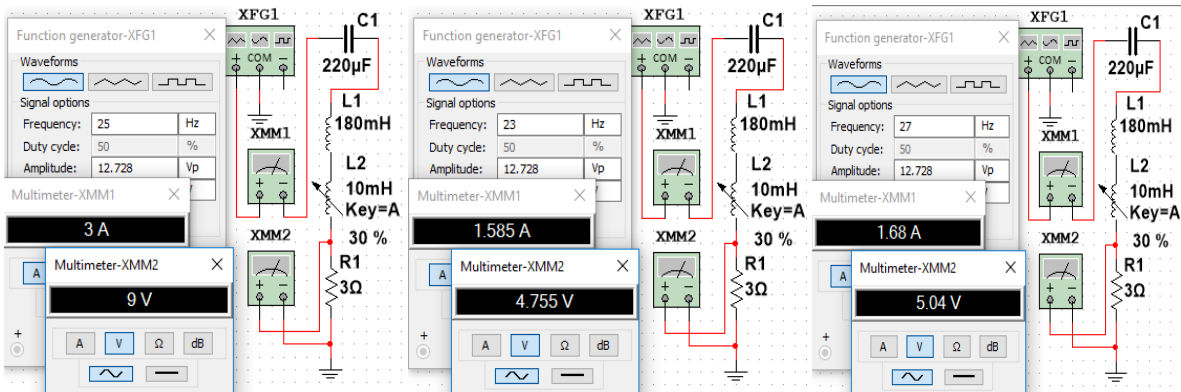
MultiSim proqram təminatı mühitində xüsusi əməliyyat elektrik parametrlərini yaratmaq məqsədi ilə 25 Hz rezonans tezliyi üçün nəzərdə tutulmuş dövrənin tezliyindən işləyən elektrik parametrlərinin (I və U) asılılığının öyrənilməsi aparılmışdır. Şəkildə dövrənin əlaqə diaqramları və müxtəlif tezliklərdə

ölçülən parametrlərin dəyərləri göstərilir: 25 Hs, 23 Hz və 27 Hs. Ölçmə nəticələrindən göründüyü kimi, işləmə tezliyi rezonans tezliyindən 2 Hs (8%) kənara çıxdıqda, R_1 -də gərginlik və dövrədə cərəyan təxminən 2 dəfə azalır ki, bu da dövrənin yaxşı keyfiyyət amilini göstərir.



Şəkil 2. Elektromağnit ötürücüsü ilə vibrasiya qurğusunun rezonans xüsusiyyətləri

- a) $R=3 \text{ OM}$ -da: 1) $I_1(f)$ $L=0,19 \text{ Hn}$ və $C=220 \text{ mkF}$ -də; 2) $L=0,41 \text{ Hn}$ və $C=100 \text{ mkF}$ -də $I_2(f)$; 3) $L=0,82 \text{ Hn}$ və $C=50 \text{ mkF}$ -də $I_3(f)$.
b) $L=0,19 \text{ Hn}$, $C=220 \text{ }\mu\text{F}$ -də: 1) $R=1$ -də $I_1(f)$; 2) $R=2$ -də $I_2(f)$; 3) $R=3$ -də $I_3(f)$.



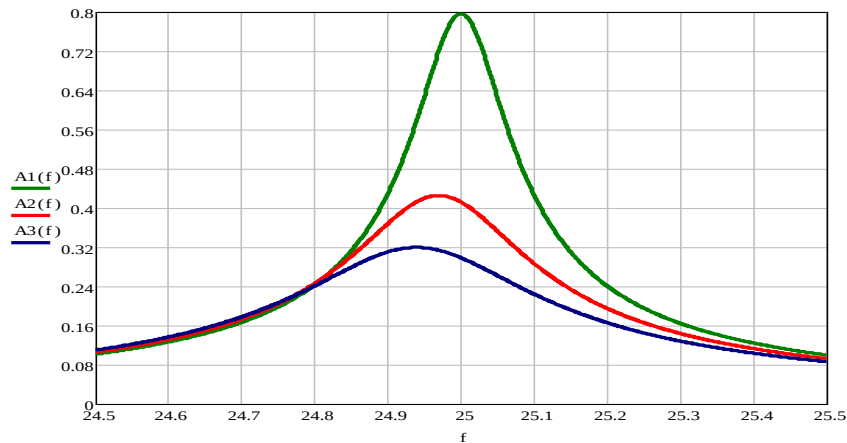
Şəkil 3. Elektromağnit ötürücüsü ilə vibrasiya qurğusunun rezonans xüsusiyyətləri

MatChad proqramında rezonans tezliyinin və sabit vəziyyətinin titrəyisim amplitudunun asılılığı müxtəlif β ($\beta_1 = 0,4$; $\beta_2 = 0,75$; $\beta_3 = 1,0$) üçün simulyasiya edilmişdir (Şəkil 4). Zəifləmə əmsalının β dəyişməsi ilə titrəyişimlərin rezonans tezliyi də müvafiq olaraq dəyişir. Avtorezonans rejiminin parametrlərini simulyasiya etmək üçün rezonans tezliyi üçün hesablanmış $\omega_{p1} = 25 \text{ Hs}$, $\beta_1 = 0,4$ seçilmişdir və digər hallarda $\beta_1 = 0,75$ və $\beta_2 = 1,0$ rezonans tezlikləri $\omega_{p2} = 24,97 \text{ Hs}$ və $24,97 \text{ Hs}$ -dir.

Kütləni, mühiti və yayın sərtliyini dəyişdirməklə, geniş hədudlarda məcburi rəqslərin amplitüdünü dəyişdirmək, həmçinin rezonans tezliyini hesablamaq mümkündür. Amplituda dəyişdikdə, hava boşluğunun ölçüsü dəyişir və müvafiq olaraq induktivlik dəyişir.

Rezonans sxemi rezonans elektro-vibrasiya ötürücüsünün ikinci komponenti kimi elektromağnit sahəsinin tezliyinə və gücünə tam nəzarəti təmin edir. Bu induktiv və ya kapasitiv elementlərdən ibarət olan resonator vasitəsilə sistemin müəyyən bir tezlikdə işləməsinə və enerji ötürülməsinə təmin edir.

Rezonans dövrəsi həyəcənverici qüvvənin tezliyinin həmişə mexaniki sistemin rezonans tezliyinə (avtorezonans) bərabər olmasını təmin edir.



Şəkil. 4. Rəqsi amplitudun zəifləmə əmsalından asılılığı

- 1) $A_1(f)$ $\beta = 0,4$ -də; 2) $A_2(f)$ $\beta = 0,75$ -də; 3) $A_3(f)$ $\beta = 1,0$ -da.

Ardıcıl rəqs dövrəsi üzrə qoşulma halı

Rəqs dövrəsinin rezonans tezliyi $F_r = 50\text{Hz}$ olduqda: $F = F_r = 50\text{Hz}$

$F = 47\text{Hz}$

$F = 53\text{Hz}$

$F = 30\text{Hz}$

$F = 70\text{Hz}$

Rəqs dövrəsinin rezonans tezliyi $F_r = 25\text{Hz}$ olduqda

$F = F_r = 25\text{Hz}$

$F = 24\text{Hz}$

$F = 26\text{Hz}$

$F = 20\text{Hz}$

$F = 30\text{Hz}$

Paralel rəqs dövrəsi üçün qoşulma halı

Rəqs dövrəsinin rezonans tezliyi $F_r = 50\text{Hz}$ olduqda

$F = F_r = 50\text{Hz}$

$F = 51\text{Hz}$

$F = 30\text{Hz}$

$F = 70\text{Hz}$

Rəqs dövrəsinin rezonans tezliyi $F_r = 25\text{Hz}$ olduqda

$F = F_r = 25\text{Hz}$

$F = 24\text{Hz}$

$F = 26\text{Hz}$

$F = 26\text{Hz}$

$F = 30\text{Hz}$

$F = 25\text{Hz}$ rezonans tezlikli RLC rəqs konturunun MatChad proqramında hesablanmış rezonans xarakteristikası

Ardıcıl rəqs konturu

$U = 10\text{V}$, $R = 50\Omega$, $C = 200\mu\text{F}$, $L = 200\text{mH}$

Paralel rəqs konturu

$R = 1\Omega$; $U = 1\text{V}$

$R=10\Omega$; $U=10\text{ V}$

$R=5\Omega$; $U=10\text{ V}$

Nəticə. Elektromağnit vibroqurğunun drosselli rəqs konturunun MultiSim və MatChad proqram mühitlərində 50Hz və 25Hz tezliklər üçün paralel və ardıcıl rezonans dövrələrinin modelləşdirilməsi yerinə yetirilmişdir. Paralel və ardıcıl rəqs konturlarının modelləşdirilməsi aparılaraq, qurğu üçün ən əlverişli olan qoşulma sxemləri müəyyənəndirilmişdir; Rəqs konturlarının rejimlərinin və elementlərinin parametrlərinin hesabı və seçilməsi aparılmışdır. Elektromağnit vibroqurğunun drosselli rəqs konturunun MultiSim14 proqram mühitində 50Hz və 25Hz tezliklər üçün paralel və ardıcıl rezonans dövrələrinin modelləşdirilməsi yerinə yetirilmişdir. Elektromağnit vibroqurğunun drosselli rəqs konturunun MatChad16 proqram mühitlərində 50Hz və 25Hz tezliklər üçün paralel və ardıcıl rezonans dövrələrinin rezonans xarakteristikalarının hesabı aparılmış və rezonans qrafikləri qurulmuşdur.

Ədəbiyyat

- [1] Р.А.Гасымов, М.Г. Искендеров, Э.К.Манафов, Н.И.Искендеров «Регулирование параметров электромагнитного вибратора для нефтяной промышленности», Нефть, газ и бизнес, УДК 621.64.073, Москва-2015г.
- [2] Р.А.Гасымов, Р.М.Аббасов, Ф.А.Махмудлу, Схема дроссельного управления колебательным контуром, Международный научной конференции «Современные научно-технические и прикладные проблемы энергетики», Сумгаитский Государственный Университет, 27-28 октября 2015г.
- [3] Н.А.Юсифbəyli , Н.В.Қулиев, Р.А.Қасимов “Enerji sistemin paylayıcı elektrik şəbəkələrində reaktiv güc axınlarının qeyri-səliq idarə olunma effektivliyinin artırılması metodikası”, Azərbaycan Mühəndislik Akademiyası Xəbərləri, cild 8, N2, 2016, səh.96-105, Bakı-2016.
- [4] Р.А.Гасымов, Э.К.Манафов . «Регулируемые электромагнитные вибропитатели для нефтяной промышленности», Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərinin Xəbərləri, N3, səh.99-109, Bakı-2016
- [5] Ландау Л.Д., Лифшиц. Механика, т. 1, М.:Наука, 1973, 208 с."
- [6] Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники Изд.6-е, М.: Высшая школа, 1983, 75 с.
- [7] ГОСТ 21 427. 1-75 Сталь электротехническая холодно-катанная анизотропная.
- [8] Мишин Д.Д. Магнитные материалы.- М.:Высш.школа, 1981-335 с. 15.ГОСТ 1 1036-75 Сталь сортовая электротехническая нелегированная.
- [9] Борисов Ю.М., Липатов Д.Н. Общая электротехника. Учебное пособие для вузов. М.: Высш.школа, 1994, 519 с.
- [10] Кабели, провода, шнуры электрические. Технические условия 42-47. От-деление ВНИИЭМ по научно-технической информации, стандартизации и нормализации в электротехнике. 1966-1970 г.

MODELING OF OUTPUT PARAMETERS AND OPERATING MODES OF ELECTROMAGNETIC VIBRATION DEVICES BASED ON MULTISIM AND MATHCAD SOFTWARE PACKAGES

Nurmammadli A.N.

Abstract. The article examines the characteristics of the Electromagnetic vibration device and models their operating modes. Using MultiSim and MatChad software of the electromagnetic vibration device, the results of the study of the resonance characteristics of the vibration transmission system with different circuit parameters are analyzed.

Keywords: electromechanical oscillations; autoresonance; electromagnetic vibrator; modeling.



HİBRİD ENERJİ SİSTEMİNİN MODELLEŞDİRİLMƏSİ

Əhmədzadə Y.R.

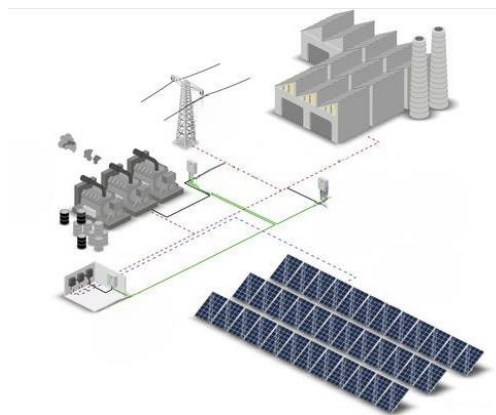
yunis.ehmedzade@mail.ru

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Dünya ənənəvi enerji mənbələrinin, xüsusən də yanacaq enerjisinin istehlakını azaltmaq üçün getdikcə daha çox bərpa olunan enerjiden istifadə etməyə yönəlmişdir. Bundan əlavə, bərpa olunan enerjinin istifadəsi ənənəvi enerjinin ətraf mühitə təsirini azaldır. Bütün bu səbəblərə görə tədqiqatçılar hazırda mövcud bərpa olunan enerji mənbələrini optimallaşdırmaq və daha səmərəli etmək məqsədi ilə yenilikçi metodlar tətbiq edən araşdırmalara diqqət yetirirlər. Təklif olunan metodlardan biri hibrid sistemlərdir. Bu sistemlər həm yaşayış, həm də sənaye sektorlarında tətbiq olunur. Hibrid sistemlərin xüsusiyyətlərini və ənənəvi enerji sistemlərindən üstünlüklərini nəzərə alaraq müxtəlif kombinasiyalı hibrid enerji sistemləri təhlil olunmuşdur. Bərpa olunan (GES – Günəş elektrik stansiyası) və bərpa olunmayan (İES – İstilik elektrik stansiyası) enerji mənbəli hibrid enerji sistemi PowerWorld proqram paketində modelləşdirilmiş və uyğun simulyasiyalar aparılmışdır. Simulyasiyaların nəticəsində stansiyalar arasında enerji təchizatının optimallaşdırılması və şəbəkə balansının qorunmasını göstərilmişdir.

Açar sözlər: hibrid enerji, PowerWorld, modelləşdirmə, istilik elektrik stansiyası, günəş elektrik stansiyası.

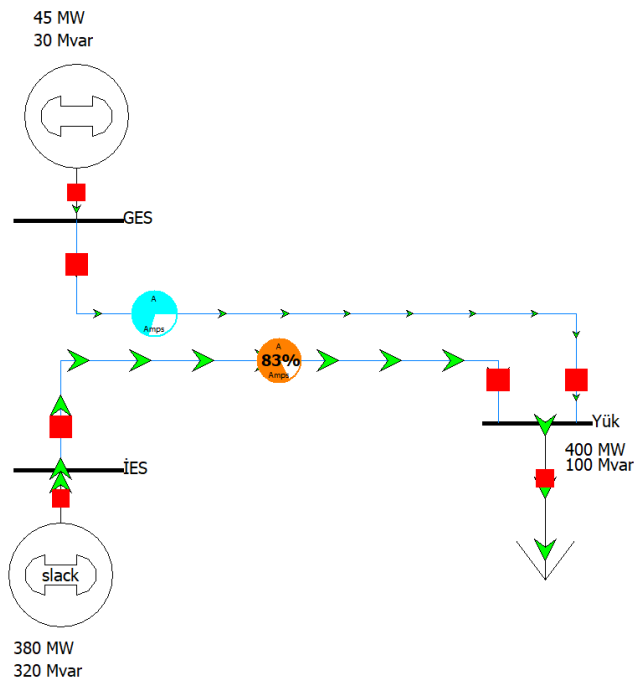
Giriş. Qlobal əhali artımı ilə müşayiət olunan sənaye insanların enerjiden asılılığının artmasına səbəb olur. Tədqiqatçılar enerji tələbatının 35 ildən sonra 25% artacağını təxmin edirlər. Enerji tələbatının artmasının əsas səbəbləri böyük sənaye artımı və yanacaq və enerji ehtiyatlarının tükənməsidir. Üstəlik, çoxsaylı hesabatlar əhəlinin artması səbəbindən qlobal enerji tələbatının əhəmiyyətli dərəcədə artdığını göstərir. İstehlak olunan enerjinin ən azı 50% - i nəqliyyatda, sənayedə, fabriklərdə, mənzil sektorunda və bir çox digər fəaliyyət sahələrində istifadə olunur. Enerjiyə qənaət etmək və emissiyaları azaltmaq üçün yeni enerji istehsalı texnologiyalarına yönəlmək tələb olunur. Bərpa olunan enerji sistemlərinin maya dəyərinin azalması sayəsində kiçik sektorlar, xüsusən də mənzil tikintisi, elektrik enerjisi istehsalı üçün bərpa olunan enerji texnologiyalarından faydalana bilərik. Bununla birlikdə, müsbət nəticələr əldə etmək üçün bərpa olunan enerji texnologiyalarının inkişafı və saxlanması üçün çox şey göstərilməlidir. Müvafiq güc əldə etmək üçün bir neçə enerji mənbəyini birlikdə istifadəsi zəruriyyəti yaranır [1-4].



Şəkil 1. Hibrid enerji sisteminin struktur sxemi

Hibrid enerji sistemlərinin modelləşdirilməsi müxtəlif enerji mənbələrinin (məsələn, günəş, külək və dizel generatorları) və bu sistemin performansının birləşməsini optimallaşdırmağa yönəlmişdir. Modelləşdirmə prosesi enerji istehsalçısı, istehlakçısı və idarəetmə sistemləri arasındakı əlaqəni təhlil edir. Bu, sistemin enerji təchizatını, xərclərini və ətraf mühitə təsirini optimallaşdırmağa kömək edir. Simulyasiya üçün simulyasiya alqoritmləri və proqramları istifadə olunur. Hibrid sistemlərin səmərəliliyi və davamlılığı qiymətləndirilir ki, bu da sistemin uzunmüddətli məhsuldarlığını və iqtisadi səmərəliliyini artırmağa imkan verir.

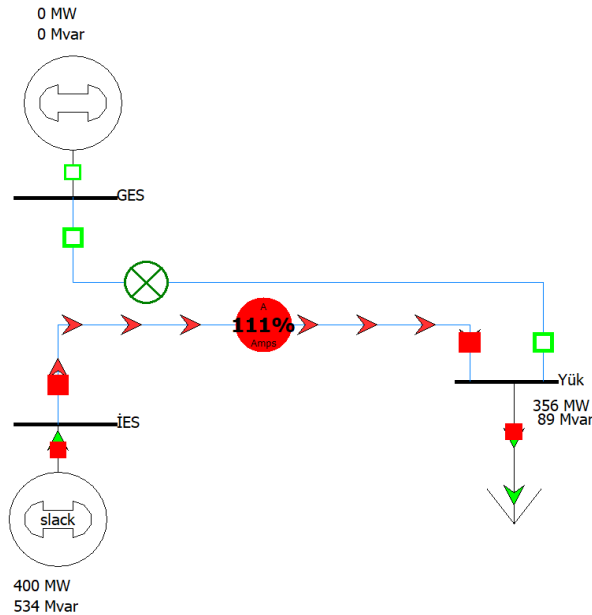
Modelləşdirmə. Hibrid sistemin modelləşdirilməsində PowerWorld proqram paketindən istifadə olunmuşdur. Simulyasiyada 2 mənbə 1 yük üçün sxem qurulmuşdur. Mənbələr günəş elektrik stansiyası, istilik elektrik stansiyası olaraq təyin edilmişdir.



Şəkil 2. Hibrid enerji sisteminin simulyasiya modeli

Sistemdə tələbatçı GES və İES-dən hibrid formada qidalanır. İES-in maksimal gücü 500 MVt, maksimal reaktiv gücü 150MVAR-dır. Günəş elektrik stansiyasının maksimal 50 MVt, maksimal reaktiv gücü 30MVAR-dır. İES 83 faiz, GES isə 71 faiz yüklənmişdir.

Yaşıl oxlar elektrik enerjisinin ötürülmə istiqamətini göstərir. "83 %" göstəricisi, müəyyən bir qovşaqlarda ya da xətdə olan cərəyanın maksimum yüklənməni göstərir. Modeldəki qırmızı kvadratlar elektrik qovşaqlarını təmsil edir. Şəbəkə enerji balansının təmin edilməsinə və yük tələbatının qarşılanmasına yönəlmişdir. Reaktiv güc kompensasiyası tələbini nəzərə alaraq, sistemdə gərginlik sabitliyinin qorunması əsas məqsədlərdən biridir. Model enerji sisteminin planlanması və analiz edilməsi üçün nəzərdə tutulmuşdur. Modeldəki hər bir qovşaq və xətt, enerji itkisini minimuma endirmək üçün optimallaşdırılıb. Şəbəkənin yük tələbinin yüksək olması, enerjinin ötürülməsi zamanı cərəyan sıxlığını artırır və istilik itkilərini nəzərə almağı tələb edir. Model, enerji axınına balanslaşdırmaq üçün avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemlərinin integrasiyasını nəzərdə tutur. Yük mərkəzi kritik bir qovşaqdır və burada enerji çatışmazlığı şəbəkənin digər hissələrini təsir edə bilər. Sistem, gələcəkdə enerji istehsalı və tələbat artımı ilə əlaqədar modernləşdirmə üçün əsas verir [3-8].



Şəkil 2. Sistemin sadəcə İES-lə simulyasiyası

Bu modeldə GES də qəza halında sistemin simulyasiyası nümayiş olunur. Şəbəkənin əsas yükü 356 MVt aktiv güc və 89 MVAR reaktiv güc istehlak edir. Bu, sistemin əsas enerji istehlak nöqtəsidir. 111 %-lik Enerji ötürmə xəttindəki qırmızı dairədə "111%" göstərilib. Bu, xəttin maksimum güc daşıma qabiliyyətini 11% aşdığını, yəni xəttin yükləndiyini və təhlükə yarada biləcəyini göstərir. Enerji axını qırmızı oxlarla göstərilib və İES-dən yük mərkəzinə doğru hərəkət edir. Bu, enerjinin tək mənbədən (İES-dən) təchiz olunduğunu göstərir. Reaktiv güc İES tərəfindən təmin edilir və yükün gərginlik tələblərini qarşılıyır. GES bu ssenaridə fəaliyyət göstərmədiyi üçün şəbəkənin tam yükü İES üzərinə düşür. GES-in fəaliyyətə keçməsi xəttin yüklənməsini azalda bilər. Bu simulasiya, GES olmadan İES-in yük tələbatını qarşılıyıb-qarşılamadığını və şəbəkədəki xətt yüklənməsinin təsirini göstərmək üçün istifadə olunub.

Nəticə. Bu məqalədə təqdim olunan hibrid enerji sistemi modeli, günəş elektrik stansiyası GES və İES arasında enerji təchizatının necə optimallaşdırılmasını və şəbəkə balansının qorunmasını göstərir. PowerWorld programında aparılan simulyasiya müxtəlif enerji mənbələrinin birləşməsinin şəbəkə yükü, enerji ötürülməsi və gərginlik sabitliyi üzərindəki təsirini təhlil etməyə imkan verir. Tədqiqatın nəticələri göstərdi ki, hibrid enerji sistemlərinin istifadəsi enerji istehsalında səmərəliliyi artırmaqla yanaşı, enerji təchizatının etibarlılığını da təmin edir. Günəş elektrik stansiyasının və istilik elektrik stansiyasının birlikdə işləməsi, şəbəkə yüklənməsini və enerji ötürülməsi zamanı yaranan istilik itkilərini minimuma endirir. Eyni zamanda, reaktiv gücün kompensasiyası və gərginlik sabitliyinin qorunması kimi məsələlər optimallaşdırılaraq, sistemin uzunmüddətli səmərəliliyini artırır. Simulyasiyalar həmçinin göstərir ki, yalnız İES ilə işləyən şəbəkə xəttində yük yüklənməsi və təhlükələr baş verə bilər. Nəticə olaraq, hibrid enerji sistemləri, gələcəkdə enerji istehsalının artması və ətraf mühitin qorunması baxımından əhəmiyyətli rol oynayacaq.

Ədəbiyyat

- [1] An, Y., Fang, W., Ming, B., Huang, Q., 2015. Theories and methodology of complementary hydro/photovoltaic operation: Applications to short-term scheduling. Journal of Renewable and Sustainable Energy 7, 063133. <https://doi.org/10.1063/1.4939056>
- [2] Beluco, A., de Souza, P.K., Krenzinger, A., 2008. A dimensionless index evaluating the time

- complementarity between solar and hydraulic energies. *Renewable Energy* 33, 2157–2165. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2008.01.019>
- [3] Fang, W., Huang, Q., Huang, S., Yang, J., Meng, E., Li, Y., 2017. Optimal sizing of utility-scale photovoltaic power generation complementarily operating with hydropower: A case study of the world's largest hydro-photovoltaic plant. *Energy Conversion and Management* 136, 161–172. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.01.012>
- [4] Haghi, E., 2024. Chapter Six - Techno-economic analysis of renewable power systems, in: Bansal, R.C., Justo, J.J., Mwasilu, F.A. (Eds.), *Modeling and Control Dynamics in Microgrid Systems with Renewable Energy Resources*. Academic Press, pp. 113–136. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90989-1.00006-3>
- [5] Jonasson, E., Lindberg, O., Lingfors, D., Temiz, I., 2023. Design of wind-solar hybrid power plant by minimizing need for energy storage, in: 7th International Hybrid Power Plants & Systems Workshop. Presented at the 7th International Hybrid Power Plants & Systems Workshop, Institution of Engineering and Technology, Hybrid Conference, Tórshavn, Faroe Islands, pp. 96–102. <https://doi.org/10.1049/icp.2023.1438>
- [6] Jurasz, J., Canales, F.A., Kies, A., Guezgouz, M., Beluco, A., 2020. A review on the complementarity of renewable energy sources: Concept, metrics, application and future research directions. *Solar Energy* 195, 703–724. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.11.087>
- [7] Li, F.-F., Qiu, J., 2016. Multi-objective optimization for integrated hydro–photovoltaic power system. *Applied Energy* 167, 377–384. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.09.018>
- [8] Lian, J., Zhang, Y., Ma, C., Yang, Y., Chaima, E., 2019. A review on recent sizing methodologies of hybrid renewable energy systems. *Energy Conversion and Management* 199, 112027. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.112027>

HYBRID POWER SYSTEM MODELING

Ahmadzada Y.R.

Abstract. The world is increasingly focused on using renewable energy to reduce the consumption of traditional energy sources, especially fossil fuels. In addition, the use of renewable energy reduces the environmental impact of conventional energy. For all these reasons, researchers are currently focusing on research that applies innovative methods to optimize existing renewable energy sources and make them more efficient. One of the proposed methods is hybrid systems. These systems are used in both residential and industrial sectors. Taking into account the characteristics of hybrid systems and their advantages over traditional energy systems, hybrid energy systems with different combinations have been analyzed. Thus, a hybrid energy system with one renewable (GES – Solar power plant) and one non-renewable (IES – Thermal power plant) energy source was modeled in the PowerWorld software package and corresponding simulations were carried out. As a result of the simulations, optimization of energy supply between stations and maintenance of network balance were shown.

Keywords: hybrid energy, PowerWorld, modeling, thermal power plant, solar power plant.



ELEKTRİK TƏCHİZAT SİSTEMLƏRİNDƏ NOMİNAL GƏRGİNLİKLƏRİN SEÇİLMƏ XÜSUSİYYƏTLƏRİ

Səfərova N.Z.

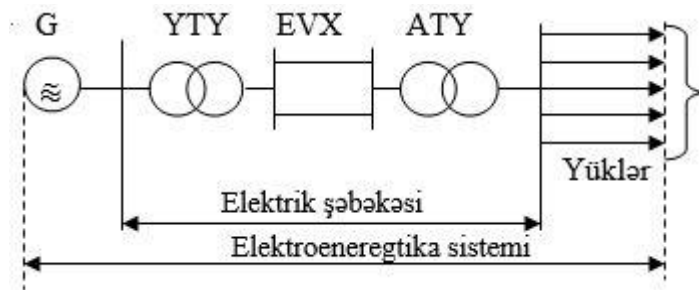
narmin.safarova@naa.edu.az

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Elektrik enerjisinin istehsal olunması, onun minimum itkilərlə müəyyən məsafə ilə tələbatçılara ötürülməsi hər zaman aktual problemlərdən hesab olunur. Ötürülən nominal gərginlik, beynəlxalq standart tələblərə uyğun olaraq generator tərəfindən hasil edilir. Daha dəqiq desək, ETS-nə daxil olan bütün tələbatçılar ilk növbədə nominal gərginliyə (bəzən ona bazis gərginlik deyirlər) əsasən seçilir. Ona görə də gərginliyin həddindən artıq nominaldan meyl etməsi yolverilməzdir və daim nəzarətdə saxlanılır. Təqdim olunan məqalə əsasən yüksək gərginliklər (YG) və onların standart tələblərdən meyl etməsinə səbəb olan amillər, YG hava elektrik veriliş xətlərinin (HEVX) xüsusiyyətlərinə həsr olunmuşdur. HEVX hesablanması və seçilməsi metodikaları araşdırılmışdır.

Açar sözlər: elektrik təchizat sistemləri, elektrik veriliş xətləri, hava elektrik ötürücü xətləri, orta gərginlik, yüksək gərginlik.

Giriş. Şəkil 1-dən göründüyü kimi elektrik enerji mənbəyi (generator-G) ilə tələbatçı yüklər aralığında elektrik şəbəkəsi mövcuddur. Burada yüksəldici transformator yarımstansiyası (YTY) ilə alçaldıcı transformator yarımstansiya (ATY) aralığında nominal gərginliyi ötürən elektrik veriliş xətləri (EVX) mövcuddur. Əsas məqsəd isə, tələbatçıların, keyfiyyət göstəricilərinə cavab verən uzun müddətli dayanıqlı enerji ilə təmin olunmasından ibarətdir. Qeyd etmək lazımdır ki, YG istənilən elektrik ötürücü xətlər ətrafında özünə məxsus təhlükəli zonalar yaradır. Təəssüf ki, bu məsələ dünyavi problem olaraq qalır, istər əhali və istərsə də qeyri əhali sektorunda maarifləndirmə işləri yetərincə aparılmır. YG-li EVX təhlükəli zonasında uzun müddət olmaq insan orqanizmində xərçəng və digər xəstəliklərin törənməsinə səbəb olur. Məhz bu səbəbdən yüksək gərginlikli HEVX hesablanması və seçilməsi metodikasının araşdırılması vacibdir.



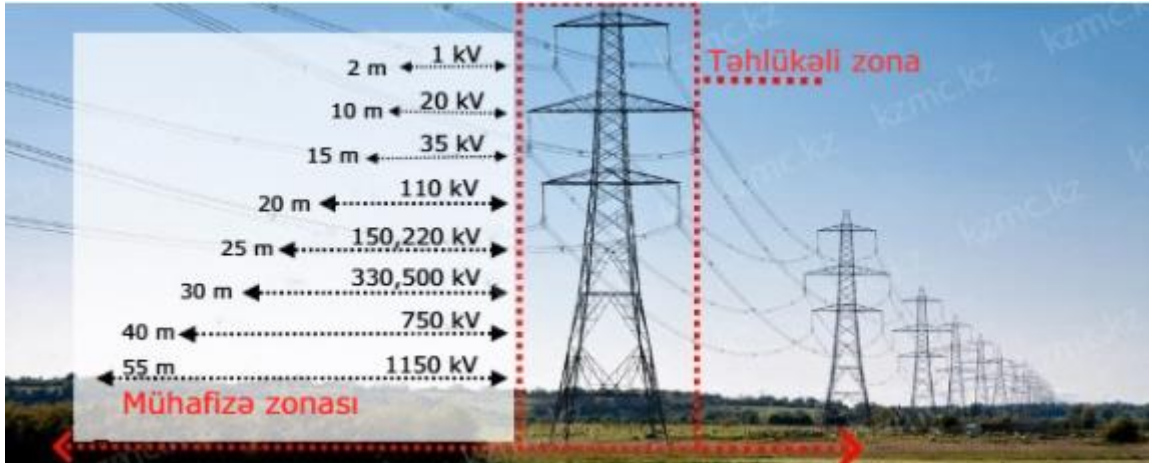
Şəkil 1. Elektroenergetik sistemin struktur sxemi

Digər tərəfdən, HEVX ətraf mühitin müxtəlif təsirlərinə məruz qalır, məsələn;

- ətraf mühitin istilik və ya soyuq (sır-sıra və ya buz bağlama) temperaturdan olan təsir,
- ətraf mühitin kimyəvi aşındırıcı maddələrdən olan təsiri, məs. kimyaçılar şəhəri Sumqayıtdan keçən HEVX-nin tras xətti xüsusi olaraq nəzərə alınmalıdır.
- fazalar arası və yaxud hər bir faza ilə yer arasında olan məsafələrin, tutum keçiriciliklərinin kritik olmasından yaranan tac boşalmaları və s...r digər mexaniki (külək, qar...) təsirlər. Məsələn

ölkəmizdə işğaldan azad olunmuş ərazilərdə, Şuşa, Laçın, Kəlbəcər, Naxçıvan və s...) bəzi çətinliklər yaranmışdır.

Şəkil 2-dən göründüyü kimi nominal gərginlikdən asılı olaraq, hava elektrik ötürücü xətlərin dayaqlarda yerləşdirilməsi elektrik qurğularının quraşdırılma qaydalarına (EQQQ) əsasən icra olunmalıdır.



Şəkil 2. YG-li hava elektrik ötürücü xəttin nominal gərginliyə görə təhlükəli mühafizə zonası

Təqdim olunan mövzu üzrə tədqiqata daxil olan ilkin texniki şərtlər nominal gərginlikli şəbəkənin əsas parametri, generator-transformator-xətt, yarımstansiya, kommutasiya aparatlarının EQQQ əsasən qabarit ölçüləri aid edilmişdir. YG yarımstansiyalardan paylayıcı şəbəkələrin qida mərkəzlərinə ötürülməsi və həm də böyük gücə malik sənaye müəssisələrinin layihələndirilməsi zamanı müasir iqtisadi inkişaf planı geniş tətbiq edilir. İlk olaraq tədqiq olunan şəbəkənin nominal gərginliyini seçərkən ötürülən güc və xəttin uzunluğu ilə əlaqəsi nəzərə alınır: $U_{nom} = f(P, L)$, Bu əlaqəni müəyyən edən müxtəlif empirik (təcrübədən alınan) düsturlar vardır. Bu düsturlardan bəziləri aşağıda verilir.

1) Zalesski düsturu

$$U_{nom} = \sqrt{P(0,1 + 0,016\sqrt{L})} \quad (1)$$

Burada L - xəttin uzunluğu, km; P ötürülən güc, kVt. Bu düsturdan $L \leq 1000$ km və $P > 60$ MVt olduqda istifadə edilir.

2) İllarionov düsturu

$$U_{nom} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{L} + \frac{2500}{P}}} \quad (2)$$

$$U_{nom} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{65} + \frac{2500}{40}}} = 119,33 \text{ kV} \quad (3)$$

Burada L- km ilə, P-MVt ilə ifadə olunmalıdır.

3) Şnell düsturu:

$$U_{nom} = 62 \cdot \sqrt[3]{\frac{PL}{L+750}} \quad (4)$$

Sibir üçün:

$$U_{nom} = 55 \cdot \sqrt[3]{\frac{PL}{L+750}} \quad (5)$$

Burada L- km ilə, P- MVt ilə ifadə olunmalıdır.

4) Still düsturu

$$U_{nom} = 4,34 \cdot \sqrt{L + 16 \cdot P} \quad (6)$$

$$U_{nom} = 4,34 \cdot \sqrt{65 + 16 \cdot 40} = 115,227 kV \quad (7)$$

burada L- xəttin uzunluğu, km; P - ötürülən güc, kVt. Bu düsturdan $L \leq 250$ km və $P \leq 60$ MVt olduqda istifadə edilir.

Alınan gərginlik qeyri-standart qiymət olduğundan şəbəkənin gərginliyini 110 kV götürürük. EVX-nin en kəsiyi müxtəlif üsullarla seçilə bilər: iqtisadi cərəyan sıxlığı üsulu, iqtisadi intervallar üsulu, gərginlik itkisi üsulu və s.

HEVX-n en kəsiyi məlum iqtisadi cərəyan sıxlığına görə seçilir. Övvəlcə xətdən axan maksimal cərəyan hesablanır:

$$I_{max} = \frac{P_{max}}{\sqrt{3} \cos \varphi \cdot U_{nom}} = \frac{S_{max}}{\sqrt{3} \cdot U_{nom}} \quad (8)$$

Sonra isə xəttin iqtisadi en kəsiyi hesablanır:

$$F_{iq} = \frac{I_{max}}{n \cdot j_{iq}} \quad (9)$$

burada n-EVX-nin dövrələr sayı; j_{iq} – iqtisadi cərəyan sıxlığı olub , naqilin materialından (alüminium, mis) və maksimal yükləndirilmə saatlarının sayından asılı olaraq sorğu cədvəllərindən seçilir, $j_{iq} = 1,1 A/mm^2$ ilə ifadə olunur. Alınan qiymətə yaxın standart en kəsik qəbul edilir $F \geq F_{iq}$ şərti ödənməlidir.

Seçilmiş en kəsik aşağıdakı bərabərsizliklə qızma şərtinə görə yoxlanılır:

$$I_{max} \leq I_{bb} \quad (10)$$

I_{bb} - standart en kəsikli məftilin buraxıla bilən cərəyanıdır.

Alüminium məftillərin korroziyadan mühafizəsi üçün məftilin naqilləri arasındakı fəzalar neytral antikorroziya yağı ilə doldurulur. Korroziyadan mühafizə olunan ACKC, ACK və ACKP markalı polad-alüminium məftillər buraxılır. Hava xətlərinin ildırımından mühafizəsi üçün $35 \dots 70 \text{ mm}^2$ en kəsikli polad kanatlar və ya AC35/35 və AC50/50 markalı polad-alüminium məftillər istifadə olunur. Konstruktiv quruluşuna görə məftillər bir və çoxnaqilli olurlar. Çoxnaqilli məftil monometallik (alüminium) və kombinə olunmuş (polad-alüminium) olurlar. AC markalı kombinə olunmuş polad-alüminium məftillər 1 kV-dan yuxarı gərginliklərdə geniş tətbiq olunurlar. Onlar bir və ya çoxnaqilli polad nüvədən və xarici alüminium dolamalardan ibarətdir. Məftilin lazımi cərəyan keçiricilik qabiliyyəti xarici alüminium dolamaları, mexaniki möhkəmliyi isə polad nüvə naqilləri ilə təmin edilir. Baxılan hal üçün məftillərin en kəsiyini seçirik.

Nəticə. Mövcud müasir ədəbiyyatlar və internet mənbəyi üzərindən aparılmış axtarışlar nəticəsində belə qənaətə gəlmək olur ki, yüksək gərginlikli elektroenergetik sistemlərdə HEVX nominal gərginliyi tələbatçılara ötürən yeganə və ən vacib şəbəkə elementlərindən biridir. Daha dəqiq desək standart gərginliyə uyğun hər hansı gərginliyin nominaldan meyl etməsi məhz HEVX-nin mexaniki hissəsi olan dayaq, izolyatorlar, reaktorlar, ildırım örtücülər və digər köməkçi vasitələrlə bir yerdə kompleks şəkildə layihələndirilib istismar edilir. Məlum olduğu kimi HEVX-in başlanğıc nöqtəsi ilə son tələbatçılara qədər $\pm 10\%$ məcburi gərginlik itkiləri normal qəbul edilmişdir. HEVX istismar zamanı ətraf mühitin bir çox müxtəlif təsirlərinə (istilik, soyuq-şaxta-buz bağlama, külək, kimyəvi və s.) məruz qalır. Lakin gərginliyin göstərilən nominaldan artıq meyl etməsi yol verilməzdir, izafi dəyərlər hesablanır. Bütün bunları nəzərə alaraq mövcud nominal gərginliyin uzun müddət və dayanıqlı iş rejimini təmin etmək üçün EVX-n layihə şərtləri həmin ərazinin ətraf mühitinin coğrafiyasına uyğun olaraq kompleks formada baxılması təklif olunur.

Ədəbiyyat

- [1] “Yüksək gərginlikli elektrik şəbəkələrinin aktiv güc itkilərinin normativ xarakteristikalarının hesablanması” proqramı “EETS -NX”. Azərbaycan Respublikası Müəllif Hüquqları Agentliyi. 2018.
- [2] T.C. EPDK, “Elektrik İletim Sistemi Arz Güvenilirliđi ve Kalitesi Yönetmeliđinde Deđişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik”, Resmi Gazete, Sayı: 26398, 09.01.2017.
- [3] Ə.B. Balametov, E.D.Xəlilov., BayramovM.P. “Hava xətti məftilinin tempera-turunun meteoroloji təsirlərdənvə yükündən asılı olaraq təyin edilməsi” proqramı “EETS–HX-TEMP”. Azərbaycan Respublikası Müəllif Hüquqları Agentliyi. Əsərin qeydiyyatı haqqında Şəhadatnamə № 7806, qeydiyyat nömrəsi 01/C-7290-14, qeydiyyat tarixi 05.02.2014, 3 səh.
- [4] Ə.B. Balametov, E.D. Xəlilov. Enerjisistemin gərginliyi 110-500 kV olan elektrik şəbəkələrində elektrik enerjisinin nəqlinə sərf olunan texnoloji sərfin hesablanması proqram təminatı “EETS 110-500”. Azərbaycan Respublikası Müəllif Hüquqları Agentliyi. Əsərin qeydiyyatı haqqında Şəhadatnamə № 7347, qeydiyyat nömrəsi 01/C-6601-12, qeydiyyat tarixi 01.11.2014.

CHARACTERISTICS OF SELECTING NOMINAL VOLTAGES IN ELECTRICAL SUPPLY SYSTEMS

Safarova N.Z.

Abstract. The production of electric energy and its transmission to a certain distance (to consumers) with minimal losses are always considered to be urgent problems. As can be seen from Figure 1, there is an electric network between the electric energy source (generator-G) and the consumer loads. Here, there are power transmission lines (EVX) transmitting nominal voltage between the step-up transformer substation (YTY) and the step-down transformer substation (ATY). The main goal is to provide consumers with long-term stable energy with quality indicators.

Keywords: power transmission lines, electrical installation regulations, overhead power transmission lines, medium voltage, low voltage, high voltage, extra high voltage, ultra-high voltage.



РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО МАКЕТА НА ОСНОВЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА

Джабаров Р.Р.

rasimcabarov21@mail.ru

Национальная Академия Авиации, Азербайджан

Аннотация. Статья рассматривает использование однокристальных микроконтроллеров (ОМК) семейства AVR и PIC для автоматизации процессов. Эти микроконтроллеры, интегрирующие ядро, память и периферийные устройства, обеспечивают низкое электропотребление и высокую надежность. Представлен лабораторный макет на основе PIC16F84, демонстрирующий работу с кнопками, светодиодами и звуковыми устройствами.

Ключевые слова: однокристальный микроконтроллер, автоматизация, AVR, PIC, встраиваемые системы.

Введение. Современные достижения в области микроэлектроники позволяют создавать интегральные схемы (БИС), которые на одном кристалле объединяют множество функциональных блоков. В таких устройствах могут быть реализованы не только вычислительное ядро (АЛУ), устройства управления (УУ), регистры общего назначения (РОН), но и память различных типов (ОЗУ, ПЗУ), порты ввода-вывода, таймеры и другие периферийные устройства. Однако, несмотря на такую компактность, важным ограничением этих систем является ограниченная емкость памяти на кристалле, что предопределяет использование таких устройств в качестве однокристальных микроконтроллеров (ОМК). Эти устройства ориентированы на управление и обработку сигналов в автоматизированных системах, что делает их оптимальными для применения в различных областях, таких как автоматизация технологического оборудования, бытовая техника и другие компактные системы.

Сравнение семейств микроконтроллеров. В ранней стадии развития микроконтроллеров в Советском Союзе использовались однокристальные устройства серии КР8148ВЕ4, КР8148ВЕ49, КР1820ВЕ4, К145ИК, а также различные модификации микроконтроллеров КМ1816ВЕ. Эти микроконтроллеры использовались в различных системах, однако они имели ряд ограничений, главным из которых была невозможность изменения программного кода. Это ограничение существенно сужало область применения этих устройств, так как системы, использующие такие микроконтроллеры, были фиксированы в своих функциях и не могли адаптироваться к изменениям условий работы.

С 1996 года компания Atmel начала выпускать семейство микроконтроллеров AVR, которое быстро завоевало популярность благодаря своей высокой производительности и универсальности. Эти устройства построены на архитектуре RISC и оснащены встроенной Flash-памятью для хранения программ, что позволило значительно улучшить гибкость применения. Микроконтроллеры AVR могут быть использованы как для простых, так и для более сложных встраиваемых систем, таких как системы автоматизации, устройства управления и управления данными.

Семейства микроконтроллеров AVR включают несколько версий:

- **tinyAVR:** Микроконтроллеры с флеш-памятью до 16 Кб, SRAM до 512 Б и EEPROM до 512 Б. Они имеют от 4 до 18 линий ввода-вывода и ограниченный набор периферийных устройств. Эти устройства идеально подходят для простых встраиваемых систем с ограниченными требованиями.

- **megaAVR:** более мощные микроконтроллеры с флеш-памятью до 256 Кб, SRAM до 8 Кб и EEPROM до 4 Кб. Эти устройства поддерживают до 86 линий ввода-вывода и имеют аппаратный умножитель, что делает их более подходящими для более сложных задач.
- **XMEGA AVR:** это более производительные микроконтроллеры с флеш-памятью до 384 Кб и SRAM до 32 Кб. Они оснащены четырехканальным DMA-контроллером и предлагают расширенные возможности для высокоскоростных операций.
- **AVR32:** 32-разрядные микроконтроллеры, которые предлагают еще большую производительность для более сложных приложений.

Микроконтроллеры AVR обладают встроенными периферийными устройствами, такими как таймеры, интерфейсы ввода-вывода, преобразователи аналогового сигнала и другие элементы, что делает их идеальными для создания многофункциональных встраиваемых систем.

Микроконтроллеры семейства PIC, произведенные компанией Microchip, также активно используются в различных областях электроники благодаря своей высокоэффективной RISC-архитектуре и низкому потреблению энергии. Микроконтроллеры PIC имеют широкий спектр применения благодаря своей низкой стоимости, высокой производительности и функциональной завершенности. Они также обладают гибкой системой программирования, что делает их очень удобными для использования в устройствах с разнообразными требованиями.

Семейства микроконтроллеров PIC включают:

- **PIC12CXXX и PIC16CXXX:** Эти устройства имеют встроенное ПЗУ команд объемом от 0,5 до 4 Кслов (разрядность слова команд равна 12 – 14 бит) и могут работать при напряжении от 2 до 6 В, что дает им отличную гибкость в различных приложениях.
- **PIC18CXXX:** это более мощные устройства с расширенными возможностями и большим количеством периферийных устройств, что позволяет использовать их для более сложных встраиваемых систем.

Лабораторный макет на основе микроконтроллера PIC16F84

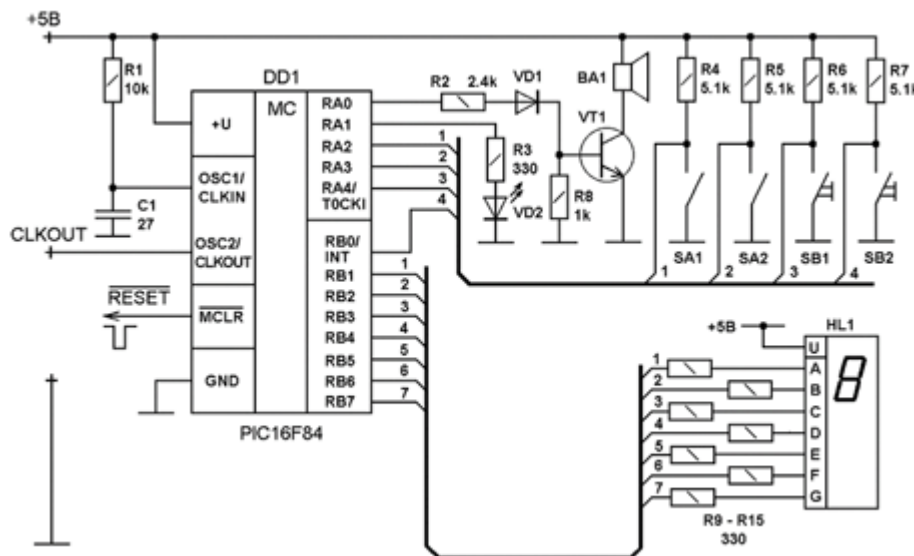


Рисунок 1. Схема лабораторного макета

В рамках исследования был разработан лабораторный макет, использующий микроконтроллер PIC16F84. Этот макет является простым, но наглядным примером применения микроконтроллеров в реальных задачах автоматизации. Макет питается от стабилизированного источника напряжения +5 В и использует RC-цепь для задания тактовой частоты около 2 МГц.

На порт RA0 подключен биполярный транзистор, который управляет динамиком, создавая звуковые сигналы, а порт RA1 используется для управления светодиодом, который загорается при высоком уровне сигнала на выходе. Тумблеры SA1 и SA2, а также кнопки SB1 и SB2 соединены с линиями RA2 и RA3 порта А, а также с линиями RA4 порта А и RB0 порта В. В начальном положении кнопки находятся в разомкнутом состоянии, что приводит к подаче на соответствующие входы МК сигнала высокого уровня. Кнопки и тумблеры, подключенные к различным портам микроконтроллера и это дает нам возможность управлять состоянием системы, а светодиодный индикатор отображает результаты работы.

Линии RB1 – RB7 порта В управляют семисегментным индикатором HL1 с общим анодом. Свечение сегментов индикатора происходит при низком уровне сигнала на соответствующих выходах порта В. Также макет включает средства программирования и подключения к компьютеру, которые не отображены на схеме.

Макет выполняет функции считывания состояние кнопок SB1 и SB2 и выводит это состояние на светодиодный индикатор, контроль состояния тумблеров макета, формирование различных временных задержек и выдача сигнала определенной длительности и частоты следования, также исключение «дребезга» программными способами.

Заключение. Использование однокристальных микроконтроллеров, таких как AVR и PIC, значительно упрощает проектирование встраиваемых систем, позволяя создавать компактные, надежные и энергоэффективные устройства для широкого спектра приложений. Эти микроконтроллеры обладают высокими характеристиками производительности, гибкостью в программировании и низким энергопотреблением, что делает их идеальными для использования в автоматизации, управлении технологическим оборудованием, а также в бытовых устройствах и образовательных проектах.

Литература

- [1] Баев Б.П. Микропроцессорные системы бытовой техники. Учебник для вузов. - М.: Горячая линия- Телеком, 2005
- [2] Кочегаров И.И. Микроконтроллеры семейства AVR. Лабораторный практикум. Изд-во Пенза, 2012.
- [3] Майкл Предко. Справочник по PIC-микроконтроллерам: Пер. с англ.- М.: ДМК Пресс, 2004.

DEVELOPMENT OF AN MC DEVICE FOR PERFORMING AND DEMONSTRATING TRAINING TASKS

Jabarov R.R.

Abstract. This article discusses the use of single-chip microcontrollers (SCMs) from the AVR and PIC families for process automation. These microcontrollers, which integrate core, memory and peripherals, provide low power consumption and high reliability. A laboratory layout based on the PIC16F84 is also presented, demonstrating operation with buttons, LEDs and sound devices.

Keywords: single-chip microcontroller, automation, AVR, PIC, embedded systems.

BÖLMƏ 5. AEROKOSMİK MONİTORİNG VƏ METEOROLOGİYA

**NEFT HASILATI SAHƏLƏRİNİN ÇİRLƏNMƏSİNİN
QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ ÜÇÜN GEOİNFÖRMASIYA VƏ KOSMİK
TEKNOLOGİYALARIN TƏTBİQİ**

Babaşova H.Ə., İsmətova X.R.

babashovahecer@gmail.com

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Neft yataqlarında neftlə çirklənmənin monitorinqi probleminin həlli üçün geoinformasiya və aerokosmik texnologiyaların inteqrasiyasının üstünlükləri göstərilir. Bu məqalədə neft yataqlarında neft və neft hasilatı zamanı tullantılarla torpağın çirklənməsinin monitorinqi və xəritələşdirilməsi üçün peyk və əlaqədar yerüstü məlumatların təhlili üçün metodoloji sxemin seçilməsi üçün tədqiqat aparılmışdır.

Açar sözlər: neftlə çirklənmə, torpağın çirklənməsinin monitorinqi, geoinformasiya və aerokosmik texnologiyalar

Giriş. Kosmik və geoinformasiya texnologiyaları təbii və antropogen ekosistemlərin ekoloji vəziyyətinin təhlili üçün geniş imkanlar yaradır. Ətraf mühitin çirklənməsinə ən çox həssas olan ərazilərdən biri quruda və dənizdəki neft yataqlarıdır. Quruda və dənizdə neftin çirklənməsinin və neft hasilatı tullantılarının monitorinqi üçün kosmik texnologiyaların üstünlüyü onların mövcudluğu günün və ya ilin istənilən vaxtında çəkilişi, habelə real vaxt rejimində peyk məlumatlarının emalı üçün mövcud müasir texnologiyalardır. Bu məqalə müxtəlif üsullar əsasında peyk məlumatlarının emalının ardıcıl mərhələlərini araşdırır. Tədqiq olunan ərazidə emal nəticələrinin şərhı və neftin çirklənməsinin və neft hasilatı tullantılarının xəritələşdirilməsi geoinformasiya texnologiyalarının analiz alətlərindən istifadə etməklə həyata keçirilir [1,2]. Bu məqalədə neft yataqlarında neft və neft hasilatı zamanı tullantılarla torpağın çirklənməsinin monitorinqi və xəritələşdirilməsi üçün peyk və əlaqədar yerüstü məlumatların təhlili üçün metodoloji sxemin seçilməsi üçün tədqiqat aparılmışdır.

Metodlar. Tədqiqatın aparılması üçün ilkin məlumatlar bunlardır:

1. Kartografiya məlumatı: 1:10000 miqyaslı topoqrafik xəritə; 1:100000 miqyaslı torpaq növləri xəritəsi;
2. AZERSKY peykindən kosmik təsvir (fəza ayırdetmə qabiliyyəti 1,5 m, spektral 4 m spektral kanal (RGB, NIR).

Tədqiqatın məqsədi: Abşeron yarımadasındakı "Balaxanı neft" neft yatağının nümunəsindən istifadə etməklə torpağın çirklənmə dərəcəsini qiymətləndirmək və xəritələşdirməkdir. Məlumatların emalı ArcGIS 10.4.1 GIS proqram kompleksi və məsafədən zondlama məlumatlarının işlənməsi üsulları ilə aparılmışdır.

Kosmik təsvirin emalı mərhələlərlə həyata keçirilirdi: ilkin, tematik emalı və emal nəticələrinin şərhı [1,2,3]. Məlumatların emalı və təhlilinin bütün mərhələləri ArcGIS 10.4.1 proqram paketindən istifadə etməklə həyata keçirilib.

İlkin emal mərhələsində indeks təsvirlərinin hesablanması üsullarından istifadə edilmiş, yəni NDVI və NDWI indeksləri hesablanmış, kartografik məlumatların təhlili əsasında rəqəmsal Məlumat Bazası yaradılmışdır. Məlumat bazasına tədqiq olunan neft yatağının ümumi ərazisinin vektor təbəqəsi və neft quyuları üzrə arxiv məlumatları daxildir.

Nəticə və müzakirələr.

Mərhələ 1.

1. Hazırlıq proseduru:

Məlumatlar bazasında biz “Balaxanı neft” neft yatağının yaradılmış konturunu və tədqiq olunan ərazinin AZERSKY peykindən kosmik təsviri qeyd edirik. AZERSKY kosmik təsviri (2019, 1,5 m, 4 spektral kanal) CİS-ə daxil edilib. “Balaxanı neft” neft mədən konturunun faylı - balaxani.shp, eləcə də neft quyuları üzrə arxivləşdirilmiş məlumatların şəp faylı da daxil edilir.

2. Birinci prosedur Balaxanı neft yatağının konturunda ümumi təsvirdən təsvirin bir hissəsinin kəsilməsidir (şəkil 1, 2).



Şəkil 1. Balaxanı neft yatağının peyk təsviri və konturları"



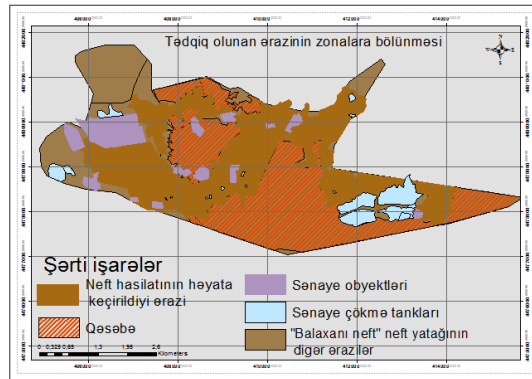
Şəkil 2. Ümumi şəkildən kəsilmiş "Balaxanı neft" neft yatağının kosmik təsviri

Mərhələ 2. Kosmik təsvirin vizual təhlili və tədqiqat sahəsinin zonalara təsnifatı.

Kosmik təsvirin vizual təhlilinin nəticələrinə əsasən tədqiq olunan neft yatağının ərazisində aşağıdakı zonalar müəyyən edilmişdir:

1. Qəsəbələr;
2. Neft hasilatının aktiv şəkildə həyata keçirildiyi ərazi;
3. Boş torpaqlar;
4. Çöküntü çənlərinin və su obyektlərinin yerləşdiyi ərazi;
5. İstehsal müəssisələri.

CİS alətlərindən istifadə etməklə vektorlaşdırma aparılıb və ərazinin seçilmiş zonalara bölünməsi xəritəsi yaradılıb (şəkil 3).



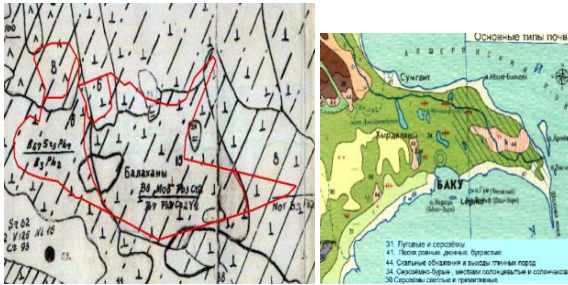
Şəkil 3. Neft yatağı ərazisinin zonalara bölünməsi xəritəsi

Mərhələ 3. İkinci mərhələnin nəticələrinə əsasən yaşayış məntəqələrinin yerləşdiyi zona baxılmaqdan çıxarılıb. Torpağın çirklənməsinin tədqiqi əsasən neft hasilatı, sənaye müəssisələri və çökmə hovuzları sahəsində aparılacaqdır [1,2,3].

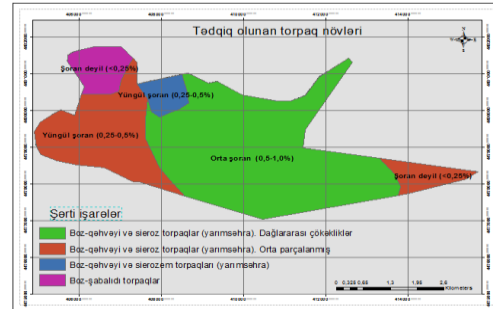
Üçüncü mərhələdə kosmik təsvirin və yerüstü məlumatların ilkin emalı proseduru həyata keçirilib.

1. Torpaq və kartoqrafik məlumatlar əsasında torpaq növlərinin xəritəsinin yaradılması.

Torpaq məlumatlarına əsaslanan torpaq tipli xəritə yaratmaq üçün mövcud kağız xəritələrdən istifadə edilir və skanerlər vasitəsilə rəqəmsallaşdırılır. Rəqəmləşdirilmiş xəritələr əvvəlcə "Georeferencing" alətindən istifadə edərək verilmiş kartoqrafik proyeksiyaya çevrilir: UTM, WGS84, zona 39N. Daha sonra torpaq növlərinin ümumi xəritəsindən öyrənilən ərazi üçün xəritənin bir fragmenti kəsilir (şəkil 4) və ərazinin torpaq növlərinə görə bölünməsinin konturları vektorlaşdırılır (şəkil 5).



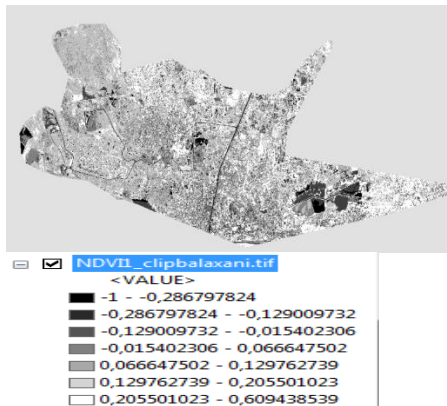
Şəkil 4. Yerüstü kartoqrafik məlumat



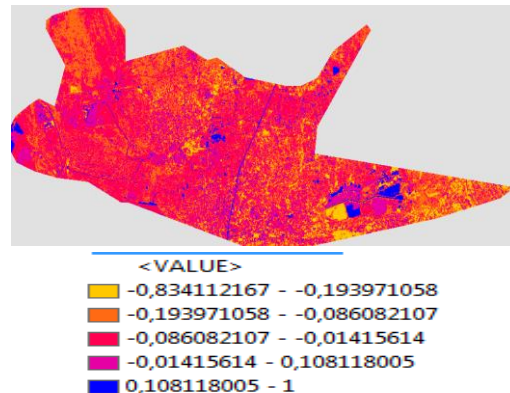
Şəkil 5. Yer məlumatlarının təhlilinə əsaslanan xəritə

2. Kosmik təsvirlərin ilkin işlənməsi üsulları:

İmage Analysis alətindən istifadə edərək bitki örtüyünün indekslərinin hesablanması proseduru həyata keçirilir: NDVI və NDWI hesablanması (şəkil 6,7).



Şəkil 6. NDVI üçün indeks təsviri və şərti işarələr



Şəkil 7. NDWI üçün indeks təsviri və şərti işarələr

Şəkil 6-da NDVI indeksi dəyərlərinə əsaslanaraq, nəticədə yaranan indeks şəklini belə şərh etmək olar: tədqiq olunan ərazidə bitki örtüyünün praktiki olaraq yoxluğu mövcuddur ki, bu da yalnız məskunlaşan ərazilərdə və bataqlıq ərazilərdə rast gəlinir. NDWI indeksin dəyərləri -1 ilə 1 arasında dəyişir. Suyun 0-dan böyük dəyərləri var. Beləliklə, Şəkil 7-də 0,1-dən 1-ə qədər olan dəyərlər su və ya quruyan obyektlərdir (Şəkil 6 bunlar göy rəngli sahələrdir).

Yerüstü məlumatların ilkin emalı və təhlilinin nəticələri tematik emalın nəticələrini daha da şərh etməyə imkan verir.

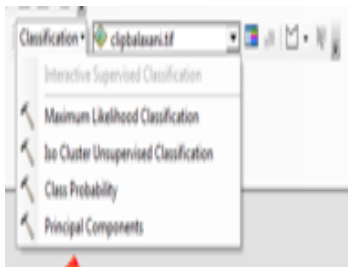
Mərhələ 4. Tematik emal.

Tematik emal ideyası təsvirdə öyrənilən obyektləri spektral parlaqlıq dəyərlərinə görə təsnif etmək və təsnifat nəticələrini şərh etməkdir. Sonra obyektiv şərh edildikdən sonra qarşıya qoyulan vəzifəyə uyğun ərazinin xəritəsi tərtib edilir, bizim vəziyyətimizdə neftlə çirklənmiş torpaqların və neft hasilatının tullantılarının qiymətləndirilməsidir [1,2,3];

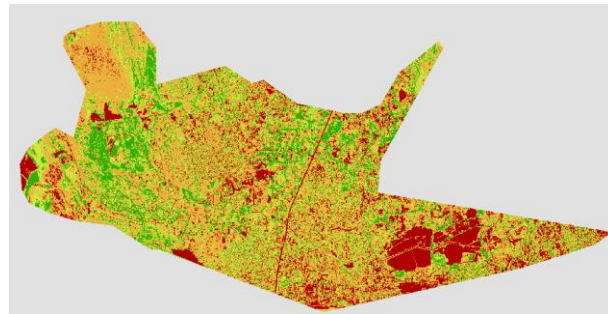
Tematik emal iki təsnifat üsulu ilə həyata keçirilir: nəzarət olunan və nəzarətsiz təsnifat.

1. Nəzarətsiz təsnifat nəzarət edilən təsnifat proseduru üçün istinad homogen fraqmentlərinin seçilməsini dəstəkləmək üçün istifadə olunur. CİS-də "Təsnifat" modulu tematik emal üçün istifadə olunur (şəkil 8). Nəzarətsiz təsnifatı həyata keçirmək üçün biz İSODATA alqoritmini seçirik, nəticə Şəkil 9-da göstərilmişdir.

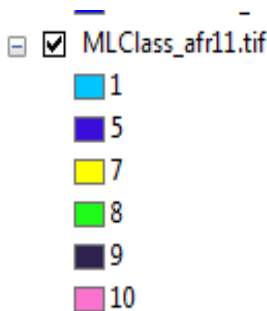
2. Nəzarətsiz təsnifat nəticəsində təsvir aydın şəkildə yeddi bərabər bölgəyə bölünür, onlardan nəzarət edilən təsnifat üçün istinad təlim fraqmentləri seçilir. Şəkil 11 alqoritmədən istifadə etməklə nəzarət edilən təsnifatın nəticəsini göstərir: Maksimum Ehtimal Təsnifatı. İdarə olunan təsnifata görə, təsvir 1,3,7,8,9,10 rəqəmləri ilə altı sinfə bölünür (şəkil 10).



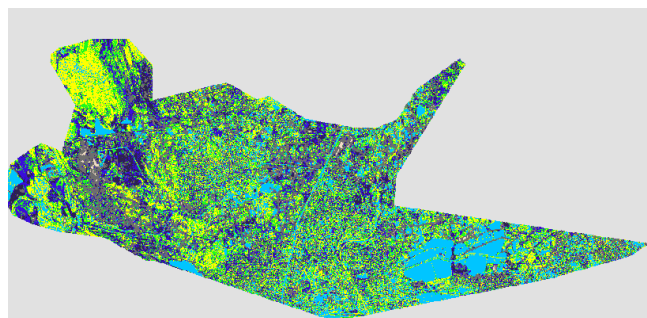
Şəkil 8. GIS-də təsnifat modulu



Şəkil 9. Nəzarətsiz təsnifatın nəticəsi

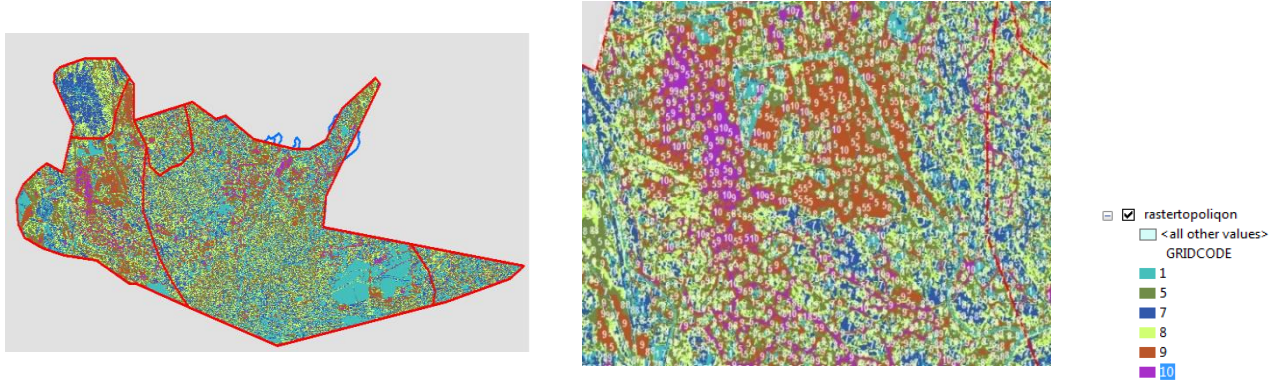


Şəkil 10. Nəzarət edilən təsnifat üçün şərti işarələr



Şəkil 11. Nəzarət olunan təsnifatın nəticəsi, şəkil 6 sinifə bölünür

3. CİS-də Raster to Polygon alətindən istifadə etməklə biz təsnifləşdirilmiş təsviri (şəkil 12) vektor formatına shp faylı şəklində çeviririk, burada konturlar sinif nömrəsi ilə öz identifikasiya kodunu alır (şəkil 12).



Şəkil 12. Raster to Poliqon prosedurunun nəticəsi

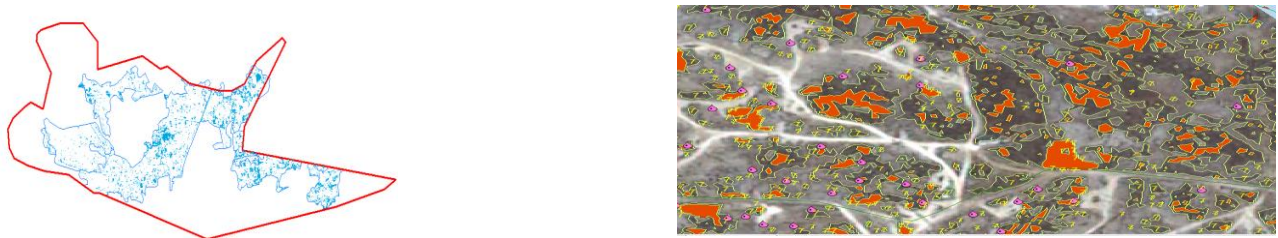
Mərhələ 5. Təsnifat nəticələrinin təhlili və şərh

Bu mərhələdə yerüstü məlumatların toplusu və ilkin emalın nəticələri əsasında seçilmiş hər bir sinfin təhlili aparılır. Bu məqsədlə siniflərin ümumi siyahısından bir sinif seçilir və verilənlər toplusu əsasında ona informasiya sinfinin adını təyin etmək üçün təhlil edilir.

Nümunə kimi 1 nömrəli sinifdən istifadə edərək, onu çox güclü yağlanmış torpaqlar sinfi kimi şərh etməyin bir yolunu göstərəcəyik: orijinal təsvirdə 1 nömrənin altındakı konturları üst-üstə saldıqda görmək olar ki, çox güclü çirklənmiş torpaqlar neft quyularının yaxınlığında yerləşir (şəkil 13-də çəhrayı işarə ilə qeyd olunur) və açıq şəkildə neft hasilatı zamanı bu ərazi həm neftlə, həm də yanacaqqla çirklənir. neft nasosunun işindən yağ (şəkil 13). Qalan altı sinif eyni şəkildə şərh ediləcək (nümunə şəkil 14).

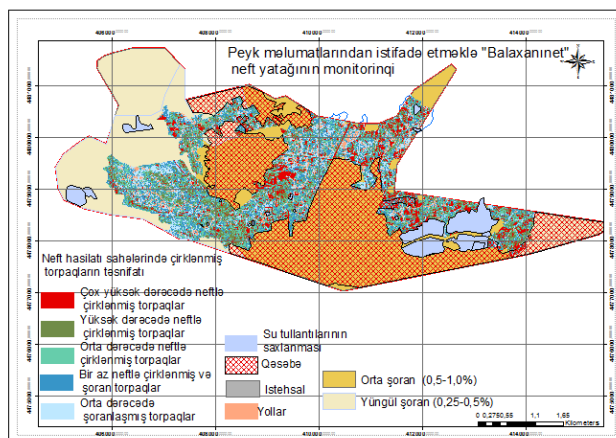


Şəkil 13. Solda neft hasilatı aparılan ərazinin konturları və 1-ci sinfin konturları göstərilir. Kosmik təsvirin sağ tərəfində 1-ci sinif konturları və neft quyularının yerləşdiyi nöqtələr göstərilir.



Şəkil 14. Solda 7-ci sinfin konturları, şəkildəki sağda iki sinif göstərilir: sinif 1 - narıncı rəng və 7 sinif yaşıl konturda göstərilmişdir - çox çirklənmiş torpaqlar (yaşıl kontur) ərazi olaraq 1-ci sinifdən sonra yerləşir (çox neftlə çirklənmiş torpaqlarda)

Bütün sinifləri şərh etdikdən sonra Balaxanı neft yatağında neft hasilatı aparılan ərazinin çirklənməsinin yekun xəritəsi tərtib edilir (şəkil 15).



Şəkil 15. Balaxanı neft yatağında neft hasilatı ilə çirklənmiş sahələrin qiymətləndirilməsi üçün yekun xəritə

Təkliflər. Hazırda müxtəlif ekstremal vəziyyətlərin monitorinqi üçün kosmik və geoinformasiya texnologiyalarından istifadə perspektivli və aktualdır və onların istifadəsi quruda və dənizdə neft dağılmalarının monitorinqi üçün xüsusilə vacibdir. Bu halda real vaxt rejimində peyk və digər məkan məlumatlarının emalı üçün üsul və vasitələrin işlənilib hazırlanması heç də az aktual deyil. Bu məqalədə bir neft yatağının nümunəsində torpağın neftlə və neft hasilatı tullantıları ilə çirklənməsini qiymətləndirmək üçün ardıcıl və mərhələli şəkildə tətbiq olunan peyk məlumatlarının emalı, təhlili və şərhinin müxtəlif üsul və vasitələri araşdırılır.

Ədəbiyyat

- [1] Cəfərova N. R., İsmatova H. R. Peyk məlumatları əsasında Abşeron yarımadasının rəqəmsal modeli. J. Kosmosdan Yer Araşdırması, 2021, № 3, səh. 67–80
- [2] İsmayılov A.İ., İsmətova H.R., Süleymanova E.D. Abşeron yarımadasında torpaqların şoranlaşması proseslərinin müasir informasiya texnologiyaları əsasında xəritələşdirilməsi. Altay Dövlət Aqrar Universitetinin bülleteni. 2014. No 5 (115). S. 86-89.
- [3] İsmətova H.R., Bədəlova A.N., Talibova S.S., İsmayılov A.İ. Torpaqşünaslıqda aerokosmik metodların tətbiqi xüsusiyyətləri. Elm, texnologiya, təhsildə müasir tendensiylər. XII Beynəlxalq Elmi-Praktik Konfransın materialları əsasında elmi məqalələr toplusu. 2020. S. 10-21.

APPLICATION OF GEOINFORMATION AND SPACE TECHNOLOGIES TO ASSESS POLLUTION OF OIL PRODUCTION AREAS

Babaşova H.Ə., İsmətova X.R.

Abstract. The advantages of integrating geoinformation and aerospace technologies for solving the problem of oil pollution monitoring in oil fields are shown. In this study, a study was conducted to select a methodological scheme for the analysis of satellite and related ground data for monitoring and mapping soil pollution by oil and waste during oil production in oil fields.

Keywords: oil pollution, soil pollution monitoring, geoinformation and aerospace technologies.



NAXÇIVAN VİLAYƏTİNİN ÇOXİLLİK TEMPERATUR REJİMİNİN MÜASİR XÜSUSİYYƏTLƏRİ

Məmmədli E.Ə., Hüseynov C.S.

emilmemmedli7007@gmail.com

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Məqalədə, Orta Araz vilayətində hava temperaturunun 1991-2022-ci illəri əhatə edən müşahidə məlumatları əsasında bu vilayətdə müasir temperatur rejimi tədqiq edilmişdir. Regionun hava temperaturunun orta aylıq və fəsillik paylanma xüsusiyyətləri müəyyən edilmişdir. Təhlillər göstərir ki, vilayətdə ən soyuq ay yanvar, ən isti ay isə avqustdur. Yaz fəslı, yay və payızdan daha soyuq keçir. Hava temperaturunun göstəriciləri hündürlüyə qalxdıqca azalır. Regionun düzənlik zonasında şimalından cənubuna doğru temperatur göstəriciləri artır. Ən yüksək göstəricilər Culfa və Ordubad stansiyalarında qeydə alınır. Regional iqlim dəyişmələrinin təsiri ilə vilayətdə hava temperaturunun artması, səhrələşmənin genişlənməsinə, landşaftların sürüşməsinə, iqlim tiplərinin öz arealını dəyişməsinə, şirin su qıtlığına gətirib çıxaracaqdır. Burada “istiləşmə”, buxarlanma miqdarının artması və yağıntıların azalmasına səbəb olmuşdur. Tədqiqat işi təsərrüfat sahələrinin idarə edilməsində və iqlim atlaslarının yaradılmasında əvəzsiz rol oynaya bilər.

Açar sözlər: hava temperaturu, iqlim dəyişmələri, buxarlanma, istiləşmə, anomaliya, norma.

Giriş. Yer kürəsinin iqliminin formalaşmasında əsas rolu Günəşdən gələn şüa və yerin daxili enerjisi hesabına formalaşan 150C-lik qlobal temperatur təmin edir [4]. Yer səthinin orografik xüsusiyyətləri temperatur rejiminin fərqli formalaşmasında əsas amil kimi çıxış edir. Bu, günəş şüalarının müxtəlif enlik, relyef və səth örtüyü tərəfindən fərqli udulması ilə baş verir [1, 2]. Həmçinin ekvator dan qütblərə doğru temperatur rejiminin göstəriciləri azalır və daimi donuşluq başlayır. Son onilliklərdə başlayan iqlim dəyişmələri müasir dövrdə ən böyük ekoloji böhran sayılır. İqlim dəyişikliklərinin Yer kürəsinin bütün regionlarına təsirlərinin olduğunu nəzərə alaraq, müasir dövrdə hava temperaturunun yenidən təsnifatının verilməsinə və daim izlənilməsinə ehtiyac vardır [3, 5]. İqlim dəyişmələri əsasən orta enliklərdə öz mənfi təsirlərini göstərir. Azərbaycan Respublikasının yerləşdiyi Cənubi Qafqaz bu regionlardan biridir. Yerləşdiyi fiziki-coğrafi mövqe, mürəkkəb relyef və böyük hipsometrik kontrast, Azərbaycan respublikasını, regionun digər ərazilərindən fərqləndirir [1, 2]. Deyilənləri nəzərə alaraq, Regionun bir hissəsi kimi, Orta Araz (Naxçıvan) fiziki-coğrafi vilayətində hava temperaturunun zaman-məkan daxilində müasir xüsusiyyətlərinin də müəyyən edilməsinə ehtiyac vardır. Bundan öncə müxtəlif dövrlərdə Ə.M. Şıxlinski, Ə.A. Mədətzadə, R.N. Mahmudov, N.Ş. Hüseynov, F.Ə. İmanov, U.R. Tağıyeva, C.S. Hüseynov və s. Kimi tədqiqatçılar tərəfindən aparılan tədqiqatlarda hava temperaturunun bir sıra xüsusiyyətləri müəyyən edilmişdir. Lakin, 1991-2022-ci illəri əhatə edən dövr üzrə vilayətdə hava temperaturunun zaman-məkan paylanmalarına, iqlim dəyişmələrinin müxtəlif normalarla müqayisələrinə diqqət yetirilməmişdir.

Metodlar. Tədqiqat, Orta Araz (Naxçıvan) vilayətində Hidrometeorologiya idarəsinə Parağaçay (2218 m), Şahbuz (1205 m), Naxçıvan (875), Ordubad (861), Şərur (812), Culfa (710) hidrometeoroloji stansiyalarının ilkin məlumatlarından istifadə edilmişdir [5,6]. Tədqiqatda riyazi-statistik metodlardan istifadə edilməklə, hava temperaturunun orta aylıq və fəsillik paylanma xüsusiyyətləri, zaman daxil i dəyişmələri müəyyənəndirilmişdir. Burada, Tədqiqatın nəticələrindən cədvəl, histoqram və qrafiklər Microsoft Exceldə tərtib edilmişdir.

Tədqiqatın müzakirəsi. Orta Araz vilayətinin ərazisinə, Kiçik Qafqaz dağlarının Zəngəzur-Dərələyəz silsiləsinin cənub-qərb ətəklərindən Şərur-Ordubad düzənliklərində mürəkkəb relyef formaları aiddir. Vilayət Araz çayının sol sahili boyu uzanan Şərur-Ordubad düzənliyi və orta dağlıq,

yüksək dağlıqdan ibarət Günnüt-Qapıcıq dağlıq rayonlarından ibarətdir. Naxçıvan vilayəti Araz çayının sol sahili boyu düzənliklərdən (Şərur-Ordubad, 800 m) yüksək dağlığa (3904, Qapıcıq) doğru 3100 m hündürlük kontrastına malik olmaqla, ilboyu $144-148 \text{ kkal/sm}^2$ günəş radiasiyası qəbul edir [2,3,5]. Düzənliklərdən dağlığa doğru qışı soyuq, yayı quraq isti keçən yarımsəhra və quru-çöl, yayı quraq keçən soyuq, dağ tundra kontinental iqlim tipləri bir-birini əvəz edir. Ərazidə çay şəbəkəsi sıx yerləşir və bu şirin su ehtiyatlarının əksəriyyəti Araz çayına qoşulur. Burada son illərdə Vayxır, Araz, Biləv, Gümüşlü, Arpaçay, Tivi suni dəryaçaları yaradılmışdır.

Orta Araz vilayətinin yerləşdiyi fiziki-coğrafi mövqe burada ilboyu orta aylıq temperaturların fərqli paylanma xüsusiyyətlərinə malik olmasına səbəb olur. Beləki, vilayətdə yanvar ən soyuq aydır və orta aylıq temperatur -2.3°C ($-0.6 - -4.9^{\circ}\text{C}$) təşkil edir. Bu ayda Ordubadda (-0.4°C) temperatur 0°C -ə yaxın olsa da, digər düzənliklərdən orta dağlığın daha yuxarı hissələrinə (2200 m) doğru -0.6°C -dən -4.9°C -ə kimi azalır. Fevralda (0.8°C) havanın temperaturu orta dağlıqdan aşağı arealda müsbət temperatur göstəriciləri qeydə alınır. Martda havanın temperaturu vilayət üzrə 6.4°C təşkil edir. Bu göstərici vilayətin cənub ucqarında yerləşən Culfa düzündə 8.8°C olsa da, ortadağlığın yuxarı sərhəddində 0°C -ə enir. Aprel ayında vilayətin orta aylıq temperaturu 12.2°C olmaqla, Şərur-Ordubad düzənliyindən orta dağlığın 2200 m arealına doğru 15.0°C -dən 5.9°C -ə kimi enir. Mayda bu göstərici vilayət üzrə 17.0°C ($20.0-10.8^{\circ}\text{C}$ -ə), iyunda 22.5°C ($25.8-15.7^{\circ}\text{C}$) civarındadır. İyulda (25.8°C) havanın orta aylıq temperaturu maksimum göstəricilər almağa başlayır. Avqust ayı (25.9°C) orta Araz vilayətində ən isti aydır və düzənlikdən ortadağlığın yuxarı arealına doğru 28.9°C -dən 19.7°C -ə kimi enir. Bölgədə orta aylıq hava temperaturu sentyabrda (21.2°C) azalmağa başlayır. Oktyabrda bu göstərici 14.3°C ($17.0^{\circ}\text{C} - 9.7^{\circ}\text{C}$), noyabrda 6.5°C ($9.0^{\circ}\text{C} - 2.7^{\circ}\text{C}$) təşkil edir. Vilayətin orta aylıq temperaturu dekabrda 0°C -ə yaxındır. Buna səbəb qışın daxil olması ilə orta dağlıq və ondan yuxarı hissələrində şaxtalı günlərin sayının artmasıdır. Dekabrda ortadağlıqda 0.3°C olsada, ortadağlığın yuxarı arealında bu göstərici -3.1°C təşkil edir. Temperaturun quru adiobatik dəyişməsinə ($0.65/1000\text{m}$) nəzərə alsaq, mütləq hündürlüyü 2218 m olan Parağaçay qar uçqun stansiyası ilə müqayisədə yüksək dağlıqda havanın temperaturu təxminən 10°C azdır. Bunu nəzərə alsaq, qış ayları ilə yanaşı, aprel ($-4 - -5^{\circ}\text{C}$), may ($-1.0 - +1.0^{\circ}\text{C}$), oktyabr ($-1.0 - -2.0^{\circ}\text{C}$) və noyabrda ($-7 - -8^{\circ}\text{C}$) yüksəkdağlıqda hava temperaturunun 0°C -dən aşağıdır.

Orta Araz vilayətində çoxillik ərzində orta aylıq temperaturların daha minimal göstəriciləri seçilmişdir. Bu regionda aylıq minimal temperaturların çoxillik təhlilləri göstərir ki, alçaqdağlıqdan orta dağlığın yuxarı hissələrinə doğru yanvarda ($-14 - -10^{\circ}\text{C}$), fərvalda ($-12 - -7^{\circ}\text{C}$), martda ($0 - -7^{\circ}\text{C}$) civarında şaxtalı günlərin sayı çox olur. Apreldə ($1-12^{\circ}\text{C}$) minimal aylıq orta temperaturlar müsbət göstəricilər almağa başlayır, mayda ($3-17^{\circ}\text{C}$), iyunda ($9-22^{\circ}\text{C}$) təşkil etmişdir. Minimal orta aylıq temperatur iyul ($12-25^{\circ}\text{C}$) və avqustda ($16-24^{\circ}\text{C}$) ilin ən yüksək göstəricilərini alır. Sentyabrda ($12-21^{\circ}\text{C}$) etibarən, oktyabr ($5-12^{\circ}\text{C}$) və noyabrda ($-4 - 4^{\circ}\text{C}$)-ə yaxınlaşır. Dekabrda bu göstərici bütün areallarda 0°C -dən aşağı almaqla ($-5 - -9^{\circ}\text{C}$) intervalına kimi azalır. İlin minimalını yenidən yanvardan almağa başlayır. Buna görə də ilin daha uzun müddəti şaxtalı dövr olduğu üçün burada daimi donuşluq əraziləri mövcuddur və bu şirin su ehtiyatının ilə ərzində bərabər paylanmasına, çayların daim sulu olmasına imkan verir. Orta Araz vilayətinin orta illik temperaturu 12.6°C -dir. Bu göstərici Şərur-Ordubad düzənliyindən orta dağlığın yuxarı hissələrinə doğru 15.2°C -dən 7.3°C -ə kimi azalır. Yüksək dağlıqda isə $-3 - -4^{\circ}\text{C}$ aralığında olması ehtimal edilir (Cədvəl 1).

Cədvəl 1. Hava temperaturunun aylar üzrə paylanması (1991-2022)

Stansiya	Aylar												İl
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Parağacay	-4.9	-3.3	0.2	5.9	10.8	15.7	18.9	19.7	15.9	9.7	2.7	-3.1	7.3
Şahbuz	-2.8	0.0	5.7	11.4	16.3	22.0	25.5	25.8	20.5	13.1	5.5	-0.4	11.9
Naxçıvan	-2.5	1.0	7.4	13.3	17.9	23.7	27.2	27.1	22.0	14.8	6.7	0.3	13.2
Ordubad	-0.4	2.7	8.5	14.0	19.0	24.7	27.3	27.5	22.8	16.3	8.5	2.0	14.4
Şərur	-2.6	1.2	7.7	13.8	18.3	23.4	26.8	26.5	21.7	15.0	6.8	0.2	13.2
Culfa	-0.6	3.2	8.8	15.0	20.0	25.8	28.8	28.9	24.5	17.0	9.0	2.5	15.2
Vilayət	-2.3	0.8	6.4	12.2	17.0	22.5	25.8	25.9	21.2	14.3	6.5	0.2	12.6

Nəticə. Orta Araz (Naxçıvan) vilayətində 1991-2022-ci illər üzrə hava temperaturunun ilkin məlumatları əsasında yerinə yetirilmiş tədqiqatda aşağıdakı nəticələr əldə edilmişdir:

1. Vilayətdə hava temperaturunun ən aşağı göstəriciləri yanvar (-2.30C), ən yüksək göstəriciləri avqust (25.90C) ayında müşahidə edilir. Burada illik amplituda 28.20C-dir.
2. Vilayətdə minimal orta aylıq temperatur göstəriciləri daha çox Parağacayda, maksimal göstəricilər isə Ordubad və Culfa da müşahidə edilir.
3. Vilayətin fəsillik orta temperatur qışda -0.40C, yazda 11.90C, yayda 24.70C, payızda 14.00C təşkil etmişdir.

Tədqiqat işində Orta Araz vilayətində hava temperaturu rejiminin müasir xüsusiyyətlərinin müəyyən edilməsi, gələcəkdə iqlim dəyişmələri ilə bağlı adaptasiya, mitiqasiya tədbirlərində, iqlim atlaslarının yenilənməsində və təsərrüfat sahələrinin planlaşdırılmasında xüsusi rol oynaya bilər.

Ədəbiyyat

- [1] Azərbaycan Sovet Sosialist Respublikasının İstilik Balansı Atlası [Xəritə] / – Moskva: SSRİ Nazirlər Sovetinin Yanında Baş Geodeziya və Xəritəçilik İdarəsi, – 1978. – 92 s.
- [2] Azərbaycan Respublikasının Milli Atlası [Atlas] / Bakı: Dövlət Torpaq və Xəritəçəkmə Komitəsi, 2014. 444 s.
- [3] Azərbaycan Respublikasının Coğrafiyası. Fiziki Coğrafiya [I cild] / X.K. Tanrıverdiyev, H.A. Xəlilov, M.Y.Xəlilov [və b.]. Bakı: Avropa, 2015. 530 s.
- [4] Hacızadə, F.M., Əhmədov, Ş.Ə. Qlobal iqlim dəyişmələri XXI əsrdə // – Bakı: AMAKA-nın Xəbərləri, – 2004. № 1, – s. 60-64.
- [5] Hüseynov, C.S. Naxçıvan Muxtar Respublikası ərazisində uzunmüddətli temperatur dəyişmələrinin xüsusiyyətləri // Azərbaycan Coğrafiya Cəmiyyətinin əsərləri, “Azərbaycanda və Rusiyada insan coğrafiyası: XXI əsrdə inkişafın əsas yolları” mövzusunda ictimai-coğrafiyaçıların beynəlxalq (Azərbaycan-Rusiya) elmi konfransının materialları, – Bakı: – 10-14 may, – 2018, – s. 288-299.
- [6] İmanov, F.Ə. Hidrometeorologiyada statistik metodlar / F.Ə.İmanov. – Bakı: MBM, – 2011, – 272 s.
- [7] Nəbiyev, H.L., Rəhimov, M.K., Hədiyev, Y.C. Naxçıvan MR-də mütləq maksimum temperaturların müxtəlif təminatlarının paylanma qanunauyğunluqları // – Bakı: Azərbaycan Coğrafiya Cəmiyyətinin Əsərləri, Coğrafiya və təbii resurslar, – 2017. № 2, s. 7-11.
- [8] Paşayev, A.M. Naxçıvan aeroportunun iqlim xarakteristikası / V.Z.Sultanov, N.Ş.Hüseynov, N.C. Hacıyev. –Bakı: Milli Aviasiya Akademiyası, –2005. –230

**MODERN FEATURES OF THE MULTI-PERIODIC TEMPERATURE REGIME OF
NAKHCHIVAN REGION****Mammadli E.A., Huseynov J.S.**

Abstract. The article studies the modern temperature regime in the Middle Araz region based on observation data covering the years 1991-2022. The average monthly and seasonal distribution characteristics of the region's air temperature have been determined. Analyses show that the coldest month in the region is January, and the warmest month is August. Spring is colder than summer and autumn. Air temperature indicators decrease with increasing altitude. Temperature indicators increase from north to south in the plain zone of the region. The highest indicators are recorded at Julfa and Ordubad stations. Due to the influence of regional climate changes, an increase in air temperature in the region will lead to the expansion of desertification, shifting of landscapes, a change in the range of climate types, and a shortage of fresh water. Here, "warming" has led to an increase in the amount of evaporation and a decrease in precipitation. The research work can play an indispensable role in the management of agricultural areas and the creation of climate atlases.

Keywords: air temperature, climate change, evaporation, warming, anomaly, norm.



MİNGƏÇEVİR SU ANBARINDA SU SƏTHİNİN TEMPERATUR DƏYİŞMƏSİNİN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

İsmaylova S.E., Əzizov B.M.

sismayilova.30660@naa.edu.az

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Hazırda iqlim dəyişikliyinə təsiri altında ətraf mühitdə baş vermiş dəyişikliklərin qiymətləndirilməsi problemi aktual məsələlərdən hesab olunur və burada kosmik texnologiyalar əsasında Yer məsafədən müşahidəsi xüsusi yer tutur. Yer məsafədən müşahidəsi, su və quru ekosistemlərində baş vermiş dəyişikliklər və onların təsirindən yarana biləcək bu və ya digər problemlərin qiymətləndirilməsində, ətraf mühitin monitorinqi məsələlərində geniş tətbiq olunur.

İqlim dəyişikliyinə ətraf mühit və əhali üçün gözlənilən problemləri proqnozlaşdırmaq üçün nəzərə almaq lazımdır ki, bu cür dəyişikliklər konkret regionlarda fərqlənə bilər və buna görə də belə dəyişiklikləri izləmək üçün yanaşmalar hər bir konkret regionun xüsusiyyətlərini nəzərə almaqla həyata keçirilməlidir.

Baxılan məqalədə, Mingəçevir su anbarında su səthinin temperaturunun ilin fəsillərindən asılı olaraq dəyişməsinə və bu dəyişikliklərin ətraf mühitə təsirinin qiymətləndirilməsi məsələləri nəzərdən keçirilmişdir.

Mingəçevir su anbarı Azərbaycanın milli iqtisadiyyatında böyük rol oynayır, ona görə də iqlim dəyişikliklərinin su anbarının temperatur göstəricilərinə təsir risklərinin qiymətləndirilməsi zamanı da daxil olmaqla, onun durumunun daimi monitorinqi zəruridir.

Açar sözlər: su anbarı, radiasiya temperaturu, LST, NDVI vegetasiya indeksləri, Landsat sistemi.

Giriş. Mingəçevir su anbarı Azərbaycanın şimal-qərbində, Cənubi Qafqazın əsas çaylarından olan Kür çayı üzərində yerləşir. Su anbarının normal dolma səviyyəsində (83 m) ümumi su tutumu 15,73 mln. m³, faydalı həcmi isə 8,2 mln. m³-dir. Su anbarının çay boyu uzunluğu 70 km, eni 3 km-dən (bənddə) 18 km-ə qədər (Alazan çayı tökülən yerdə) dəyişir. Maksimal dərinliyi 75 m, sahil xəttinin uzunluğu 247 km, ümumi həcmi 16,1 km³-dir. Tikintisi 1953-cü ildə tamamlanmış su anbarı və su elektrik stansiyasından əsasən böyük ərazilərin suvarılmasında, elektrik enerjisinin istehsalında və turizm məqsədləri üçün istifadə olunur.

Relyefin xarakteri dağ ərazisi tiplidir. Sahilyanı ərazidə ən yüksək hündürlük 452 metr, su anbarının şimal hissəsində Qocaşen dağ silsiləsində, ən aşağı hündürlük 83 metr su anbarının su səthinin hündürlüyüdür. Ərazidə eni 3 metrə qədər olan çoxsaylı kanallar və arxlar var. Əsas hidrotexniki tikili Mingəçevir su elektrik stansiyasıdır. Ətraf ərazinin bitki örtüyü əsasən kolluqlardan ibarətdir. Ağaclar arasında əsasən, küknar və şam ağacları üstünlük təşkil edir [1].

Su anbarının yaradılmasında məqsəd energetikanın, kənd təsərrüfatının, su nəqliyyatının inkişafı, o cümlədən çayın aşağı axınında axının uzunmüddətli tənzimlənməsi və daşqınların aradan qaldırılması idi.

Metodlar. Mingəçevir su anbarında su səthinin aerokosmik qiymətləndirilməsində Landsat 8 peyk təsvirləri istifadə olunmuşdur. Landsat 8 peyki Amerikanın peyk sistemi olub, 2013-cü ildə buraxılmışdır. Peyk 11 kanallıdır, OLI və TIRS sensorları ilə təchiz olunmuşdur. İstilik çəkilişləri sistemin 10-cu (10,6 – 11,19 µm) və 11-ci (11,5 – 12,51 µm) kanalları üzrə, TIRS sensoru ilə həyata keçirilir [2]. Təsvirlər <https://earthexplorer.usgs.gov/> saytından əldə olunmuşdur. Su anbarının səthinin temperaturunun dinamikasının öyrənilməsi ilin qış, yaz və yay fəsillərinə aid təsvirlərdən istifadə etməklə aparılmışdır. Fəza ayırdetməsi 100m, buludluluq 50%, olmaqla, 29.12.2023, 03.04.2024, 06.06.2024 tarixli Landsat 8 peykinin 4, 5, 10-cu kanal üzrə təsvirlər və meta tarixlər faylı müəyyən edilir. Əldə

olunmuş təsvirlər üzrə temperaturun qiymətləndirilməsində ArcMap 10.8 proqram təminatından istifadə olunur [3].

Su səthinin temperaturunu hesablamaq üçün LST (Land Surface Temperature) indeksdən istifadə olunur. LST müxtəlif ekoloji və elmi tədqiqatlar, o cümlədən iqlim dəyişikliyi monitorinqi, şəhər istilik adası, kənd təsərrüfatı tədqiqatında istifadə olunan parametrlərdən biridir. LST indeksin hesablanması bir neçə mərhələdən ibarətdir.

ArcMap-da "Add data" ilə, endirilmiş təsvirlərdən 4, 5 və 10-cu kanalar üzrə təsvirlər əlavə olunur. Tədqiqat ərazisi Clip əmri ilə kəsilir. Növbəti mərhələlərdəki hesablamaları yerinə yetirmək üçün Raster Calculate yanaşmasından istifadə olunur.

1. L – TOA (Top of Atmospheric) Parlaqlığı:

$$L = M_L \times Q_{cal} + A_L - O_i \quad (1)$$

M_L - Specific multiplicative scaling factor (MTL.txt faylında, adətən RADIANCE_MULT_BAND_10 kimi qeyd olunur);

Q_{cal} - Piksel dəyəri (DN);

A_L - Parlaqlıq əlavəsi miqyası amili (MTL.txt faylında RADIANCE_ADD_BAND_10);

O_i - 10-cu kanal üçün korreksiya dəyəri 0,29-dur;

$$("Landsat 8 Band10.TIF" * 0,0003342) + 0,10000 - 0,29$$

2. Parlaqlıq temperaturu (BT):

$$BT = K_2 / \ln(K_1 / L + 1), (^\circ K \text{ ilə}) \quad (2)$$

K_1 və K_2 Landsat 8-ə xas olan termal çevrilmə sabitləridir (MTL.txt faylında, $K_1\_CONSTANT\_BAND\_10$ və $K_2\_CONSTANT\_BAND\_10$) (cədvəl 1);

Cədvəl 1. TIRS sensoru üzrə K_1 və K_2 sabitlərinin qiyməti

TIRS sensorunun kanalları	K_1	K_2
Kanal 10: 10,6 – 11,19 μm	774.8853	1321.0789
Kanal 11: 11.5 – 12.51 μm	480.89	1201.14

Hesablanmış dəyər Kelvin ilə alınır və Selsiyə çevrilir:

$$BT = 1321.0789 / \ln((774.8853 / L) + 1) - 273.15, (^\circ C \text{ ilə}) \quad (3)$$

3. NDVI bitki örtüyünün yaşıllığını ölçmək üçün istifadə olunan indeksdir və bitki örtüyünün sıxlığını və bitki sağlamlığındakı dəyişiklikləri qiymətləndirmək üçün tətbiq olunur. NDVI qırmızı (R) və yaxın infraqırmızı (NIR) dəyərləri arasında nisbət kimi hesablanır. Landsat 8 üçün NIR 5-ci kanala, Red 4-cü kanala uyğun gəlir və ifadə belə hesablanır:

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red) = \text{Float}("5" - "4") / \text{Float}("5" + "4") \quad (4)$$

4. Alınan məlumatlar növbəti mərhələnin bitki örtüyünün nisbətini (P_V) əldə etmək üçün tələb olunur. Bitki örtüyünün nisbəti belə hesablanır:

$$P_V = \text{Square}((NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min})) \quad (5)$$

Square - ifadənin kvadrata yüksəldilməsini göstərir;

$NDVI_{max}$ - "table of contents"-də NDVI-in maksimum qiyməti;

$NDVI_{min}$ - "table of contents"-də NDVI-in minimum qiyməti;

5. Növbəti mərhələdə emissiya dəyəri hesablanır: $\varepsilon = m \times P_V + n$

m - bitki örtüyünün emissiyasının dəyəri, bu halda 0,004 istifadə edilmişdir;

n - torpağın emissiya dəyəri, bu halda 0,986 istifadə edilmişdir;

$$\varepsilon = 0.004 * P_V + 0.986 \quad (6)$$

6. Son mərhələdə hesablanmış ifadələrin qiymətlərini aşağıdakı ifadədə istifadə etməklə səthin temperaturu hesablanır:

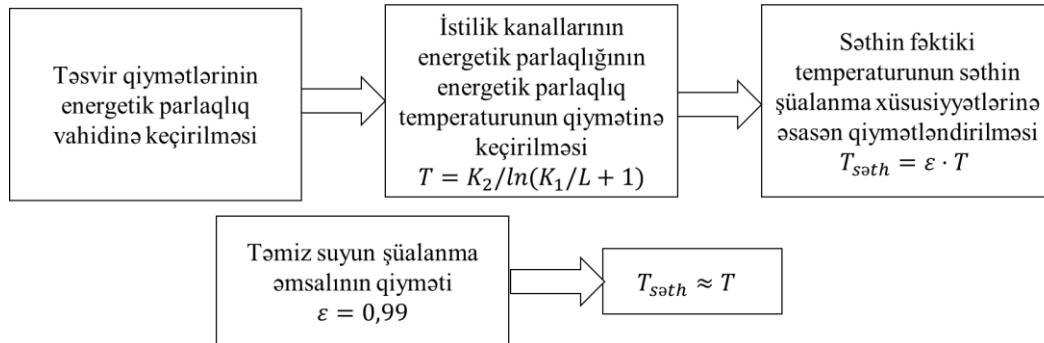
$$LST = BT / (1 + (\lambda * BT / c^2 * \ln(\varepsilon))) \quad (7)$$

λ - buraxılan radiasiyanın uzunluğu, Landsat 8 10-kanal üçün 10.8 qiymətinə bərabərdir [4];

$$c^2=14388\mu\text{m}.$$

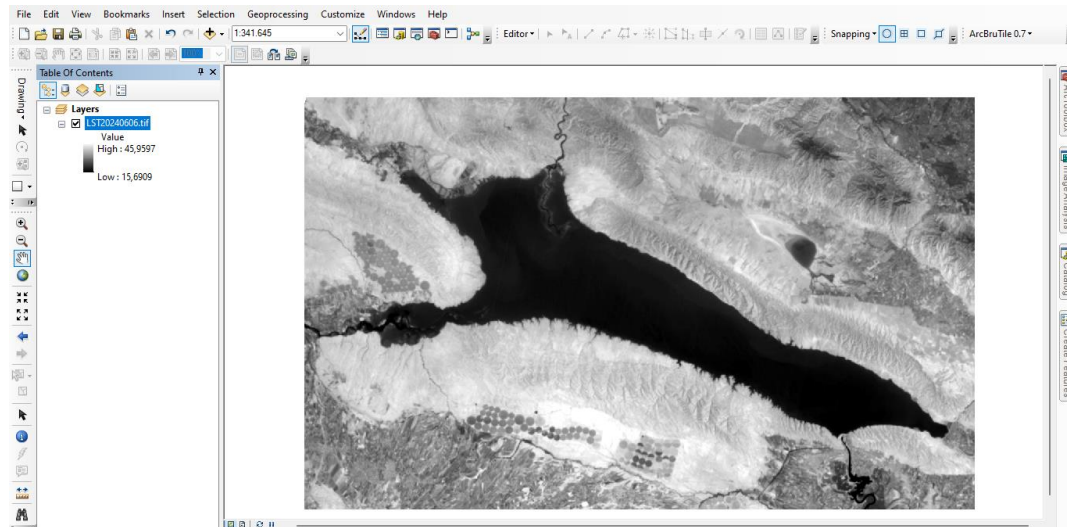
$$LST = "BT" / (1 + (10.8 * "BT" / 14388 * \ln("ε")))) \quad (8)$$

Landsat 8 peykinin TIRS sensoru vasitəsilə Mingəçevir su anbarının optik diapozonda səthinin temperatur dəyişiminin müəyyən olunma ardıcılığı aşağıdakı sxemdə verilmişdir:



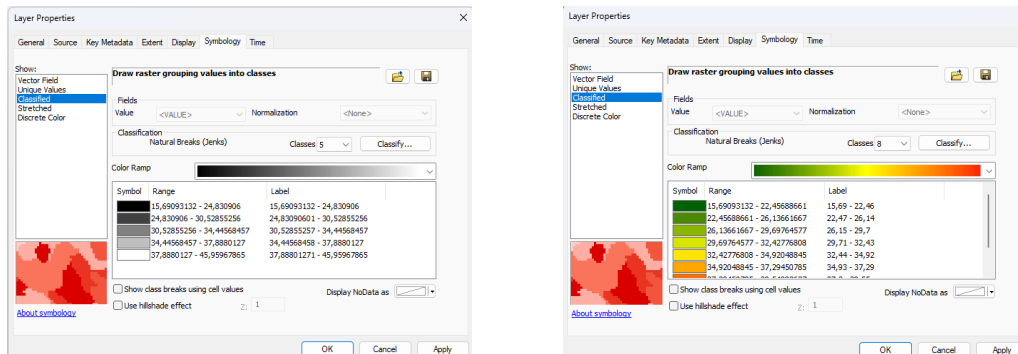
Şəkil 1. Su səthinin temperaturunun müəyyən olunma algoritmi

Aparılmış hesablamalar nəticəsində şəkil 2 əldə olunur.



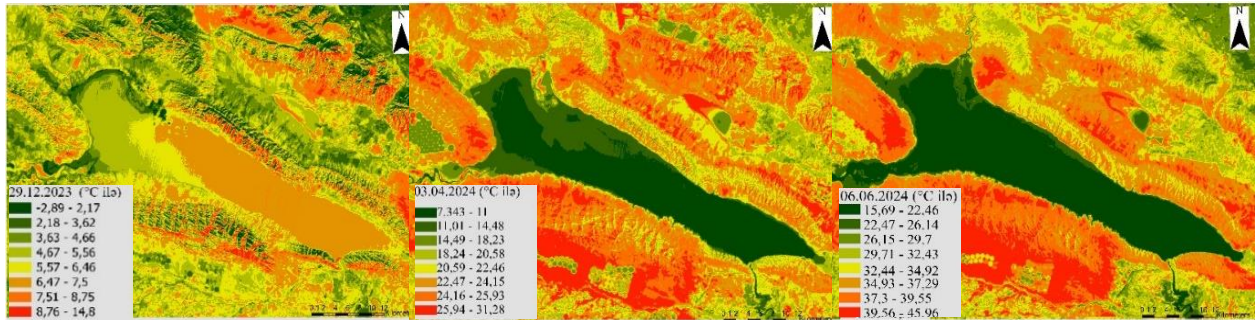
Şəkil 2. LST dəyəri hesablanmış təsvir

Təsvirdə istilik dəyişiminin verilməsi üçün Layer Properties-Symbology-Classified ardıcılığı ilə sinif sayı və rəng çaları seçilir (şəkil 3).



Şəkil 3. Təsvirdə istilik dəyişiminin sinifləndirilməsi əməliyyatı

Bu əməliyyatlar hər 3 tarixli təsvirlərə tətbiq olunur və aşağıdakı nəticə yaranır:



Şəkil 4. Su səthinin temperaturunun qiymətləndirilməsi

Şəkildən göründüyü kimi 29.12.2023 tarixində su anbarının temperaturu $-1-7^{\circ}\text{C}$ aralığında, 03.04.2024 tarixində temperatur $9-15^{\circ}\text{C}$ aralığında, 06.06.2024 tarixində temperatur $19-24^{\circ}\text{C}$ aralığında dəyişir.

Nəticə. Məsafədən müşahidə məlumatları əsasında böyük ərazinin səth temperaturunun qısa müddət ərzində müəyyən olunması mümkündür. Bu da məsafədən müşahidənin əsas üstünlüklərindəndir. Üç təsvirin işlənməsinin nəticələrinə əsaslanan birinci müşahidə göstərir ki, anbarda su səthinin istilik rejimi mövsümdən asılı olaraq dəyişir, ətraf mühitin istilik rejimi də dəyişir. Qışda anbarın dərin hissəsində suyun səthinin temperaturu ətraf mühitin temperaturundan yüksək olur və sıfırdan aşağı temperatura yalnız çayların töküldüyü yerlərin sahil zonalarında çatır. Qış mövsümündən yaza keçid zamanı suyun temperaturu yazdan yay mövsümünə qədər 8° , suyun səthinin temperaturu 9° , ətraf mühitin temperaturu isə 15° yüksəlir.

Ədəbiyyat

- [1] https://az.wikipedia.org/wiki/Ming%C9%99%C3%A7evir_su_anbar%C4%B1;
- [2] <https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-8/>
- [3] <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- [4] <https://www.geographyrealm.com/how-to-use-arcgis-pro-to-calculate-land-surface-temperature-lst-from-landsat-imagery/>

ASSESSMENT OF WATER SURFACE TEMPERATURE CHANGES IN THE MINGACHEVIR RESERVOIR

Ismayilova S.E., Azizov B.M.

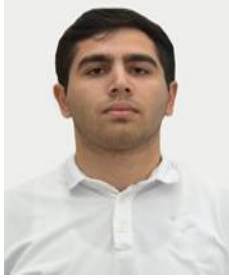
Abstract. Currently, the problem of assessing changes in the environment under the influence of climate change is considered one of the urgent issues, and remote sensing of the Earth based on space technologies occupies a special place here. Remote sensing of the Earth is widely used in assessing changes in water and land ecosystems and the problems that may arise from their impact, in environmental monitoring issues.

In order to predict the expected problems for the environment and population from climate change, it is necessary to take into account that such changes may differ in specific regions, and therefore, approaches to monitoring such changes should be implemented taking into account the characteristics of each specific region.

The article under review considers the changes in water surface temperature in the Mingachevir reservoir depending on the seasons of the year and the issues of assessing the impact of these changes on the environment.

The Mingachevir reservoir plays a major role in the national economy of Azerbaijan, therefore, constant monitoring of its condition is necessary, including when assessing the risks of climate change on the temperature indicators of the reservoir.

Keywords: water reservoir, radiation temperature, LST, NDVI vegetation indices, Landsat system.



İNNOVATİV TEXNOLOGİYALARIN KÖMƏYİ İLƏ TƏHLÜKƏLİ ATMOSFER HADİSƏLƏRİNİN VƏ SİNOPTİK VƏZİYYƏTİN PROQNOZU

Həsənzadə E.Z., Hüseyinov N.Ş.

elcinhesenzade44@gmail.com

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

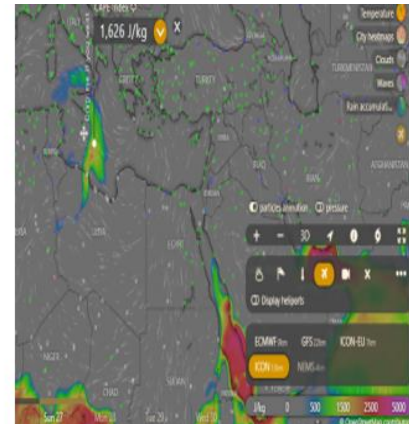
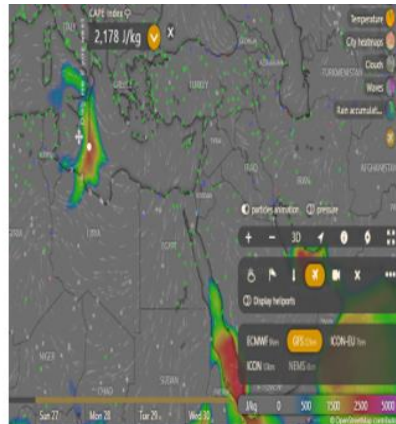
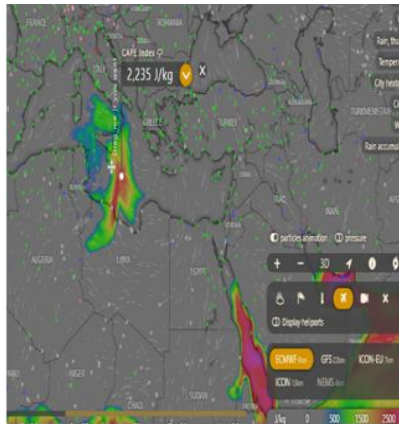
Xülasə. Məqalədə qarşıya qoyulan başlıca məqsəd peyk müşahidələri, radar sistemləri, meteoroloji modellərdən alınan məlumatların təhlükə atmosfer hadisələrinin və sinoptik vəziyyətin proqnozunda istifadə etməkdir.

Açar sözlər: CAPE, GFS, ICON, ECMWF, Wrm 200, Ricardson.

Giriş. Meteorologiyanın əsas aktual məsələlərindən biri də aktiv konveksiya zonaları ilə əlaqəli olan təhlükəli atmosfer hadisələrinin və (ildırım, leysan, dolu), onların təkrarlanmasının, yaranma şəraitinin və proqnozlaşdırılmasının aşkar edilməsidir. Proqnozların tərtib edilməsi sinoptik metodlarla yanaşı həmçinin, yerli və coğrafi şəraitin yaxşı öyrənilməsindən, ərazidə hakim olan fəslə və illik hava şəraiti, ildırım fəaliyyətinin bütün xüsusiyyətləri yaxşı öyrənilməlidir.

Təhlükəli atmosfer proseslərinin obyektiv qiymətləndirilməsi və ildırımların proqnozlaşdırılması üçün müxtəlif üsullarla hesablanmış diaqnostik parametrlər və indekslər tətbiq olunmaqdadır. Bunlara misal olaraq CAPE indeksini deyə bilərik. Bu indeks son zamanlar praktikada ildırımın proqnozlaşdırılmasında geniş istifadə olunur.

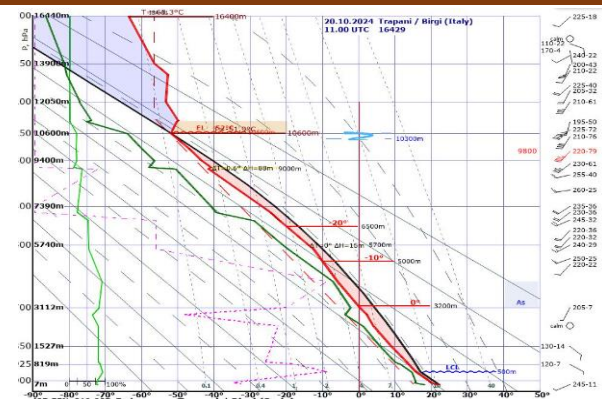
21.10.24 tarixində Cənubi Avropa regionu üçün dayanıqsızlıq şəraiti Windy.com saytında aparılan müşahidələrdə GFS, ICON və ECMWF modellərindən istifadə edilmişdir. Dayanıqsızlıq şəraitini müşahidə etmək üçün CAPE indeksinə hər üç modeldə baxılmış, müşahidə olunan zona üçün hansı modelin daha əlverişli olması öyrənilmişdir.



Şəkil 1. Cape indeksinin ECMWF, GFS və ICON modelləri vasitəsilə proqnozu

Hər üç modelin verdiyi CAPE indeksinə nəzər yetirdikdən sonra hansının havanın faktiki nəticəsinə uyğun gəldiyini anlamaq üçün meteoroloji izləmə orqanı tərəfindən yayımlanan METAR məlumatlarına və radiozond məlumatları vasitəsilə hazırlanan aeroloji diaqrama göz gəzdirməliyik.

LICF 210755Z 0300KT 6000 -TSRA SCT015CB SCT018 20/17 Q1024 RETS RMK
OVC OVC080 QUK 1 QUL 0 VIS MAR 6 KM MON INC NC VIS MIN 6000 -
LICF 210655Z 23004KT 5000 TSRA FEW012CB SCT015 20/17 Q1023 RMK OVC
OVC070 QUK 1 QUL 0 VIS MAR 5 KM MON INC NC VIS MIN 5000 -
LICF 210555Z 27003KT 6000 TSRA FEW015CB SCT020 21/18 Q1022 RMK OVC
OVC080 QUK 1 QUL 0 VIS MAR 6 KM MON INC VAR RAPID VIS MIN 60000
LICF 201755Z 29002KT 9999 FEW020 SCT030 22/18 Q1019 RMK BKN BKN080 QUK
/ QUL / VIS MAR 20 KM MON INVIS NC VIS MIN 9999 -

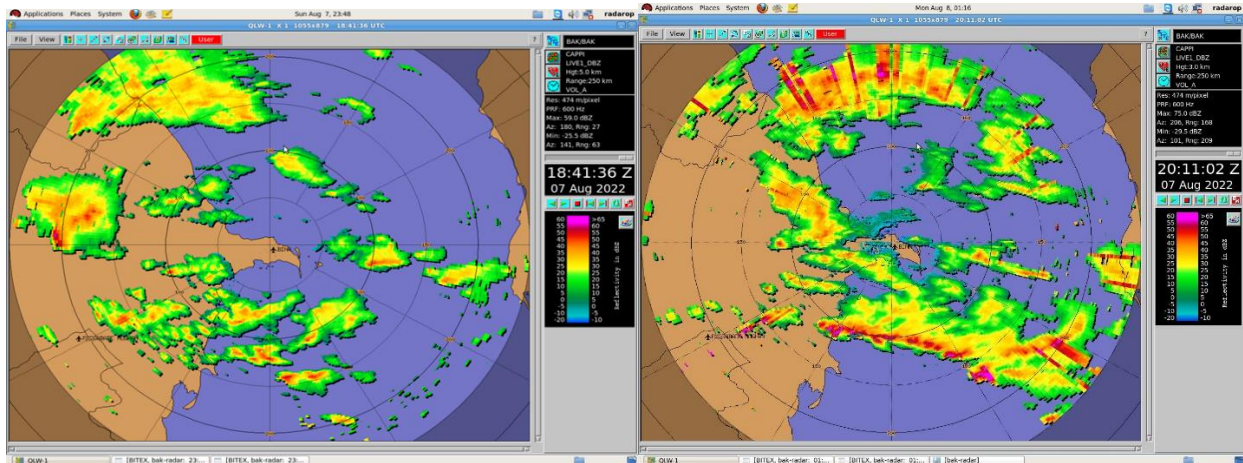


Şəkil 2. 21.10.24 tarixində ərazi üçün hazırlanan Metar məlumatı və Aeroloji diaqram

Şəkil 2-yə əsasən 21.10.24 tarixində hava dayanıqsızlıq şəraitinin müşahidə edildiyini anlamaq olar. Metar və aeroloji diaqramdan alınan nəticə bundan ibarətdir ki, 21.10.24 tarixində Cənubi Avropa regionunda dayanıqsızlıq şəraitini ən yaxşı şəkildə ICON modeli vermişdir.

Təhlükəli atmosfer hadisələrinin digər bir proqnoz üsulu da meteoroloji radarlardır. Radar texnologiyası müasir dövrdə də inkişaf edir, tək hərbi sənayedə deyil, həmçinin mülki aviasiya da öz inkişaf mərhələsinə keçmişdir. Bu isə hava gəmilərinin təhlükəsiz uçuşlar etməyə imkan yaratmışdır. Bu texnologiya vasitəsi ilə atmosfer hadisələrini izləmək və qabaqlayıcı tədbirlər görmək üçün çox gözəl vasitələrdən biridir. Daim bu texnologiya inkişaf edir və yeni mərhələyə qədəm qoyur.

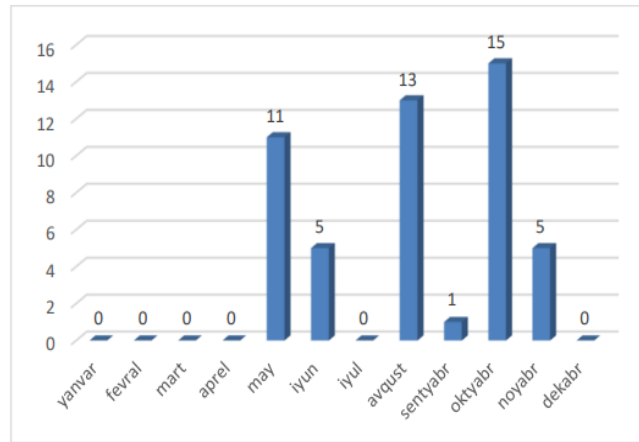
Aşağıda verilən şəkillərdə Wrm 200 radarı ilə 07.08.22 tarixində Abşeron yarımadası üzərində aparılmış müşahidələrin nümunələri verilmişdir.



Şəkil 3. 07.08.22 saat 18:41 tarixli Wrm 200 məlumatı

Şəkil 3-dən görüldüyü kimi 07.08.22 tarixində günün ikinci yarısından başlayaraq güclü ildırımlar tə topa-yağış(cb) buludları müşahidə olunmuşdur. Şəkildən görüldüyü kimi ildırımlar əsasən Abşeron ətrafı ərazilərdə yaranmağa başlamış, irəliləyən saatlarda isə Abşeron yarımadası üzərində müşahidə olunmuşdur. İldırımın intensivliyi 50-60 dBz-ə qədər müşahidə edilmişdir.

Şəkil 4-də görüldüyü kimi həmin dövr ərzində ərazidə çoxlu sayda ildırım müşahidə olunmuşdur.



Şəkil 4. 2022-ci ildə Heydər Əliyev Beynəlxalq hava limanı ərazisində ildırımın müşahidə olunduğu halların sayı (orta qiymətlə)

Atmosfer turbulentliyinin proqnozlaşdırılması.

Atmosfer turbulentliyi dedikdə atmosferdə müxtəlif miqyaslı hava kütlələrinin nizamsız, qarışıq, xaotik hərəkəti nəzərdə tutulur və atmosferin müxtəlif qatlarında mütəmadi olaraq turbulent hərəkətə rast gəlinir. Atmosferin yerüstü və sərhəd təbəqəsində termodinamik rejimin formalaşmasında, istiliyin, rütubətin və müxtəlif növ qatışıqların paylanmasında turbulentlik xüsusi rol oynayır.

Turbulentliyi qiymətləndirmək üçün bir çox üsullar vardır bunlardan biridə Riçardson üsuludur.

$$Ri = \frac{g}{T} \frac{\gamma_a - \gamma}{(\Delta U / \Delta z)^2}, \quad (1)$$

burada g -sərbəstdüşmə təcili; T -Riçardson ədədi hesablanan təbəqənin orta temperaturu; $\gamma_a - \gamma$ - termik dayanıqlıq parametri (γ_a -quru adiabatik, γ -temperaturun faktiki qradiyenti); $\Delta U / \Delta z$ -dinamiki dayanıqlıq parametri (küləyin sürətinin şaquli qradiyenti).

Aşağıda ready.noaa.gov alınan aeroloji məlumatlar vasitəsilə 16.12.2024 tarixində Heydər Əliyev hava limanı üzərində turbulentlik Riçardson kəmiyyəti vasitəsilə 950hPa və 1000hPa səthlər arasında qiymətləndirilmişdir.

PRESS HGT(MSL) TEMP DEW PT WND DIR WND SPD

HPA M C C DEG M/S

E = Estimated Surface Height

1000.	147.	9.0	3.8	89.2	0.3
975.	357.	9.3	1.9	252.5	2.2
950.	572.	9.1	1.4	243.2	3.7
925.	794.	9.2	-0.6	229.6	6.9
900.	1020.	9.8	-2.5	222.6	10.9
850.	1494.	8.2	-5.1	232.7	15.8
800.	1991.	5.3	-9.0	231.9	16.2
750.	2515.	2.1	-12.8	234.9	17.1
700.	3068.	-1.6	-17.2	239.1	18.5
650.	3652.	-6.0	-19.7	241.7	18.0
600.	4273.	-10.9	-21.3	244.9	18.2

550.	4935.	-16.1	-23.3	242.5	19.8
500.	5644.	-21.9	-26.7	238.7	21.9
450.	6409.	-27.7	-33.2	236.2	24.2
400.	7245.	-34.2	-40.7	235.3	27.2
350.	8164.	-41.9	-46.1	237.6	30.7
300.	9189.	-50.0	-52.3	239.3	37.3
250.	10361.	-56.8	-64.1	242.2	42.8

16.12.2024

 $T_1=9.1^{\circ}$ $T=9.05^{\circ}$ $T_2=9^{\circ}$

$$\frac{dT}{dZ} = \frac{9.1-9}{425} = 0.2 / 100\text{m}$$

 $V_1=3.7\text{m/san}$

$$\beta = \frac{dV}{dZ} = 3.4 \text{ m/san}/100 \text{ m}$$

 $V_2=0.3 \text{ m/san}$

$$Ri = \frac{9.8}{9.05} * \frac{1.2}{0.64} = 2$$

 $\gamma_a=1$ $Z_1=572\text{m}$ $Z_2=147 \text{ m}$ $Ri=?$ $Ri=2$ Zəif turbulentlik üçün şərait vardır.

Riçardson kəmiyyətindən alınan nəticəyə görə 16.12.2024 tarixində Heydər Əliyev hava limanı üzərində zəif turbulentlik üçün şərait vardır.

Sinoptik vəziyyətin proqnozu.

Barik sistemlərin yerdəyişməsi və evolyusiyası dedikdə, ümumi olaraq sinoptik vəziyyətin proqnozu nəzərdə tutulur. Barik sistemlərin yerdəyişməsinin istiqamət və sürətini təyin etmək üçün ekstrapolyasiya üsulundan daha çox istifadə olunur. Bu üsulun əsasını barik sistemlərin əvvəlki istiqamət və sürətini saxlaması təşkil edir və onun köməyi ilə barik sistemlərin yerdəyişməsinin, evolyusiyasının proqnozunu vermək mümkündür.

Barik sistemlərin yerdəyişməsinin və evolyusiyasının proqnozu üçün bir sıra üsullar mövcuddur.

Bu üsullardan biri də peyk məlumatları vasitəsilə proqnozdur. Aşağıdakı təsvirlərdə <https://view.eumetsat.int> internet saytından alınan peyk təsvirləri vasitəsilə sinoptik vəziyyətin proqnozu verilmişdir. Şəkil 5-də 10.01.2.2025 tarixində sürətli siklogenez proseslərin ilkin mərhələsində qalın bulud örtüyünün formalaşmasını müşahidə edə bilərik. Adətən bu buludlar qütb tərəfdə cəbhə buludlarının qərbində və şərqində inkişaf edir. İR təsvirlərdə bu buludlar boz və açıq boz rənglərdə qeydə alınır.



Şəkil 5. İR peyk təsvirində siklogenez proseslərin inkişafı

Strotosferin aşağı təbəqələrində formalaşan və şırnaqlı axının siklon tərəfindəki quru hava adveksiyası aşağı doğru hərəkət etdikcə soyuq cəbhə buludları arasında dissipasiya yaradır, bu da sxematik olaraq “V” şəkli formasında əks olunur.

Troposferin hər iki potensial dayanıqsız stratifikasiyası daxili konvektiv bulud hüceyrələri əmələ gətirir ki, bunlar da peyk təsvirlərdə ağ rəngli xırda ləkələr şəklində görünür.

Siklonun yetkin inkişaf mərhələsində siklonik burulğanda inkişaf etmiş buludlar və qara rəngdə təsvir olunan buludsuz ərazilər aydın şəkildə seçilir. Eyni zamanda siklonun arxasında qalın topa şəkilli yağıntı buludları müşahidə edilir. Şəkildən görüldüyü kimi siklon 13.01.2.25 tarixində Şimali Avropa ərazisinə daxil olmuşdur. Vnukovo Beynəlxalq Hava Limanı METAR məlumatlarından görüldüyü kimi dumanlı və yağıntılı hava şəraiti müşahidə olunmuşdur.

UUWW 141013Z 22007MPS 9999 -SN BKN009 BKN030 M05/M07 Q1014 R24/450337 TEMPO 0700 +SHSN BKN012CB

UUWW 141000Z 21006MPS 9999 -SN BKN010 BKN030 M05/M07 Q1014 WS R24 R24/450337 TEMPO 0700 +SHSN BKN012CB

UUWW 140946Z 23007MPS 9000 -SN BKN009 BKN040 M05/M07 Q1014 WS R24 R24/450337 TEMPO 0700 +SHSN BKN012CB

Nəticə

- 07.08.22 tarixində günün ikinci yarısından başlayaraq güclü ildırımlar və topa-yağış buludları müşahidə olunmuşdur. İldırımlar əsasən Abşeron ətrafı ərazilərdə yaranmağa başlamış, ilərləyən saatlarda isə Abşeron yarımadası üzərində müşahidə olunmuşdur. İldırımın intensivliyi 50-60dBz ə qədər müşahidə edilmişdir.
- Riçardson kəmiyyətindən alınan nəticəyə görə 16.12.2024 tarixində Heydər Əliyev hava limanı üzərində zəif turbulentlik üçün şərait olmuşdur.
- 2022-ci ildə Abşeron yarımadası üzərində ən çox ildırımlar avqust və noyabr aylarında müşahidə edilmişdir.

Ədəbiyyat

[1] Hüseynov N.Ş. Peyk meteorologiyası. Bakı, 2014., 230 s.

[2] <http://www.eumetsat.int/Home/index.htm>

[3] <https://www.windy.com/>

[4] [ready.noaa.gov](https://www.ready.noaa.gov)

FORECASTING OF HAZARDOUS ATMOSPHERIC PHENOMENA AND SYNOPTIC CONDITIONS THROUGH MODERN INNOVATIVE TECHNOLOGIES

Hasanzadeh E.Z., Huseynov N.Sh.

Abstract. The main goal of the article is to use data from countermeasures, radar systems, meteorological models in the prediction of hazardous atmospheric phenomena and synoptic conditions.

Keywords: CAPE, GFS, ICON, ECMWF, Wrm 200, Richardson.



İLDIRIMLI HAVA ŞƏRAİTİNİN DAYANIQSIZLIQ İNDEKSLƏRİ VASİTƏSİ İLƏ TƏHLİLİ

Məmmədli Ə.A., Hüseynov N.Ş.

amammadli.30757@naa.edu.az

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Məqalədə məqsəd atmosfer dayanıqsızlıq enerjisinin qiymətləndirilməsi üçün müxtəlif empirik və proqnozlaşdırıcı üsullardan istifadə edərək ildırımli hava şəraitinin dayanıqsızlıq indeksləri vasitəsi ilə təhlil etməkdən ibarətdir.

Açar sözlər: CAPE, Scholter indeksi, Lifted indeksi, atmosfer dayanıqsızlığı, ildırım.

Giriş. Hava nəqliyyatına təhlükə yaradan müxtəlif meteoroloji hadisələr, məsələn, ildırım, turbulentlik, güclü yağıntılar və külək sürüşmələri dayanıqsız atmosferdə intensiv konvektiv proseslərlə əlaqədardır. Bu təhlükəli hadisələr, orta troposferdən tropopauzaya qədər uzanan intensiv konvektiv proseslərin nəticəsi olaraq şaquli istiqamətdə qalxan topa-yağış buludlarının inkişafı ilə birbaşa bağlıdır. Buna görə də, bu buludların inkişafı üçün əlverişli atmosfer şəraitinin dəqiq proqnozlaşdırılması hava nəqliyyatında olduqca vacibdir.

Təhlükəli atmosfer proseslərinin obyektiv qiymətləndirilməsi və ildırımların proqnozlaşdırılması üçün müxtəlif üsullarla hesablanmış diaqnostik parametrlər və indekslər tətbiq olunmaqdadır. Bunlara Scholter İndeksi (SI), Lifted İndeksi (LI), CAPE indeksi, Total Totals (TT), Cross Totals (CT) və Vaiting İndeksi kimi nümunələr daxildir. [1]

Yuxarıda qeyd olunan dayanıqsızlıq indeksləri həm empirik üsullar, həm də riyazi proqnozlaşdırma üsulları (proqnoz modelləri) ilə qiymətləndirilir. Əksər dayanıqsızlıq indekslərinin hesablanmasında, parselin başlanğıc şəraitlərinin (p_0 , T_0 , T_d0) nəzərə alınması vacibdir, çünki konvektiv proseslərin inkişafı birbaşa əlverişli termodinamik şəraitdən asılıdır.

Bunu izah etmək üçün məqalədə, 850 hPa səviyyəsində tətbiq olunan iki metodu – Total Totals İndeksi (TT) və Lifted İndeksi (LI) – müqayisə edib və orta troposferdə dayanıqsızlıq hesablamaları üçün ətraf mühit şərtləri ilə qalxan hava hissəcikləri arasındakı fərqi necə olduğunu göstərilib [2].

$$SI = T_{500} - T_{p850} \quad (1)$$

$$LI = T_{500} - T_{p500} \quad (2)$$

Cədvəl 1. Scholter İndeksi (SI) və Lifted İndeksin (LI) dayanıqsızlığın intensivliyini müəyyən edən qiymətlər:

İndeksin qiyməti	Dayanıqsızlığın intensivliyi	İldırım ehtimalı
> 11	Ekstremal dayanıqlı vəziyyət	İldırım ehtimal olunmur
8-11	Güclü dayanıqlı vəziyyət	İldırım ehtimal olunmur
4-7	Dayanıqlı vəziyyət	İldırım ehtimal olunmur
0-3	Əsasən dayanıqlı vəziyyət	İldırım ehtimal olunmur
-3 dən -1	Zəif dayanıqsız vəziyyət	İldırım ehtimal olunur
-5 dən -4	Dayanıqsız vəziyyət	İldırım ehtimal olunur
-7 dən -6	Güclü dayanıqsız vəziyyət	Güclü ildırım ehtimal olunur
-7 -dən kiçik	Ekstremal dayanıqsız vəziyyət	Güclü ildırım və tornado ehtimal olunur

Qeyd olunan metodların məntiqi düzgünlüyünə baxmayaraq, təcrübə göstərib ki, bəzi hallarda onlar düzgün nəticə verməyib. Schouler İndeksi (SI) və Lifted İndeks (LI) siklonların isti sektorunda dayanıqsız şəraitdə ildırım hadisələrini effektiv proqnozlaşdırma bilsə də, onların polar hava axınları və ya qış şəraitində yağıntıları proqnozlaşdırmaqda uyğunsuzluqlar göstərdiyi məlum olub. Buna görə də, ildırım proqnozlaşdırılması üçün Schouler və ya Lifted İndeksi metodlarından istifadə edərək, sinoptik şərait diqqətlə nəzərə alınmalıdır; əks halda, LI və SI qiymətləri effektiv olmaya bilər[3].

Atmosfer dayanıqsızlığını hesablamaq üçün tətbiq olunan digər bir proqnozlaşdırıcı parametr kimi Total-Totals (TT) indeksini də qeyd etmək olar. Total-Totals indeksinin 850 hPa səviyyədəki rütubətliyi əks etdirməsi konvektiv buludlarda ildırımın yaranması üçün vacib amil sayılır. Bu indeksin hesablanması aşağıdakı prinsipə əsasən aparılır.

$$TT = T_{850} + T_{d850} - 2 \cdot [T_{500}] \quad (3)$$

TT – Total-Totals indeksi; T_{850} , T_{500} - 850 və 500 hPa-lıq izobarik səthlərdə havanın temperaturu; T_{d850} - 850hPa səthdə şəh nöqtəsi temperaturudur. Bu indeksin atmosfer dayanıqsızlığı üzrə kriteriyaları cədvəl 2-də göstərilmişdir.

Cədvəl 2. Total-Totals indeksinin atmosfer dayanıqsızlığı üzrə qradasiyaları

Total-Totals	Dayanıqsızlığın intensivliyi
<44	İldırım ehtimal olunmur
44-45	Ayrı-ayrı və ya bir neçə ildırım
46-47	Səpələnmiş ildırım ocaqları
48-49	Əhəmiyyətli sayda ildırım
50-51	Səpələnmiş güclü ildırım ocaqları
52-55	Əhəmiyyətli sayda güclü ildırım
>55	Güclü tornado ilə birlikdə çoxlu sayda güclü ildırım

Schouler İndeksi (SI) və Lifted İndeks (LI) ziddiyyətli tərəflərindən biri, onların yalnız müəyyən bir hündürlükdə (500 hPa) dayanıqsızlığı qiymətləndirməklə məhdudlaşmasıdır. Bu ilə əlaqədar olaraq, troposferin bütün qatlarında qeyri-bərabər stratifikasiyanın paylanması müəyyən etməyə imkan verən Konvektiv Mövcud Potensial Enerji (CAPE) hesablaması daha məqsəduyğun hesab edilir. CAPE, troposferdəki səviyyələr üzrə dayanıqsızlıq enerjisinin cəmlənməsi ilə hesablanır və adətən 100 hPa-da istifadə olunan aşağıdakı formula ilə hesablanır.

$$a = \frac{T_p - T_e}{T_e} \cdot 9.8 \quad (4)$$

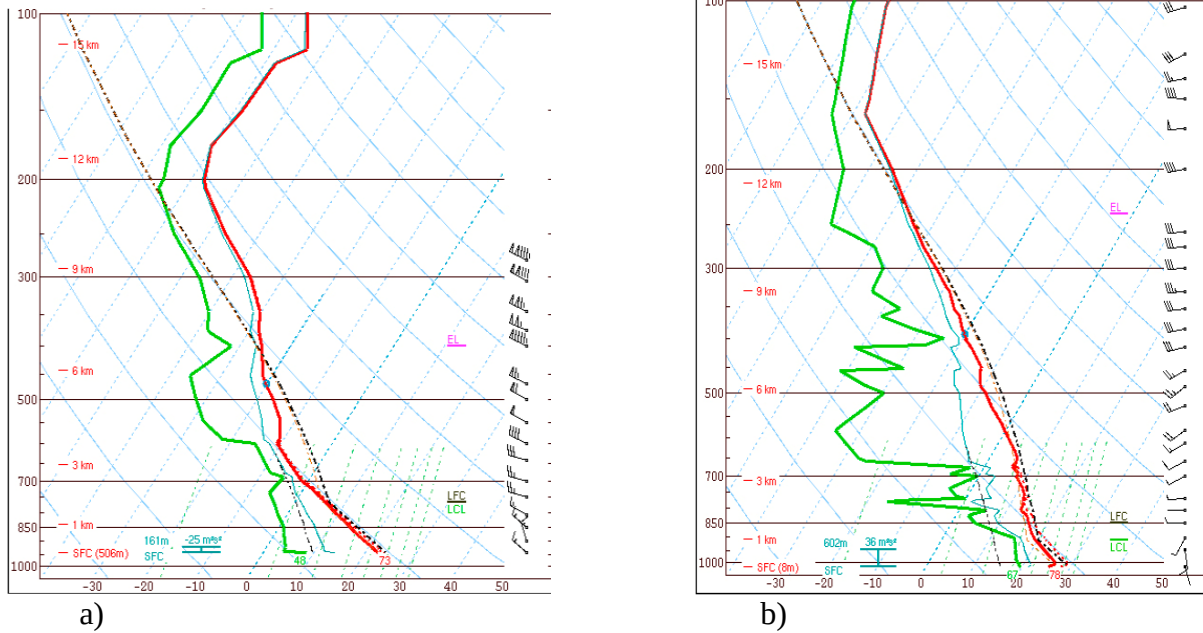
$$CAPE = \sum_{LCL}^{EL} a \cdot \Delta z \quad (5)$$

Formuladan aydın olduğu kimi, konvektiv mövcud potensial enerjinin (CAPE) qiyməti, hava parsellərinin izobarik səth boyunca dərhal yüksəlməsi ilə əlaqədardır. Aydın şəkildə, dayanıqsızlıq enerjisinin potensialı nə qədər böyük olarsa, ildırım və ya digər təhlükəli konvektiv hadisələrin inkişaf ehtimalı bir o qədər yüksəkdir. Aşağıdakı cədvəl, müxtəlif CAPE qiymətlərinə uyğun olaraq dayanıqsızlıq proseslərinin intensivliyini göstərir.

Cədvəl 3. Atmosfer dayanıqsızlığının CAPE qiymətləri

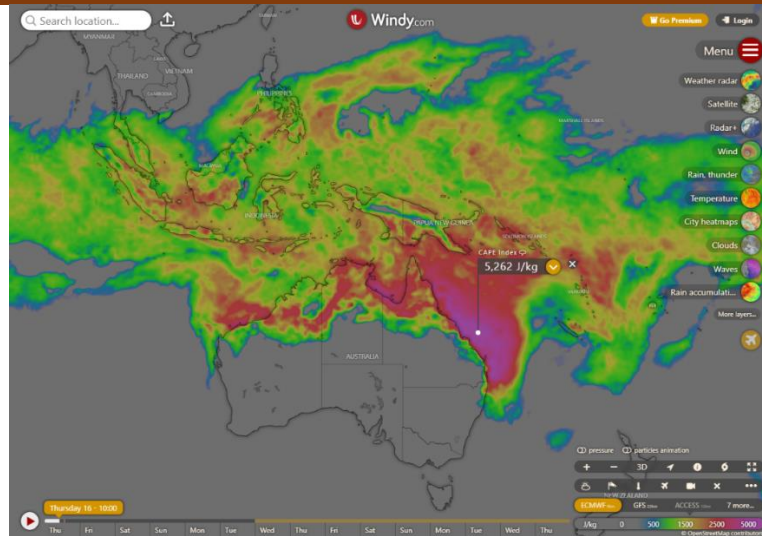
CAPE qiyməti (J/kg)	Dayanıqsızlığın intensivliyi
0-999	Zəif dayanıqsızlıq
1000-2500	Orta dayanıqsızlıq
2500-4000	Güclü dayanıqsızlıq
4000 və daha yüksək	Çox güclü dayanıqsızlıq

Cədvəldən göründüyü kimi, Konvektiv Mövcud Potensial Enerjinin (CAPE) daha yüksək qiymətləri dayanıqsızlığın artması ilə mütənasibdir. Yuxarıda qeyd olunan hesablamə üsulları, proqnozlaşdırıcı parametrlər qiymətlərinə əsaslanaraq atmosfer dayanıqsızlığının avtomatlaşdırılmış şəkildə hesablanmasına imkan verir, vaxt itirmədən və verilən formulalara uyğun müvafiq alqoritmlər qurmaq olar [4].

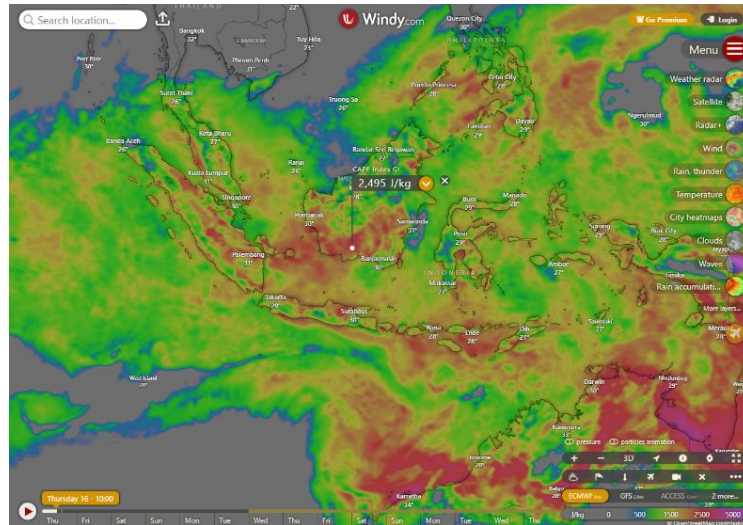


Şəkil 1. Eyni CAPE qiyməti üçün fərqli şaquli paylanmaların aeroloji diaqramlarda müqayisəsi

Konveksiya prosesinin fiziki xüsusiyyətinə görə, troposferdə dayanıqsızlıq şəraiti nə qədər inkişaf edərsə, prosesin intensivliyi bir o qədər güclü olur. CAPE indeksinin qiymətləndirilməsi üçün istifadə olunan metodlardan biri riyazi proqnozlaşdırma modellərinin tətbiqidir. Xüsusilə, GFS və ECMWF proqnozlaşdırma modelləri, CAPE indeksini riyazi üsullarla proqnozlaşdırmaq üçün istifadə olunur. Şəkil 2 və şəkil 3, CAPE indeksinin riyazi proqnozunun bir nümunəsini göstərmişdir [5].



Şəkil 2. Avstraliyanın şimal-şərq sahilində 5262 J/kg qiymətində bir CAPE indeksi müşahidə edilmişdir ki, bu da çox güclü dayanıqsızlıq şəraitinə uyğun gəlir. Bu sahə üçün güclü ildırım və tayfun şəraiti proqnozlaşdırılır



Şəkil 3. İndoneziyada 2495 J/kg qiymətində bir CAPE indeksi qeydə alınmışdır, bu da orta dayanıqsızlıq vəziyyətini göstərir. İldırımın yaranma ehtimalı yüksəkdir

CAPE indeksi 0-999 J/kg aralığında zəif dayanıqsızlıq, 1000-2500 J/kg aralığında orta dayanıqsızlıq, 2500-4000 J/kg aralığında güclü dayanıqsızlıq və 4000+ J/kg qiymətində ekstremal dayanıqsızlıq şəraiti uyğun hesab edilir. 16.01.2025-cü il tarixində aparılan tədqiqat nəticəsində İndoneziyada 2495 J/kg ilə orta dayanıqsızlıq, Avstraliyanın şimal-şərq sahilində 5262 J/kg ilə ekstremal dayanıqsızlıq müşahidə olunmuşdur.

Nəticə

- Dayanıqsızlıq enerjisi və atmosfer sabitlik şəraitləri təhlil edildikdən sonra, müsbət dayanıqsızlıq enerjisi sahəsində konvektiv buludluluğun inkişafı üçün əlverişli şəraitin mövcud olduğu aydın olur.
- Dayanıqsızlıq indeksləri və onların qiymətləri təhlil edilib.
- CAPE indeksi, müxtəlif bölgələr üçün riyazi proqnozlaşdırma modelləri ilə hesablanmışdır.

- 16.01.2025-cü il tarixində aparılan tədqiqat nəticəsində İndoneziyada 2495 J/kg ilə orta dayanıqsızlıq, Avstraliyanın şimal-şərq sahilində 5262 J/kg ilə ekstremal dayanıqsızlıq müşahidə olunmuşdur.

Ədəbiyyat

- [1] Hüseynov N. Ş., Sinoptik meteorologiya, dərslik Bakı 2011, səh. 69-83.
- [2] Banacos, P. C., və D. M. Schultz, 2005: Konvektiv başlanğıcın proqnozlaşdırılmasında rütubət axını yaxınlaşmasının istifadəsi: Tarixi və əməliyyat perspektivləri. // Wea. Forecasting, 20, 351–366.
- [3] Agostini Manzato, Griffith Morgan, 2003: Yüksəlmiş Parsel Nəzəriyyəsi ilə dayanıqsızlığın qiymətləndirilməsi. // Atmospheric Research 67-68, s. 455-473.
- [4] www.noaa.gov
- [5] www.windy.com

ANALYSIS OF THUNDERSTORM CONDITIONS USING INSTABILITY INDICES

Mammadli A.A., Guseinov N.Sh.

Abstract. Hazardous atmospheric events affecting civil aviation flights (lightning, heavy precipitation, hail, strong and mild icing, turbulence) are associated with atmospheric instability. The aim of the article is to analyze thunderstorm conditions using instability indices for the assessment of atmospheric instability energy, employing various empirical and prognostic methods.

Keywords: CAPE, Schouler Index, Lifted Index, atmospheric instability, lightning.



SƏHRA LAŞMA PROSESİNİN TƏDQIQATINDA AEROKOSMİK ÜSULLARIN ÜSTÜNLÜYÜ

Quliyeva N.İ., Cəfərova N.R.

quliyeva.nazenin2000@gmail.com

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Məqalə, səhralaşma prosesinin tədqiqatında aerokosmik üsulların istifadəsi və onların üstünlüyü məsələsinə baxılmışdır. Səhralaşma prosesi, qlobal iqlim dəyişikliyi və antropogen təsirin nəticəsində torpaqların məhsuldarlığının aşağı düşməsi və ekosistemlərin pozulması ilə bağlı həm təbii və sosial problemlərə çevrilib. Bu prosesin monitorinqi və tədqiqi üçün ən müasir və effektiv üsullardan biri aerokosmik texnologiyaların tətbiqidir. Aerokosmik üsullar, peyk təsvirləri, məsafədən zondlama üsulların vasitəsilə səhralaşma ərazilərin sahəsini, dərəcəsini və inkişaf dinamikasını dəqiq şəkildə izləməyə imkan verir. Bu üsullar sahə tədqiqatlarına nisbətən daha geniş əraziləri qısa müddətdə araşdırmağa, müxtəlif zaman intervalında dinamikasını təhlil etməyə və antropogen təsirin torpağın məhsuldarlığının səviyyəsini müəyyən etməyə şərait yaradır.

Nəticədə, aerokosmik texnologiyaların tətbiqi səhralaşma prosesinin qarşısını alır və idarə olunması istiqamətində elmi tədqiqatların effektivliyini artırır.

Açar sözlər: səhralaşma, torpağın degradasiyası, quru torpaqlar, quraqlıq, meşələrin qırılması, torpağın keyfiyyətinin azalması, idarəetmə strategiyaları.

Giriş. Səhralaşma Birləşmiş Millətlər Təşkilatının Səhralaşmaya Qarşı Mübarizə Konvensiyası (UNCCD) tərəfindən “iqlim dəyişikliyi və insan fəaliyyəti də daxil olmaqla, müxtəlif amillər nəticəsində quraq, yarımquraq və quru subrütubətli ərazilərdə (quru ərazilərdə) torpaqların degradasiyası” kimi müəyyən edilmişdir.

İqlim dəyişikliklərinə qlobal səviyyədə yağıntıların, quraqlığın və ya torpağın nəm itkisinin azalması daxildir. İnsan fəaliyyətlərinə həddindən artıq otlaq, meşələrin qırılması, təbii bitki örtüyünün çıxarılması və həssas ekosistemlərdə qeyri-davamlı kənd təsərrüfatı fəaliyyətləri daxildir.

Səhralaşma prosesi. Səhralaşma planetimizin milyonlarla insanları üçün faciəli hadisə hesab edilir. Belə ki, səhralaşma torpağın və bitki örtüyünün degradasiyası, onların bioloji və iqtisadi məhsuldarlığının azalması və ya tamamilə itirilməsi deməkdir. Səhralaşma zamanı məhsuldarlıq fəlakətli dərəcədə aşağı düşür, mal-qara tələf olur, su mənbələri quruyur, əkin sahələri şoranlaşır, qumluqlar yaşayış yerlərinə doğru «hərəkətə» gəlir, bunun nəticəsində yoxsulluq, aclıq və xəstəliklər baş verir. BMT ekspertləri səhralaşma prosesini və onun yayılmasını ekoloji vəziyyətin pisləşməsi kimi qiymətləndirir, qeyd edilir ki, bu proses nəticəsində yarımquraq ərazilərin məhsuldarlığı səhra səviyyəsinə kimi enir. Bununla əlaqədar təbii landşaftlar aridləşir, kənd təsərrüfatı üçün yararlılığı azalır və ya səhraya çevrilir. Səhralaşmanın iki formasını ayırırlar: səhralaşmış sahələrin arealının genişlənməsi (dezertifikasiya) və olduğu yerdə səhralaşma prosesinin dərinləşməsi. Hazırda səhralaşmanın arealı çox sürətlə genişlənir: bir dəqiqə ərzində 20 ha münbit torpaq sahəsi səhraya çevrilir, il ərzində bu rəqəm 6 mln hektara çatır [3]. Rio-de-Janeyroda keçirilən Beynəlxalq Konfransda (1992) səhralaşma və quraqlığa qarşı mübarizə “Gündəlik 21”ə daxil edilib, yəni bütün bəşəriyyət üçün ən mühüm vəzifə kimi müəyyən edilib.

Səhralaşma bir çox ciddi nəticələrlə müşayiət olunur. Otlaqların məhsuldarlığı azalır və buna uyğun olaraq mal-qaraya getdikcə az yem qalır. Kollar və ağaclar getdikcə daha da azalır və

buna görə də insanlar yemək bişirmək üçün yanacaq tapmaq üçün daha da irəli getməli olurlar. Yerüstü axıntılar azaldığından və yeraltı su ehtiyatları tükəndiyindən su da getdikcə azalır.

Aydındır ki, səhrələşmə proseslərinin inkişafının monitorinqi bütün bəşəriyyət üçün aktual vəzifədir. Bu halda müasir informasiya texnologiyalarından, o cümlədən aerokosmik və geoinformasiya texnologiyalarından istifadə səhrələşmə proseslərinin monitorinqində mühüm rol oynayır [1].

Amerika alimi Q.Dreqni üç faktorun (bitki örtüyünün tərkibinin dəyişməsi, torpağın eroziyası və şoranlaşması) indiqatorluğu əsasında 4 səhrələşmə dərəcəsi ayırır.

- Zəif səhrələşmə – bitki örtüyünün və torpağın zəif pozulması. Məhsuldarlığın 10%-dən az aşağı düşməsi ilə ifadə olunur.

- Orta dərəcə səhrələşmə – mal-qaranın otarılması üçün qeyri-əlverişli şərait yaranır, torpağın eroziyası inkişaf edir, məhsuldarlıq 10-50% aşağı düşür.

- Yüksək dərəcə səhrələşmə (güclü səhrələşmə) – yem bitkiləri az qiymətli ot növləri və kollarla əvəz olunur, eroziya nəticəsində torpağın münbit qatı dağılır, məhsuldarlıq 50%-dən çox aşağı düşür. Səhrələşmənin bu mərhələsində pozulmuş ərazinin bərpası yavaş gedir, yüksək kapital qoyuluşu tələb olunur.

- Çox yüksək dərəcə səhrələşmə (çox güclü) – bərpa olunmaz proses olub, torpağın bərpası mümkün deyil.

Tədqiqat nəticəsində səhrələşmə prosesləri üçün meyarlar tərtib edilmişdir. (Cədvəl 1).

Cədvəl 1. Səhrələşmə prosesi üçün meyarlar

SƏHRALARIN NÖVLƏRİ	SƏHRALASHMA DƏRƏCƏSİ (DEQRADASIYA DƏRƏCƏSİ)				
	Pozulmamış geosistemlər	Zəif deqradasiya	Orta deqradasiya	Yüksək dərəcə	Çox yüksək dərəcə
Bioloji məhsuldarlığın azalması (%)	nəzərə çarpan dəyişikliklər yoxdur	25	25-50	50	> 50
DEFLYASIYA					
(1) Torpağın üst horizontunun deflyasiyası (%)	nəzərə çarpan dəyişikliklər yoxdur	25	25-50	50	> 50
(2) Taxıl və digər məhsulların məhsuldarlığının azalması (%) [inkışaf etmiş ərazilər üçün]		10	10-50	50	> 50
SU EROZİYASI					
(1) Üst torpaq horizontunun yuyulması (%)	nəzərə çarpan dəyişikliklər yoxdur	25	25-50	50	> 50
(2) Taxıl və digər məhsulların məhsuldarlığının azalması (%) [inkışaf etmiş ərazilər üçün].		10	10-50	50	> 50
TORPAĞIN ŞORANLAŞMASI					
Kənd təsərrüfatı məhsuldarlığının azalması (%).	nəzərə çarpan dəyişikliklər yoxdur	10	10-50	50	> 50

Azərbaycanda səhrələşmə problemi.

Azərbaycanda səhrələşmə prosesi əsasən dağətəyi, düzənlik və ovalıq ərazilərdə təbii, xüsusən antropogen amillərin təsiri nəticəsində baş verir. Bu ərazilərdə yağıntıların orta illik miqdarı 150-400 mm arasında dəyişir, səthi buxarlanma yağıntının miqdarından 3-4 dəfə artıqdır.

İqlim yarımsəhra və quru bozqır yarım tipinə aiddir. Səhrələşmə prosesi daha çox Kür-Araz ovalığı və Xəzər dənizinin sahiləyi əraziləri üçün daha səciyyəvidir. Aerokosmik təsvirlərdən istifadə edərək bu ərazilərdə bu dəyişikliklər göstərilir.

1. Kür-Araz ovalığı. Regionun dağətəyi hissəsində səhrələşmə prosesi bitki örtüyünün pozulması, məhv edilməsi, hədsiz mal-qara otarılması, aqrotexniki qaydalara riayət olunmaması ilə əlaqədardır. Bu ərazidə səhrələşmə prosesi bitki örtüyünün degradasiyası, səthi və yarıqan eroziyası, suvarma aparılan sahələrdə isə irriqasiya eroziyası, bəzən şoranlaşma və sürüşmə hadisələrinin yaranması istiqamətində gedir (şəkil 1).



Şəkil 1. Kür-Araz ovalığında torpağın şoranlaşması

Kür-Araz ovalığında səhrələşmə prosesi Şirvan düzündə daha güclü gedir. Burada apardığımız tədqiqatlar göstərir ki, bitki və torpaq örtüyünün səhrələşməsinin (və ya degradasiyası) istiqamətini və intensivliyini yaradan səbəblər ərazinin ekoloji şəraiti (relyefi, bitki örtüyü, torpağı) və antropogen amillərin müxtəlifliyi ilə əlaqədardır. Rayonun dağətəyi ərazilərində səhrələşmə prosesi bitki örtüyünün məhv olması, həddən artıq otarılması, kənd təsərrüfatı normalarına əməl olunmaması nəticəsində baş verir. Bu ərazidə səhrələşmə prosesi bitki örtüyünün degradasiyası, səth və yarıqan eroziyası, suvarılan torpaqlarda isə irriqasiya eroziyası ilə nəticələnir, bəzən şoranlaşma və sürüşmələrə səbəb olur.

2. Səhrələşmə Abşeron yarımadasında. Səhrələşmə əsasən Abşeron yarımadasında torpağın neft və neft tullantıları ilə çirklənməsi ilə əlaqədar da baş verir. Neft məhsullarının və çoxlu miqdarda buruq sularının səthə axıdılması, həm də qrun sularının səviyyəsinin qalxmasına və torpağın təkrar şoranlaşmasına səbəb olur (şəkil 2). Abşeronda neft yataqlarının düzgün istifadə edilməməsi, 10 illər ərzində ətraf mühitin mühafizəsi üzrə elementar qaydalara riayət etmədən neft çıxarılması, neft, qaz, kimyəvi maddələr, güclü minerallaşmış və radioaktiv çirklə suların yerin səthinə axıdılması Abşeron yarımadasının ayrı-ayrı təbii və antropogen landşaft sahələrinin çirklənməsinə və pozulmasına səbəb olmuşdur [2].



Şəkil 2. Abşeron yarımadasındakı neft yatağının peyk şəkli

Google Earth-dən yüksək keyfiyyətli təsvir neft quyularını və onların ətrafındakı çirklənmiş əraziləri göstərir.

Səhrələşmənin kənd təsərrüfatına təsiri.

İqlim dəyişikliyi və antropogen təsiri səhrələşmənin ən təsiredici amilləridir. Səhrələşmə quraqlığa doğru ümumi iqlim meyli ilə güclənə bilsə də, səhrələşmənin özü yerli ərazilərdə dəyişikliklərə səbəb ola bilər. Belə ki, səhrələşmənin kənd təsərrüfatına ciddi təsirləri var. Məhsuldar torpaq quraqlaşdıqda və yararsız olduqda, yerli səviyyədə məhsul istehsalının olmaması potensial global təsirlərə səbəb olur. Bütün bunlar torpağın məhsuldarlığının itirilməsinə səbəb olub.

Bu davamlı problemlərlə mübarizənin ilk addımı monitorinqin aparılmasıdır. Səhrələşmə prosesin tədqiqatları üzrə peyk təsvirlərin istifadə etməklə səhrələşmə ilə mübarizə aparan ölkələr ətraf mühitin monitorinqi proqramı hazırlayırlar (şəkil 3).



Şəkil 3. Səhrələşmə nəticəsində kənd təsərrüfatı torpaqlarının degradasiyası

Səhrələşmə prosesinin tədqiqatında aerokosmik üsulların üstünlüyü.

Peyklər uzun illər boyunca müəyyən ərazilər üzrə alınan təsvirlərin əsasında səhrələşmə prosesinin dinamikasını izləməyə imkan yaradır. Məsələn, peyk məlumatları torpağın rütubət səviyyəsi, bitki örtüyünün sıxlığı, səth temperaturu kimi göstəriciləri müqayisə etməyə imkan verir. Bu, tədqiqatçılara səhrələşmənin sürətini və səbəblərini müəyyənləşdirməkdə kömək edir [4].

Ənənəvi yerüstü tədqiqat üsulları çox vaxt və maliyyə tələb etdiyi halda, aerokosmik üsullar daha qənaətcil və operativdir. Peyk məlumatları real vaxtda əldə edilə bilər, bu da qərar qəbul etmə prosesini sürətləndirir.

Aerokosmik məlumatların Coğrafi İnformasiya Sistemləri ilə birgə istifadəsi səhrələşmə tədqiqatında böyük üstünlük yaradır. CİS vasitəsilə peyk məlumatları analiz edilərək xəritələşdirilir və səhrələşməyə məruz qalan ərazilər vizual şəkildə təqdim olunur. Bu yanaşma səhrələşmənin miqyasını müəyyən etməkdə və idarəetmə planları hazırlamaqda kömək edir.

Aerokosmik üsullar yalnız səhrələşmənin tədqiqi üçün deyil, eyni zamanda onunla mübarizə üçün də mühüm rol oynayır. Peyk məlumatları vasitəsilə mühafizə tədbirlərinin effektivliyi qiymətləndirilir. Məsələn, səhrələşmənin qarşısını almaq üçün əkin sahələrinin artırılması, suvarma sistemlərinin yaxşılaşdırılması və meşə zolaqlarının salınması kimi tədbirlər həyata keçirilir. Aerokosmik müşahidələr bu tədbirlərin nə dərəcədə uğurlu olduğunu analiz etməyə imkan verir.

Səhralaşma prosesi təbii ehtiyatlarını itirilməsi ilə yanaşı, insan həyatına da ciddi təsir göstərir. Aerokosmik üsullar bu prosesin tədqiqində və idarə olunmasında vacib alət hesab edilir. Onların yüksək dəqiqlik, geniş ərazi əhatəsi və operativlik kimi üstünlükləri səhralaşma ilə mübarizədə böyük perspektivlər açır. Elmi-tədqiqat mərkəzləri və dövlət qurumları bu texnologiyaları daha geniş şəkildə tətbiq etməklə səhralaşmanın təsirlərini minimuma endirə bilərlər [4].

Nəticə. Aerokosmik üsullar səhralaşma prosesinin tədqiqində effektiv və innovativ yanaşma kimi ön plana çıxır. Peyk müşahidələri, məsafədən zondlama texnologiyaları və yerüstü tədqiqatların vasitəsilə geniş ərazilərin monitorinqi mümkün olur. Bu üsulların üstünlükləri arasında yüksək dəqiqlik, qlobal əhatə, operativlik və uzunmüddətli müşahidə imkanlarını qeyd etmək olar. Aerokosmik məlumatların Coğrafi İnformasiya Sistemləri (CİS) ilə integrasiyası isə səhralaşmanın dinamikasını və miqyasını xəritələşdirmək, proseslərin səbəblərini və nəticələrini detallı şəkildə araşdırmaq üçün yeni perspektivlər açır.

Bununla yanaşı, aerokosmik texnologiyalar səhralaşma ilə mübarizə tədbirlərinin planlaşdırılmasında və effektivliyinin qiymətləndirilməsində əhəmiyyətli rol oynayır. Məsələn, əkin sahələrinin artırılması, eroziyanın qarşısının alınması və meşə zolaqlarının salınması kimi tədbirlərin təsirini real vaxt rejimində izləmək mümkündür.

Gələcəkdə aerokosmik üsulların daha geniş tətbiqi, elmi-tədqiqat idarələrinin və dövlət qurumlarının bu texnologiyaları birgə istifadəsi ilə səhralaşma ilə mübarizə daha effektiv təşkil edilə bilər. Bu texnologiyaların davamlı inkişafı və daha əlçatan olması səhralaşmanın təsirlərinin azaldılması istiqamətində yeni imkanlar yaradacaqdır.

Ədəbiyyat

- [1] Əliyev, S. (2020). "Azərbaycanın səhralaşma proseslərinin öyrənilməsində peyk məlumatlarının rolu". Bakı: Elm Nəşriyyatı.
- [2] https://files.preslib.az/projects/eco/az/eco_m2_6.pdf
- [3] <https://borgenproject.org/effects-of-desertification/>
- [4] https://www.eca.europa.eu/lists/ecadocuments/bp_desertification/bp_desertification_en.pdf

THE ADVANTAGE OF AEROSPACE METHODS IN THE STUDY OF DESERTIFICATION PROCESSES

Guliyeva N.I., Jafarova N.R.

Abstract. This article examines the use of aerospace methods in the study of desertification and the advantages of aerospace methods. Desertification is an important natural and social problem associated with the loss of soil fertility and the destruction of ecosystems as a result of global climate change and human activities. Aerospace technologies are one of the most modern and effective methods for monitoring and studying this process. Aerospace methods allow us to accurately monitor the extent, degree and development dynamics of desertification zones using satellite imagery and remote sensing. These methods allow us to study larger areas in a short time, analyze changes in different time intervals, and determine the effect of human influence on land resources compared to field studies.

As a result, aerospace technologies increase the effectiveness of scientific research in the direction of preventing and controlling desertification and make a significant contribution to the development of practical solutions.

Keywords: desertification, land degradation, drylands, drought, deforestation, soil quality decline, management strategies.



QIZILAĞAC QORUĞUNUN SU-BATAQLIQ BİTKİ ÖRTÜYÜNÜN DİNAMİKASININ GEOİNFORMASIYA VƏ AEROKOSMİK TEKNOLOGİYALARIN KÖMƏYİ İLƏ TƏDQIQI

Qurbanzadə M.Q., İsmətova X.R.

mxaylo.02@gmail.com

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Bataqlıq ərazilər azalma, itki və deqradasiyanın ən yüksək nisbətlərinə malik ekosistemlər sırasındadır. İqlim dəyişikliyinə mənfi təsirləri nəticəsində global biomüxtəliflik və ekosistem funksiyalarında cari mənfi tendensiyaların davam edəcəyi proqnozlaşdırılır və belə ərazilərin monitorinqinin zəruri olduğu aydındır. Bu məqalə geoinformasiya və aerokosmik texnologiyalardan istifadə etməklə Qızılağac Təbiət Qoruğunun bataqlıq ekosisteminin dinamikasını öyrənir.

Açar sözlər: su-bataqlıq, deqradasiya, geoinformasiya və aerokosmik texnologiyalar, ekosisteminin dinamikasını.

Giriş. Bataqlıqlar dünyanın quru səthinin təxminən altı faizini əhatə edir və insanlar və təbiət üçün böyük əhəmiyyətə malikdir, bunlara Azərbaycandakı Qızılağac Qoruğu da daxildir. Qızılağac Dövlət Təbiət Qoruğu Azərbaycanda yaradılmış ilk böyük qorunma ərazisidir. Qoruğun əsas məqsədi quşların qorunması və çoxalması, onların yaşayış şəraitinin daha da yaxşılaşdırılmasıdır. 1976-cı ildə Qızılağac Qoruğu, su quşlarının yaşama ərazisi olaraq Ramsar Siyahısına daxil edilib. Qoruğun ərazisində yarımsəhra və quru çöl iqlimi hökm sürür, yumşaq qışı və quru, istiyayları ilə yanaşı, mülayim isti iqlim və quru yay mövsümü də mövcuddur.

Böyük Qızılağac körfəzinin dərin sulara geniş sahəni dəniz otları örtür, az dərin sulara isə yaşıl, diatomlu və mavi-yasılyosunlara ayılıb. 1929-1939-cu illər arasında Xəzər dənizinin səviyyəsinin enməsi nəticəsində qoruğun geniş sahələri quruyub və sovxozlara verilib, əkin sahələrinə çevrilib. 1951-ci ildə qoruğun sahəsi iki dəfə azaldıldı, 1961-ci ildə isə daha 4600 hektar ərazi kəsildi. Hal-hazırda qoruğun sahəsi 88.360 hektardır [3,4].

Lakin belə məhdudlaşdırılmış vəziyyətdə belə, qoruq 1975-ci ildə beynəlxalq əhəmiyyətli ərazilər sırasına daxil edilib, əsasən su quşları və suya yaxın quşların yaşayış yeri kimi tanınıb. Qoruğun ərazisində su-bataqlıq bitkiləri, yarımsəhra və çəmən bitkiləri yayılıb [1,3,4].

Su-bataqlıq əraziləri ekosistemlər arasında ən sürətlə azalan, itirilməsi və deqradasiya olan ekosistemlərdən biridir. Proqnozlara görə, iqlim dəyişikliyinə mənfi təsirinə nəticəsində, dünyada bioloji müxtəliflik və ekosistem funksiyalarında mövcud olan mənfi tendensiyalar davam edəcək və belə ərazilərin monitorinqi aydın şəkildə vacibdir.

Bu məqalədə Qızılağac Qoruğunun su-bataqlıq ekosisteminin dinamikası, geoinformasiya və aerokosmik texnologiyaların köməyi ilə tədqiq edilir [1,2].

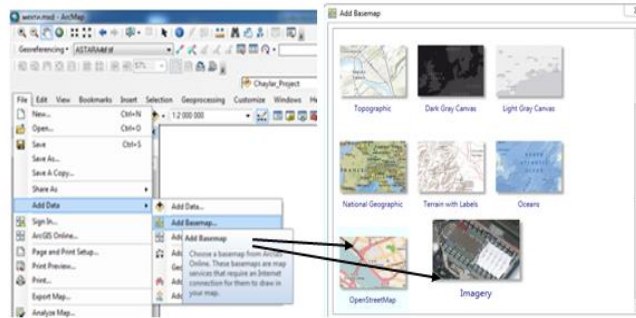
Metodlar. Tədqiqatın aparılması üçün ilkin məlumatlar bunlardır:

1. Open Street Map saytından alınan məlumatlar (şəkil 2);
2. Google Earth saytından əldə edilmiş peyk şəkilləri (şəkil 3);
3. 1:25000 miqyaslı topoqrafik xəritələr.

Tədqiqatın məqsədi: qoruğun ərazisindəki su-bataqlıq bitki örtüyünün dinamikasının monitorinqi idi. Məlumatların emalı ArcGIS 10.4.1 GIS proqram kompleksi və müxtəlif zamanlarda toplanmış məsafədən zondlama məlumatlarının işlənməsi üsulları ilə aparılmışdır.

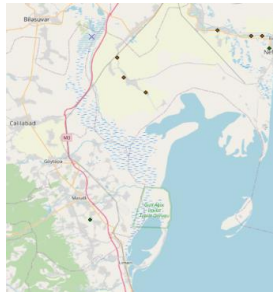
Nəticə və müzakirələr. İlk mərhələdə GIS ArcGIS 10.4.1 mühitində məlumatlar daxil

edilib. Bunun üçün aşağıdakı addımlar izlənilib: *FILE* → *Add Data* → *Add Basemap* → *Open Street Map* və *Add Basemap* → *Imagery* (şəkil 1).

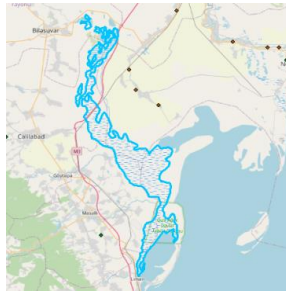


Şəkil 1. İlk məlumatların GIS ArcGIS (10.4.1)-ə daxil edilməsi

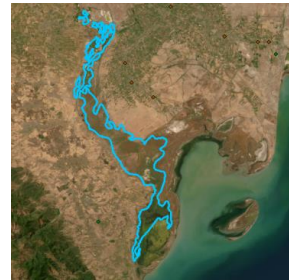
Şəkil 2-də, Qızılağac Təbiət Qoruğunun ərazisi Open Street Map-dən alınmış xəritədə göstərilir. Vektorlaşdırma alətindən istifadə edərək, ehtiyatın sahəsi vektor təbəqəsi şəklində ayrılır (şəkil 3). İlk kosmik təsviri çağırıqdan sonra onun üzərinə vektor təbəqəsi şəklində qoruq ərazisinin konturları vurulmuşdur (şəkil 4).



Şəkil 2. Open Street Map-dən alınmış xəritə (2023-cü il)



Şəkil 3. Qoruq ərazisinin vektorlaşdırılması (mavi rənglə təsvir edilmişdir)



Şəkil 4. Peyk təsviri və qoruq ərazisinin vektor qatları (2023)

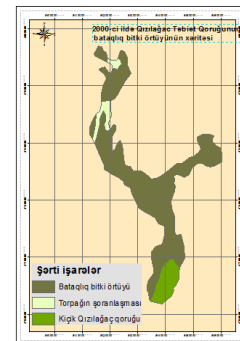
İkinci mərhələdə. 2000-ci il üçün GoogleEarth saytıdan əldə edilmiş peyk şəkli əsasında su-bataqlıq bitki örtüyünün dinamikası analiz edilib. 2000-ci ilin peyk şəkli üzərində vizual analiz və vektorlaşdırma nəticəsində aşağıdakı nəticələrə gəlmək olar: su-bataqlıq bitki örtüyü qoruğun demək olar ki, bütün ərazisində yayılıb (şəkil 5, 6, 7).



Şəkil 5. 2000-ci ildə su-bataqlıq bitki örtüyünün yayılması



Şəkil 6. 2000-ci ilin peyk şəkli əsasında Qoruq ərazisinin vektorlaşdırılması



Şəkil 7. 2000-ci il peyk şəkli əsasında su-bataqlıq bitki örtüyünün rəqəmsal xəritəsi

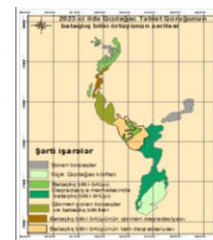
Üçüncü mərhələdə. 2023-cü ilin peykşəkli analiz edilib və analiz nəticəsində 2023-cü il üçün su-bataqlıq bitki örtüyünün xəritəsi tərtib edilib (şəkil 8, 9, 10).



Şəkil 8. 2023-cü il üçün Qoruq ərazisinin peyk şəkli



Şəkil 9. 2023-cü ilin peyk şəkli əsasında Qoruq ərazisinin vektorlaşdırılması



Şəkil 10. 2023-cü ilin peyk şəkli əsasında su-bataqlıq bitki örtüyünün rəqəmsal xəritəsi

Vizual analiz və 2023-cü il peyk təsvirin əsasında vektorlaşdırma nəticəsində belə bir nəticəyə gəlmək olar: bu ərazidə su-bataqlıq bitki örtüyünün deqradasiya prosesi və su-bataqlıq ekosisteminin quruması baş verir.

Nəticə. Baxmayaraqki, su-bataqlıq ərazilər yerin təxminən altı faizini təşkil edir, burada bütün floranın və faunanın təxminən 40 faizi yaşayır. Su-bataqlıq əraziləri meşələrdən üç dəfə daha sürətlə yox olur. 1970-ci ildən bəri dünya üzrə su-bataqlıq ərazilərinin 35 faizi itirilmişdir. İnsan fəaliyyəti, su-bataqlıq ərazilərinin itirilməsinə səbəb olan amilləri əhatə edir: kənd təsərrüfatı və tikinti məqsədilə ərazilərin qurudulması, su hövzələri və torpaqların çirklənməsi, balıq ovunun həddindən artıq olması və təbii resursların istismarı, invaziv növlərin yayılması, iqlim dəyişikliyi. Bu məqalədə aparılmış tədqiqatlar göstərir ki, Qızıl-Ağac Qoruğunun su-bataqlıq ekosistemlərinin deqradasiyası bu baxımdan istisna deyil.

Ədəbiyyat

- [1] Мехтиев В., Стенченко А. Кызыл-Агачскому заповеднику — 50 лет // журнал «Охота и охотничье хозяйство», № 6, стр. 18-19(1980).
- [2] İsmətova H.R., Bədəlova A.N., Talibova S.S., İsmayılov A.İ. Torpaqsünaslıqda aerokosmik metodların tətbiqi xüsusiyyətləri. Məqalələr toplusu: Elm, texnologiya, təhsildə müasir tendensiylər. XII Beynəlxalq Elmi-Praktik Konfransın materialları əsasında elmi məqalələr toplusu. S. 10-21(2020).
- [3] <https://www.nkj.ru/archive/articles/1409/>
- [4] <https://ru.wikipedia.org/wiki/>

INVESTIGATION OF THE DYNAMICS OF AQUATIC-SWAMP VEGETATION IN THE KYZYL-AGACH RESERVE WITH THE HELP OF GEOINFORMATION AND AEROSPACE TECHNOLOGIES

Qurbanzadə M.Q., İsmətova X.R.

Abstract. Wetlands are among the ecosystems with the highest rates of decline, loss and degradation. Current negative trends in global biodiversity and ecosystem functions are projected to persist due to the negative impacts of climate change, and monitoring of such areas is clearly needed. This paper examines the dynamics of the wetland ecosystem of the Qizil-Agach Nature Reserve using geoinformation and aerospace technologies.

Keywords: wetlands, geoinformation and aerospace technologies, degradation, wetland ecosystem.

**QARABAĞ ƏRAZISINDƏ HAVA TEMPERATUR REJİMİNİN
MÜASİR DİNAMİKASI****Əliyev R.A., Hüseynov C.S.**revaneliyev1135@gmail.com*Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan*

Xülasə. Məqələdə, Kiçik Qafqaz vilayətinin cənub və şərqini əhatə edən Qarabağ vulkanik yaylası, Dağlıq Qarabağ və Həkəri fiziki-coğafi rayonlarında hava temperaturunun müasir vəziyyəti qiymətləndirilmişdir. Tədqiqatda 1991-2015-ci illərə aid meteoroloji müşahidə məlumatlarından istifadə edilmişdir. Stansiyaların ilkin məlumatları əsasında hava temperaturunun aylıq və fəsillik göstəriciləri müəyyən edilmiş onların qrafik və cədvəli tərtib edilmişdir. Təhlil edilən regionun orta illik temperaturu 12-13°C təşkil edir. Ən soyuq fəsil qış, ay yanvar, ən isti fəsil yay, ay isə iyul və avqustdur. 1991-2015-ci illərdə temperaturun fəsillər üzrə paylanması ən aşağı temperatur İstisuda (-3.9°C) ən yüksək isə Ağdərədə (26.2°C) qeydə alınmışdır. Bu regionda hava temperaturunun tədqiqi müasir dövr üçün yenidən qurulmaqda olan regionun iqlim xüsusiyyətlərinin müəyyənəlməsində xüsusi rol oynayacaqdır. Burada hidrometeoroloji şəraitin yenidən öyrənilməsi, sosial-iqtisadi, yaşayış infrastrukturunun formalaşdırılmasında tədqiqat işinin nəticələrindən istifadə edilə bilər.

Açar sözlər: havanın temperaturu, iqlim rejimi, orta illik göstərici, iqlim dəyişmələri.

Giriş. Yer kürəsində son onilliklərdə baş verən iqlim dəyişmələri artıq hər kəsə məlumdur. Atmosferdə qaz konsentrasiyasının pozulması, bura atılan zəhərli qazların istixana effektini yaratması ilə radiasiya balansının süni şəkildə dəyişməsinin nəticəsi kimi qiymətləndirilir. Hazırda global temperatur artımı 1.5°C civarındadır və beynəlxalq təşkilatlar bu göstəricinin 2.0°C altında qalması üçün bir sıra ciddi addımlar atır [4, 6]. Cüzi orta aylıq, fəsillik temperatur dəyişkənliyi yer kürəsinin regionlarından asılı olaraq, güclü qasırğa-tornadoların, musson axınlarının, sakit okean tərəddüdlərinin, buzlaq və daimi donuşluq zonalarının əriməsinin daha sürətli dəyişməsinə tətikləyir. Bu dəyişmələr də quraqlıq, subasma, daşqın, sürüşmə, qar uçqunu, leysan yağışları, ildırım-dolu hadisələrinin zaman-məkan təkrarlanmasını genişləndirir.

Kiçik Qafqaz təbii vilayəti ölkənin dağlıq regionlarından biridir [1,4]. Bundan öncə ərazidə Ə.M.Şıxlinski, Ə.C.Əyyubov, Ə.S.Məmmədov, S.H.Səfərov, R.N.Mahmudov, C.S.Hüseynov və.s kimi tədqiqatçılar tərəfindən aparılan təhlillərdə iqlim rejimi təhlil edilsədə, bu regionun cənubu və şərqini uzun illər hərbi münaqişə zonası olduğuna görə 1991-2015-ci illərdə hava temperatur rejiminə və onun son illərdə dəyişkənliklərinə nəzər yetirilməmişdir.

Metodlar. Tədqiqatda Kiçik Qafqaz vilayətinin cənub-şərq və cənubunu əhatə edən İstisu (2294 m), Şuşa (1358 m), Laçın (1152 m), Xankəndi (827 m), Hadrut (725 m), Cəbrayıl (625 m), Əsgəran (540 m), Fizuli (439 m), Ağdərə (411 m), Ağdam (378 m), Xocavənd (320 m), Mincivan (313 m) stansiyalarının 1991-2015-ci illər üzrə müşahidə məlumatlarından istifadə edilmişdir. Təhlillər, çoxillik üçün olan müşahidə sıralarına əsaslanaraq riyazi və statistik metodlarla aparılmışdır. Tədqiqatda tərtib edilən qrafik və cədvəl MS Excel proqramı ilə tərtib edilmişdir. Vilayətin bu hissəsində hava temperaturunun müasir xüsusiyyətlərinin zaman-məkan daxilində paylanması, çoxillik dövrdə tendensiyaları araşdırılmışdır.

İşin məqsədi. Tədqiqatın məqsədi Kiçik Qafqaz dağlarının şərq və cənub ətəklərində hava temperaturunun müasir paylanma xüsusiyyətlərinin araşdırılmasıdır. Buna görə, tədqiqat dövründə hava temperaturunun çoxillik xüsusiyyətlərinin müəyyən edilməsi, hava temperaturunun aylıq,

fəsillik və illik ərzində xarakteristikasının təhlil edilməsi tədqiqatın qarşıya qoyduğu vəzifələrdəndir.

Müzakirə. Kiçik Qafqaz vilayətinin bu fiziki rayonları təbii-coğrafi xüsusiyyətlərinə görə digər dağlıq regionlardan bir qədər fərqlənir [2, 3]. Belə ki, ovalıqla öndağlıq arasında yeləşən, hipsometriyası 200-300 m olan düzənliklərdən Kiçik Qafqaz dağlarının şimal hissəsində Murovdağ (Gamışdağ, 3724 m), cənub və şərq hissələrində Qarabağ silsiləsi (Qızqala, 2843 m) və Qarabağ yaylasına (Dəlidağ, 3616 m) kimi yüksəlir [3, 5]. Ərazidə dağətəyi və alçaq dağlıqda qışı quraq keçən mülayim isti, cənub hissədə qışı mülayim, yayı quraq keçən yarımsəhra-quruçöl, orta dağlığında qışı quraq keçən soyuq iqlim tipləri xarakterikdir [7, 8].

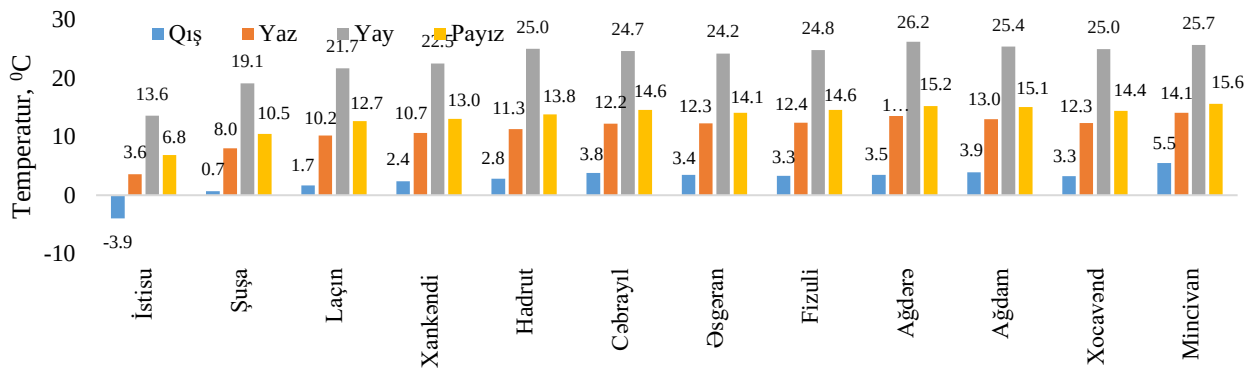
Kiçik Qafqaz vilayətinin cənub və cənub-şərq hissəsində aprel ayından (11.2°C) orta aylıq temperatur göstəriciləri artmağa başlayır, mayda 16°C , iyunda isə 21°C -ə yüksəlir. İyul və avqust vilayətin bu rayonlarında ən isti aydır və hər iki ay üzrə orta aylıq temperatur vilayət üzrə 24.1°C təşkil edir. İyul və avqustda bu göstərici stansiyalardan asılı olaraq, $14-27^{\circ}\text{C}$ aralığında dəyişir. Orta aylıq temperatur sentyabr, oktyabrda azalır və noyabrda vilayət üzrə 7°C -ə yaxın olur. Dekabr ayında orta aylıq temperatur 3°C civarında olsa da, ortadağlığın yuxarı hissələrində bu göstərici -3°C -ə kimi düşür. Çoxillik orta temperatur stansiyalardan asılı olaraq, düzənliklərdən ortadağlığın 2300 m hündürlüyünə kimi $5.0-15.2^{\circ}\text{C}$ aralığında dəyişir və vilayət üzrə 12.5°C təşkil edir. İsti aylarda hava temperaturu şərq düzənliklərdə cənubda Arazboyu düzənliklərlə müqayisədə, $1-2^{\circ}\text{C}$ daha isti, soyuq aylarda isə $1-2^{\circ}\text{C}$ daha soyuq olur. Vilayətdə qar xətti təqribən 2800-3000 m-dən keçir. Yanvar, fevral, mart, aprel, may, oktyabr, noyabr və dekabrda yüksəkdağlıq qurşaqlarda hava temperaturunun orta aylıq göstəricisi 0°C -dən aşağıdır.

Cədvəl 1. Hava temperaturunun aylar üzrə paylanması (1991-2015)

Stansiya	Aylar												İl
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
İstisu	-4.6	-4.3	-1.0	3.9	7.9	11.7	14.2	14.9	11.9	7.2	1.4	-2.9	5.0
Şuşa	-0.1	0.3	3.1	8.2	12.6	17.3	19.8	20.2	15.6	10.7	5.1	1.9	9.6
Laçın	0.9	1.6	5.3	10.5	14.9	19.4	22.5	23.1	18.5	12.8	6.7	2.5	11.6
Xankəndi	1.5	2.3	5.5	10.9	15.6	20.5	23.4	23.7	18.7	13.2	7.1	3.4	12.1
Hadrut	2.7	2.2	6.4	10.8	16.7	22.9	26.6	25.6	19.9	14.0	7.5	3.6	13.2
Cəbrayıl	3.1	3.6	6.8	12.2	17.7	22.9	25.6	25.5	20.5	14.7	8.5	4.8	13.8
Əsgəran	2.5	3.8	7.4	12.2	17.2	22.1	25.2	25.3	20.1	14.2	8.0	4.1	13.5
Fizuli	2.3	3.5	6.9	12.4	17.8	23.1	25.6	25.7	20.7	15.0	8.2	4.1	13.8
Ağdərə	2.4	3.9	8.7	13.2	18.7	24.3	27.1	27.4	21.7	15.3	8.7	4.2	14.6
Ağdam	3.0	4.0	7.4	13.0	18.5	23.7	26.3	26.2	21.3	15.2	8.7	4.7	14.3
Xocavənd	2.3	3.4	6.8	12.3	17.8	23.2	25.8	25.8	20.5	14.6	8.1	4.1	13.7
Mincivan	4.6	5.8	8.7	14.3	19.3	24.3	26.6	26.1	21.6	15.8	9.4	6.1	15.2
Region	1.7	2.5	6.0	11.2	16.2	21.3	24.1	24.1	19.3	13.6	7.3	3.4	12.5

Kiçik Qafqaz vilayətinin cənub və şərq hissələrində hava temperaturunun hündürlük qurşaqlarında ilboyu fərqli xüsusiyyətlərə malik olması, fəsillik orta göstəricilərindən bu ərazidə fərqli paylanmasına səbəb olur (şəkil 1). Belə ki, vilayətin bu hissələri üçün temperaturun orta fəsillik göstəricisi qışda 2.5°C -dir. Bu göstərici cənub hissədə Arazboyu düzənliklərdə $5-6^{\circ}\text{C}$, şərq düzənlikləri və alçaq dağlıqda $2-4^{\circ}\text{C}$, orta dağlıqda isə $-4 - +2^{\circ}\text{C}$ təşkil edir. Yazda orta fəsillik göstərici 11.1°C -dir. Bu fəsildə temperaturun orta göstəriciləri düzənlik və orta dağlıqda $11-14^{\circ}\text{C}$, orta dağlıqda isə $4-11^{\circ}\text{C}$ aralığındadır. Yay (23.2°C) bölgənin ən isti fəslidir. Burada düzənlik və ön dağlıqda orta temperatur $25-26^{\circ}\text{C}$, alçaq dağlıda $22-25^{\circ}\text{C}$, orta dağlıqda $14-22^{\circ}\text{C}$ təşkil edir.

Payızda bölgənin orta fəsillik temperaturu 13.4°C -dir. Bu göstərici, düzənlik və öndağlıqda $15-16^{\circ}\text{C}$, alçaq dağlıqda $13-15^{\circ}\text{C}$, orta dağlıqda $7-13^{\circ}\text{C}$ intervalındadır. Temperaturun fəsillik göstəricilərinin təhlili göstərir ki, vilayətdə cənub düzənlik və alçaq dağlıq hissə, şərq hissədən daha isti keçir. Orta dağlıqda isə hava temperaturu daha sürətli düşür. Bütün fəsillərdə ən yüksək orta temperatur göstəriciləri Mincivan, ən aşağı göstəricilər isə İstisu stansiyasında müşahidə edilmişdir.



Şəkil 1. Havanın temperaturunun fəsillik paylanması (1991-2015)

Nəticə. Kiçik Qafqaz təbii vilayətinin regionlarında 1991-2022-ci illər üzrə hava temperaturunun aylar üzrə paylanması məlumatlarına əsaslanan tədqiqatda aşağıdakı nəticələr müəyyən olunmuşdur:

1. Kiçik Qafqaz vilayətinin cənub və cənub-şərq hissəsində aprel ayından (11.2°C) orta aylıq temperatur göstəriciləri artmağa başlayır, mayda 16°C , iyunda isə 21°C -ə yüksəlir.
2. Havanın temperaturunun aylar üzrə orta göstəricisinə baxdıqda ən aşağı (1.7°C) yanvar ayında ən yüksək isə iyul və avqustda (24.1°C) müşahidə olunmuşdur, illik isə orta göstərici 12.5°C olmuşdur.
3. Burada ilboyu ən yüksək temperatur göstəriciləri İstisuda, ən yüksək isə Mincivanda müşahidə edilmişdir.

Ədəbiyyat

- [1] Azərbaycan Sovet Sosialist Respublikasının İstilik Balansı Atlası [Xəritə] / – Moskva: SSRİ Nazirlər Sovetinin Yanında Baş Geodeziya və Xəritəçilik İdarəsi, – 1978. – 92 s.
- [2] Azərbaycan Respublikasının Milli Atlası [Xəritə] / – Bakı: Dövlət Torpaq və Xəritəçəkmə Komitəsi, – 2014. – 444 s.
- [3] Azərbaycan Respublikasının Coğrafiyası / red. R.M.Məmmədov. – Bakı: Avropa, – c. 1: Fiziki Coğrafiya. – 2015. – 530 s.
- [4] Hüseynov, C.S. İqlim dəyişmələrinin Kiçik Qafqaz vilayətinin şimal-şərq hissəsində yağıntı rejiminə təsirinin qiymətləndirilməsi // “Qarabağ və Şərqi Zəngəzur iqtisadi rayonlarında təbii-təsərrüfat sistemlərinin təşkili və idarə edilməsi” mövzusunda elmi-praktiki konfrans materialları, Bakı: –26 aprel, – 2022. s.477–488.
- [5] İmanov, F.Ə. Hidrometeorologiyada statistik metodlar / F.Ə.İmanov. -Bakı: MBM, - 2011, - 272 s.
- [6] Qarabağ və Şərqi Zəngəzurun coğrafiyası: təbii-coğrafi şərait və sosial-iqtisadi inkişaf potensialı // red. Z.N.Eminov ilə. Bakı, “Optimist”, 2021, 536 s.
- [7] Климат Азербайджана / Под. ред. Э.М.Шихлинский. -Баку: Azərbaycan SSR Elmlər Akademiyası Geneva, 2017. № 1203, Switzerland. 29 p. ISBN 978-92-63-11203-3.

MODERN DYNAMICS OF THE AIR TEMPERATURE REGIME IN THE TERRITORY OF KARABAKH

Aliyev R.A., Huseynov C.S.

Abstract. The article evaluates the current state of air temperature in the Karabakh volcanic plateau, Nagorno-Karabakh and Hakari physical-geographical regions covering the south and east of the Lesser Caucasus region. The study used meteorological observation data for 1991-2015. Based on the initial data of the stations, monthly and seasonal air temperature indicators were determined and their graphs and tables were compiled. The average annual temperature of the analysed region is 12-13°C. The coldest season is winter, January, and the warmest season is summer, July and August. In the distribution of temperature by season in 1991-2015, the lowest temperature was recorded in Istisu (-3.9°C), and the highest in Aghdara (26.2°C). The study of air temperature in this region will play a special role in determining the climatic characteristics of the region, which is being reconstructed for the modern period. Here, the results of the research can be used in the re-study of hydrometeorological conditions, the formation of socio-economic and residential infrastructure.

Keywords: air temperature, climate regime, average annual indicator, climate change.



ZAQATALA VƏ QƏBƏLƏ HAVA LİMANLARINDA ATMOSFER YAĞINTILARININ PAYLANMA QANUNAUYGUNLUĞU

Həsənov R.A., Hüseynov N.Ş.

revanhesenov0042@gmail.com

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Bu tədqiqat işində Böyük Qafqazın cənub yamacında yerləşən Zaqatala və Qəbələ hava limanlarında atmosfer yağıntılarının paylanma qanunauyğunluqları təhlil edilmişdir. Tədqiqatda 2019-2023-cü illər ərzində toplanmış meteoroloji məlumatlar əsas götürülərək, yağıntıların çoxillik dəyişkənliyi və mövsümi xüsusiyyətləri öyrənilmişdir. Həmçinin, bu yağıntıların relyef, iqlim və sinoptik proseslərlə əlaqəsi analiz edilmişdir. Nəticələr göstərir ki, Zaqatala bölgəsində yağıntıların miqdarı relyefin yüksəkliyi və iqlim faktorları səbəbindən daha çoxdur, Qəbələ isə nisbətən mülayim yağıntı şəraiti ilə seçilir.

Araşdırmada atmosfer yağıntılarının fazalarına (bərk, maye və qarışıq yağıntılar) və yaranma şəraitlərinə görə təsnifatı təqdim olunmuşdur. Leysan və aramsız xarakterli yağıntıların meteoroloji görünüş məsafəsinə təsiri, xüsusilə aviasiya sahəsi üçün yaratdığı problemlər göstərilmişdir. Tədqiqat çərçivəsində yağıntıların paylanma göstəricilərinin daha əyani şəkildə başa düşülməsi üçün qrafiklər və histoqramlardan istifadə edilmişdir. Histoqramlar göstərir ki, ən yüksək yağıntı miqdarı yaz və payız fəsilərində qeydə alınmışdır. Bu nəticələr aviasiya təhlükəsizliyi və hava limanlarının iş prosesinin optimallaşdırılması üçün mühüm tövsiyələr verir.

Əlavə olaraq, atmosfer cəbhələrinin və yerli sinoptik proseslərin bölgələrdə yağıntıların paylanmasına təsirləri müəyyən edilmişdir. Araşdırmanın nəticələri göstərir ki, yağıntılar və onların intensivliyi həm meteoroloji, həm də hidrometeoroloji amillərlə sıx əlaqədardır. Nəticədə, bu məlumatlar aerodromların texniki xidmətlərinin planlaşdırılması və hava proqnozlarının dəqiqləşdirilməsi üçün əsaslı tövsiyələr təqdim edir.

Açar sözlər: atmosfer yağıntıları, Zaqatala, Qəbələ, meteorologiya, iqlim.

Giriş. Atmosfer yağıntıları, coğrafi mövqedən və iqlim şəraitindən asılı olaraq, bölgələrin sosial-iqtisadi və ekoloji sistemlərinə mühüm təsir göstərən əsas amillərdən biridir. Zaqatala və Qəbələ bölgələri, Böyük Qafqazın cənub yamacında yerləşərək, yüksək dağlıq və dağətəyi relyef şəraiti ilə fərqlənir. Bu xüsusiyyətlər bölgələrdə yağıntıların miqdarını və paylanmasını müəyyənləşdirən əsas faktorlardandır.

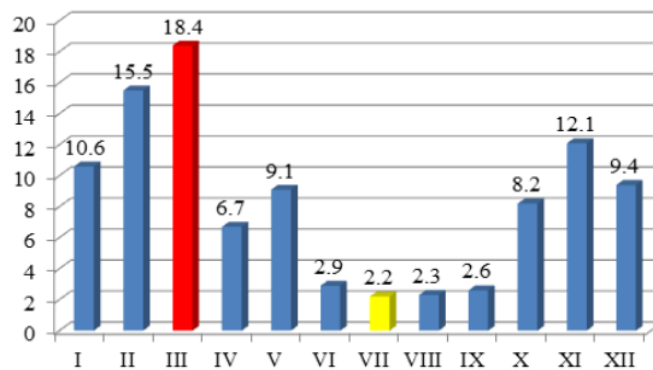
Tədqiqatın əsas məqsədi, Zaqatala və Qəbələ hava limanlarının fəaliyyətinə təsir edən atmosfer yağıntılarının paylanma qanunauyğunluqlarını araşdırmaqdır. 2019-2023-cü illəri əhatə edən meteoroloji məlumatlar əsasında aparılan analizlərdə yağıntıların illik, mövsümi və çoxillik dəyişkənlikləri öyrənilmişdir. Burada həm relyefin, həm də iqlim dəyişikliklərinin yağıntıların xarakterinə təsiri təhlil olunmuşdur.

Bu tədqiqat, həmçinin yağıntıların fəsilər üzrə dəyişkənliyi, leysan və aramsız yağıntıların intensivliyi kimi xüsusiyyətlərini əhatə edir. Araşdırma nəticələri, yağıntıların aviasiya təhlükəsizliyinə təsirini qiymətləndirmək və hava limanlarında iş prosesinin planlaşdırılması üçün mühüm məlumat bazası təqdim edir.

Hava limanlarının yerləşmə bölgələrinin təbii-iqlim şəraitinə dair belə bir dərin təhlil, müasir aviasiya sektorunda təhlükəsizlik və səmərəlilik göstəricilərini artırmağa xidmət edəcəkdir.

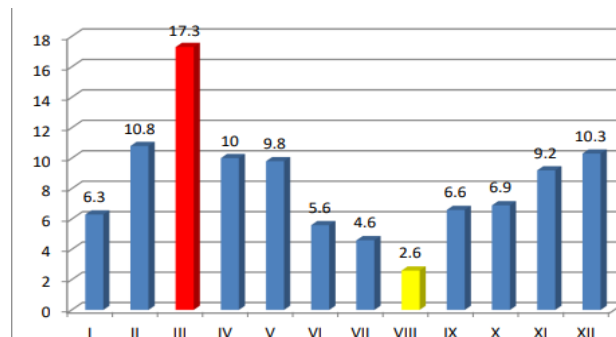
Metodlar. Tədqiqatın aparılması üçün aşağıdakı metodlardan istifadə edilmişdir:

1. *Meteoroloji məlumatların toplanması və analizi*: 2019-2023-cü illər ərzində Zaqatala və Qəbələ bölgələrinə aid meteoroloji məlumatlar toplandı. Bu məlumatlar yağıntıların miqdarı, növü və intensivliyi haqqında dəqiq məlumatlar təqdim etdi.
2. *Coğrafi təhlil*: Böyük Qafqazın cənub yamacında yerləşən tədqiq olunan ərazilərin relyef və coğrafi xüsusiyyətləri öyrənildi. Dağlıq ərazilərin iqlimə və yağıntıların yaranmasına təsiri qiymətləndirildi.
3. *Statistik təhlil*: yağıntıların illik, aylıq və mövsümi paylanması statistik metodlarla təhlil edildi. Bunun üçün müvafiq qrafiklər, cədvəllər və histoqramlar quruldu.
4. *Aerosinoptik təhlil*: atmosfer yağıntılarının yaranmasında sinoptik şəraitin rolu öyrənildi. Sinoptik xəritələr və barik topoqrafiya xəritələri əsasında atmosfer cəbhələrinin hərəkəti və bu proseslərin yağıntılara təsiri araşdırıldı.
5. *Vizualizasiya*: histoqramlar və diaqramlardan istifadə edərək yağıntıların paylanması, mövsümi dəyişkənlik və intensivlik əyani şəkildə təqdim edildi.



Şəkil 1. Qəbələ hava limanında 2019-2023-cü illər aralığında yağıntılı halların sayı (%-lə)

Yuxarıdakı histoqramda (şəkil 1) Qəbələ hava limanı üçün 2019-2023-cü illər ərzində yağıntılı halların sayı faizlə göstərilmişdir. Histoqramdan göründüyü kimi son beş il ərzində Qəbələ hava limanı üçün yağıntıların maksimal göstəricisi mart ayında müşahidə olunmuşdur (18.4 %). Ərazi üzrə minimal göstərici isə iyul ayına təsadüf edir ki, bu göstərici də 2.2 %-ə bərabərdir. Ümumi olaraq Qəbələ hava limanı ərazisində son beş il ərzində yağıntıların böyük hissəsi fevral, mart və noyabr aylarının payına düşür. Əraziyə son beş il ərzində ən az yağıntı yay aylarında düşmüşdür.



Şəkil 2. Zaqatala hava limanında 2019-2023-cü illər aralığında yağıntılı halların sayı (%-lə)

Şəkil 2-də təsvir olunan histoqramda Zaqatala hava limanı üçün son beş ildə atmosfer yağıntılarının aylar üzrə paylanma qanunauyğunluğu göstərilmişdir. Histoqramdan göründüyü kimi hava limanında

son beş ildə yağıntıların maksimal göstəricisi mart ayında müşahidə olunmuşdur və bu da ümumi göstəricinin 17.3 %-ni təşkil etmişdir. Minimal göstərici isə avqust ayına təsadüf etmişdir (2.6 %)

Nəticə və müzakirələr. Tədqiqat nəticələri göstərdi ki, atmosfer yağıntılarının paylanması Böyük Qafqazın cənub yamacında yerləşən Zaqatala və Qəbələ bölgələrində relyef və iqlim faktorlarına görə əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənir. Zaqatalada yağıntıların miqdarı, əsasən dağlıq relyefin təsiri ilə, Qəbələdən daha yüksəkdir. Xüsusilə, yaz və payız aylarında bu bölgədə yağıntıların miqdarı maksimum səviyyəyə çatır. Statistik analizlər göstərir ki, Zaqatala bölgəsində qar yağıntılarının intensivliyi Qəbələdən daha yüksəkdir, bu da yüksək dağlıq relyefin təsirini təsdiqləyir.

Qəbələdə isə qarışıq xarakterli yağıntılar üstünlük təşkil edir və yaz mövsümündə yağış yağıntılarının intensivliyi artır. Yay aylarında hər iki bölgədə yağıntıların miqdarında nəzərəcarpacaq azalma müşahidə olunur. Bu dəyişkənlik, xüsusilə aviasiya üçün vacib əhəmiyyət kəsb edir.

Tədqiqat zamanı sinoptik proseslərin də yağıntıların intensivliyinə əhəmiyyətli təsir göstərdiyi aşkar edilmişdir. Atmosfer cəbhələrinin keçidi zamanı, xüsusilə leysan xarakterli yağıntıların intensivliyi artır ki, bu da uçuşların gecikməsinə və ya təxirə salınmasına səbəb ola bilər.

Histoqramlar və diaqramlarla əks olunan məlumatlar göstərir ki, yağıntıların paylanmasında çoxillik dəyişkənliklər mövcuddur. Bu da bölgədəki meteoroloji şəraitin dəyişməsinə və iqlim dəyişikliklərinin təsirlərinə işarə edir.

Aviasiyaya təsir baxımından, Zaqatala və Qəbələ hava limanlarının texniki xidmətlərinin və meteoroloji monitorinq sistemlərinin inkişaf etdirilməsi tövsiyə olunur. Bu, təhlükəsizliyin artırılmasına və uçuşların optimallaşdırılmasına töhfə verəcəkdir.

1. *Meteoroloji monitorinqin gücləndirilməsi:* hər iki bölgədə real vaxt rejimində işləyən müasir meteoroloji monitorinq sistemlərinin tətbiqi tövsiyə olunur. Bu sistemlər yağıntıların intensivliyini və davamiyyətini daha dəqiq izləməyə imkan yaradacaqdır.
2. *Aviasiya təhlükəsizliyi üçün xüsusi proqnozlar:* leysan və çiskin xarakterli yağıntıların təsirlərini minimuma endirmək məqsədilə aviasiya üçün spesifik hava proqnozlarının hazırlanması vacibdir.
3. *Texniki xidmətlərin artırılması:* hava limanlarında texniki xidmətlərin yağıntı rejiminə görə uyğunlaşdırılması, xüsusilə qış mövsümündə buzbağlamanın qarşısını almaq üçün tədbirlərin gücləndirilməsi zəruridir.
4. *Relyef təsirlərinin qiymətləndirilməsi:* bölgələrin relyef xüsusiyyətlərini nəzərə alan daha dəqiq modellər hazırlanmalı və bu modellər yağıntıların proqnozlaşdırılmasında istifadə edilməlidir.
5. *Fövqəladə hallara hazırlıq:* hava limanlarında fəvqəladə yağıntı şəraitində əməliyyatların davamlılığını təmin etmək üçün xüsusi təlimatlar hazırlanmalıdır.
6. *İqlim dəyişikliklərinin təsirinin öyrənilməsi:* gələcək tədqiqatlarda iqlim dəyişikliklərinin Zaqatala və Qəbələ bölgələrində yağıntıların paylanmasına təsiri daha ətraflı araşdırılmalıdır.

Ədəbiyyat

- [1] “Azəraeronaviqasiya” hava hərəkəti idarəsi aviasiya meteoroloji mərkəzi. Qəbələ beynəlxalq hava limanının iqlim xarakteristikası. Excel faylı
- [2] “Azəraeronaviqasiya” hava hərəkəti idarəsi aviasiya meteoroloji mərkəzi. Zaqatala beynəlxalq hava limanının iqlim xarakteristikası. Excel faylı
- [3] Ə.Şıxlinski. Azərbaycanın iqlimi. Bakı 1968.
- [4] Hüseynov C.S. İqlim dəyişmələrinin Böyük Qafqaz vilayətinin cənub yamacında yağıntı rejiminə təsirinin qiymətləndirilməsi. Bakı 2021.
- [5] Hüseynov N.Ş. Sinoptik meteorologiya. Bakı 2011.
- [6] Hüseynov, C.S. Böyük Qafqaz vilayətinin şimal-şərq hissəsində iqlim dəyişmələrinin müasir xüsusiyyətləri // “Müasir təbiət və iqtisad elmlərinin aktual problemləri” mövzusunda beynəlxalq elmi konfrans materialı. Gəncə 2022

[7] Hüseynov, C.S. Böyük Qafqazın cənub və cənub-şərq yamaclarında uzunmüddətli temperatur dəyişmələrinin xüsusiyyətləri. Bakı Milli Aviasiya Akademiyasının Elmi Məcmuələri – 2019.

DISTRIBUTION PATTERNS OF ATMOSPHERIC PRECIPITATION AT ZAQATALA AND GABALA AIRPORTS

Hasanov R.A., Huseynov N.Sh.

Abstract. This study analyzes the distribution patterns of atmospheric precipitation in the Zaqatala and Gabala regions, located on the southern slopes of the Greater Caucasus. Based on meteorological data collected from 2019 to 2023, the research examines the long-term variability and seasonal characteristics of precipitation. The results indicate that precipitation levels in Zaqatala are higher due to the elevated terrain and climatic factors, while Gabala experiences relatively moderate precipitation conditions.

The study presents a classification of atmospheric precipitation by phases (solid, liquid, and mixed) and the conditions under which they occur. The impact of torrential and continuous precipitation on visibility, particularly for aviation operations, is highlighted. Graphs and histograms were used to provide a visual representation of precipitation distribution metrics. These histograms show that the highest precipitation levels occur in the spring and autumn seasons. The findings provide valuable recommendations for aviation safety and optimizing airport operations.

Additionally, the effects of atmospheric fronts and local synoptic processes on precipitation distribution in the regions have been identified. The results demonstrate that precipitation intensity is closely linked to meteorological and hydrometeorological factors. Consequently, these findings offer a solid basis for planning airport technical services and refining weather forecasts.

Keywords: atmospheric precipitation, Zaqatala, Gabala, meteorology, climate, aviation safety.



HİPERSPEKTRAL TƏSVİRLƏR VASİTƏSİLƏ BİTKİ ÖRTÜYÜNÜN XÜSUSİ PARAMETRLƏRİNİN TƏDQIQI

Cəfərova H.X., Əzizov B.M.

hmc29@gmail.com

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

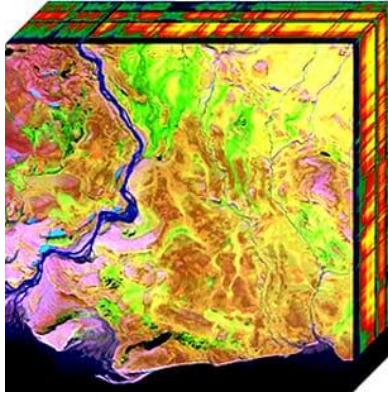
Xülasə. Hiperspektral təsvirlər texnologiyası bitki örtüyünün müxtəlif xüsusiyyətlərini incə şəkildə araşdırmaq üçün yüksək effektiv bir metodudur. Bu texnologiya müxtəlif spektral diapazonlarda məlumat toplayaraq bitkilərin sağlamlıq vəziyyətini, suyun miqdarını, xlorofil tərkibini və fotosintetik aktivliyini dəqiqliklə təyin etməyə imkan verir. Hiperspektral təsvirlərin bu qədər dəyərli olmasının səbəbi, onun fərqli spektral diapazonları sayəsində bitkilərin spektral imzalarını müəyyənləşdirməsidir. Bu imzalar vasitəsilə bitkilərdəki stress və xəstəlik əlamətlərini erkən mərhələlərdə aşkar etmək mümkündür. Beləliklə, hiperspektral təsvirlər texnologiyası, kənd təsərrüfatında məhsuldarlığın idarə olunması, meşəçilikdə ekosistem monitorinqi və ətraf mühit elmlərində global dəyişikliklərin tədqiqi üçün əvəzsiz bir alət kimi çıxış edir.

Açar sözlər: spektral imza, fotosintetik aktivlik, xlorofil tərkibi, vegetasiya indeksi, biotik stress, radiometrik düzəliş, ekofizioloji parametrlər.

Giriş. Bitki örtüyünün parametrləri, məsələn, yarpaq sahəsi indeksi (LAI) kimi örtü biotik və struktur xüsusiyyətləri və müxtəlif yarpaq biokimyəvi və fizioloji xüsusiyyətləri (qida maddələrinin tərkibi, biokütlə və s.), əkinçilik sistemində məhsul inkişafı proseslərini araşdırmaq üçün vacib dəyişənlərdir və müxtəlif modellərə vacib girişlər təmin edir. Bu müxtəlif bitki örtüyü parametrlərinin tətbiqinin potensial faydaları - məhsulun inkişafı haqqında məlumat vermək və tədqiqat və müdaxilə yollarını müəyyən edərək çətinlikləri müəyyənləşdirmək - yalnız müəyyən məhsul sistemlərinin bitki örtüyü parametrləri xarakterizə edildikdə reallaşdırıla bilər. Bu parametrlərin ənənəvi əl üsulu ilə ölçülməsi onların praktiki tətbiqində məhdudlaşdırıcı amilə çevrilmişdir.

Son zamanlarda, bir çox tədqiqatlar müxtəlif bitki örtüyü parametrlərinə həssaslığı baxımından bitki örtüyü spektral xüsusiyyətlərini və/və ya indekslərini qiymətləndirməyə yönəlmişdir. Çoxsaylı tədqiqatlar, müxtəlif bitki örtüyü spektral xüsusiyyətlərindən və/və ya indekslərindən bitki örtüyü parametrlərinin təyin edilməsinin potensialını ortaya çıxarmışdır. Məsələn, bitki örtüyünün ən vacib struktur xüsusiyyətlərindən biri olan yarpaq sahəsi indeksi (LAI) bitki örtüyü spektral indeksləri və örtü radiasiya köçürmə modelinin inversiyası vasitəsilə məsafədən izlənen məlumatlardan təyin edilmişdir. Digər bir çox bitki örtüyü parametrləri, məsələn örtü biokütləsi, yarpaq azotu və xlorofil tərkibi və məhsul məhsuldarlığı müəyyən dalğa uzunluğunda örtü reflektansı ilə əlaqəli olmuşdur və müəyyən dalğa uzunluğu kombinasiyaları ilə örtü reflektansından əldə olunmuşdur, məsələn normallaşdırılmış fərq bitki örtüyü indeksi (NDVI).

Hiperspektral təsvirlər. Hiperspektral təsvirlər elektromaqnit spektrindən məlumatları toplayır və emal edir. Hiperspektral təsvirlərin məqsədi, obyektləri tapmaq, materialları müəyyən etmək və ya prosesləri aşkar etmək məqsədilə, mənzərənin şəkilindəki hər piksel üçün spektri əldə etməkdir. Ümumi olaraq üç növ spektral görüntüləyici var. Bunlar, zamanla şəkillər oxuyan itələmə süpürgə skanerləri və əlaqəli fırlanma süpürgə skanerləri (məkan skanerləri), bir sahənin fərqli dalğa uzunluqlarında şəkillərini əldə edən diapazon ardıcıl skanerləri (spektral skanerlər) və bir anlıq görüntü yaratmaq üçün baxış matrisi istifadə edən anlıq hiperspektral görüntüləyicilərdir. (şəkil 1)

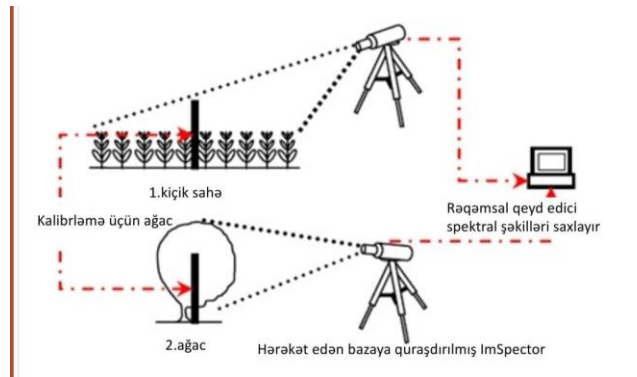


Şəkil 1. Hiperspektral kubun ikiölçülü proyeksiyası

İnsan gözü görünən işığın rəngini əsasən üç zolaqda görərkən (uzun dalğa uzunluqları qırmızı kimi qəbul edilir; orta dalğa uzunluqları yaşıl kimi qəbul edilir; və qısa dalğa uzunluqları mavi kimi qəbul edilir), spektral təsvirlər spektri çox daha çox zolaqlara bölür. Şəkillərin zolaqlara bölünməsi texnikası görünən xaricində də uzadıla bilər. Hiperspektral təsvirlərdə qeyd edilmiş spektrlər incə dalğa uzunluğu həllinə malikdir və geniş dalğa uzunluğu diapazonunu əhatə edir. Hiperspektral təsvirlər aralıq spektral zolaqlardan fərqli olaraq, davamlı spektral zolaqları ölçür [1].

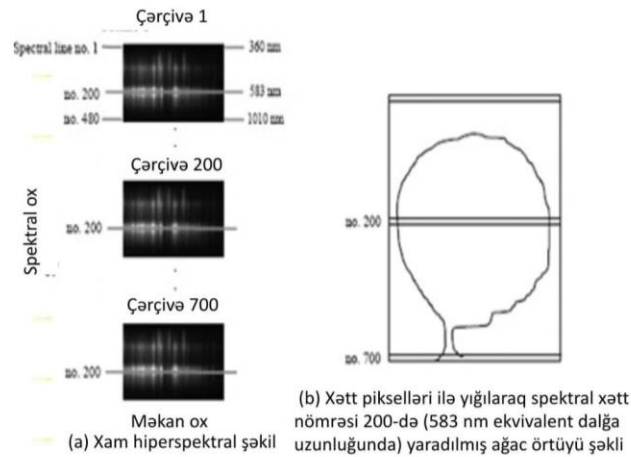
Mühəndislər astronomiya, kənd təsərrüfatı, molekulyar biologiya, biotibbi təsvirlər, geologiya, fizika və nəzarət sahələrində tətbiqlər üçün hiperspektral sensorlar və emal sistemləri qururlar. Hiperspektral sensorlar obyektlərə elektromaqnit spektrinin böyük hissəsini istifadə edərək baxır. Bəzi obyektlər elektromaqnit spektrində unikal "barmaq izləri" buraxır. Spektral imzalar kimi tanınan bu "barmaq izləri" skan edilən obyekti təşkil edən materialların müəyyən edilməsini mümkün edir. Məsələn, neft üçün spektral imza geoloqların yeni neft sahələrini tapmasına kömək edir.

Yerüstü hiperspektral xətt şəkil əldə etmə sistemi Şəkil 2-də göstərilmişdir. Hiperspektral sensor ImSpector səhnəni, yəni kiçik bir təsərrüfat sahəsini və ya tək bir ağac örtüyünü çəkir. Səhnədəki ağ boya ilə boyanmış bir ağac spektral əksolma kalibrasiyası üçün istifadə olunur. ImSpector səhnənin xətt şəkilini çəkir və onu spektrə yayır.



Şəkil 2. Hiperspektral şəkil əldə etmə sistemi

Sensorun batareyadan enerji alan hərəkət edən üçayaq bazası vasitəsilə yuxarı-aşağı və ya sol-sağ istiqamətlərdə hərəkəti ilə bütün səhnə əldə olunur. Şəkil əldə etmə sürəti 30 fps-dir və audio-video interleave (avi) fayl formatında saxlanılır.



Şəkil 3. Hiperspektral şəkil yaradılması

Şəkil 3, sensor tərəfindən əldə olunan xam spektral məlumatların növünü (Şəkil 3a) və xətt piksel yığma alqoritmi tətbiq edilərək xam məlumatlardan yaradılan şəkli (Şəkil 3b) göstərir. Şəkil 3a-da hər bir kadr, Şəkil 3b-də təsvir edilən məkan xəttinə uyğun spektral məlumatları təmsil edir. Hər bir kadrın x oxu məkan oxu, y oxu isə spektral oxdur. Hər bir kadr, müəyyən bir dalğa uzunluğunda spektral məlumatları təmsil edən 480 spektral xətdən ibarətdir [2]. Bu spektral məlumatları mənə kəsb etmək üçün, hər kadrından xətt piksel yığma alqoritmi tətbiq edilərək şəkil yaradılması həyata keçirilir. Bütün kadrlardan ekvivalent dalğa uzunluğunda olan spektral xətlərin yığılması bir şəkil yaradır və bu yolla hər biri fərqli dalğa uzunluğunda tutulan səhnəni göstərən ümumilikdə 480 şəkil yaratmaq mümkündür. 200 nömrəli spektral xətdə (583 nm ekvivalent dalğa uzunluğu) yaradılan şəkil nümunəsi Şəkil 3b-də göstərilmişdir, burada həm x oxu, həm də y oxu məkan oxudur.

Bitki örtüyünü səciyyələndirən əsas parametrlər, bitkilərin sağlamlığı, böyüməsi və strukturunu anlamaq üçün vacibdir. Leaf Area Index (LAI) bitkilərin yarpaq sahəsinin müəyyən bir torpaq sahəsinə olan nisbətini göstərir və bitki örtüyünün sıxlığını və fotosintetik aktivliyini təyin etmək üçün istifadə olunur. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) bitki örtüyünün sağlamlığını və canlılığını təhlil etmək üçün qırmızı və yaxın infraqırmızı diapazonların spektral fərqlərindən istifadə edir. Biomassa, ekosistemlərdə mövcud olan canlı orqanizmlərin ümumi kütləsini təmsil edir və enerji istehsalı və karbon dövriyyəsinə təhlil etmək üçün vacibdir. Bitki örtüyünün tutduğu sahə torpaq səthini əhatə edən bitkilərin nisbətini göstərir və torpaq eroziyası və suyun qorunması kimi məsələlərin təhlilində mühüm rol oynayır. Spektral reflektans isə materialların işığı müxtəlif dalğa uzunluqlarında necə əks etdirdiyini ölçür və bu məlumatlar vasitəsilə materialların müəyyənləşdirilməsi və təhlil edilməsi mümkündür. Fotosintez sürəti, bitkilərin işıq enerjisini kimyəvi enerji formasında saxladığı prosesin sürətini təyin edir və bitkilərin böyüməsi və məhsuldarlığını təhlil etmək üçün vacibdir. Bu parametrlər bitki örtüyünün vəziyyətini və ekosistemlərin funksionallığını təhlil etmək üçün geniş şəkildə istifadə olunur.

Leaf Area Index (LAI) bitkilərin yarpaq sahəsinin müəyyən bir torpaq sahəsinə olan nisbətini göstərən fundamental parametrdir. LAI bitki örtüyünün funksional və struktur xüsusiyyətlərini təyin etməkdə mühüm rol oynayır. LAI, müəyyən bir torpaq sahəsinə düşən yarpaq sahəsinin sahə vahidi ilə ifadə olunan nisbətidir və aşağıdakı kimi hesablanır.

$$LAI = \frac{\text{Ümumi yarpaq sahəsi}}{\text{Torpaq sahəsi}} \quad (1)$$

Bu formulda, ümumi yarpaq sahəsi yarpaqların cəmi səth sahəsini, torpaq sahəsi isə həmin yarpaqların yerləşdiyi torpaq sahəsini təmsil edir. LAI-nin dəqiq hesablanması üçün bir neçə üsul mövcuddur. Birbaşa ölçmə üsulu ilə yarpaqların tamamilə yığılaraq səth sahəsinin ölçülməsi aparılır. Dolayısı ilə ölçmə üsulu ilə optik metodlardan və ya spektral reflektans məlumatlarından istifadə edilərək

hesablama aparılır. Bunun bir nümunəsi kimi, LAI-2000 cihazı vasitəsilə fotonların yayılması və ötürülməsi əsas götürülərək ölçmə aparılır. Bu metodlarda LAI aşağıdakı düsturla təyin edilə bilər.

$$LAI = \frac{\ln \left(\frac{I_0}{I} \right)}{K} \quad (2)$$

Burada I_0 yarpaq örtüyü olmayan işıq intensivliyi, I isə yarpaq örtüyü ilə müşahidə olunan işıq intensivliyidir. K isə örtük əmsalı kimi tanınır. [3] LAI-nin bioloji və ekoloji əhəmiyyəti böyükdür. Yüksək LAI dəyərləri daha çox fotosintetik aktivlik və resurs istifadəsini göstərir. LAI fotosintez və karbon dairəsi üçün bitkilərin fotosintetik potensialını və karbon udma qabiliyyətini təyin etmək üçün istifadə edilir. Su və qida maddələrinin istifadəsi bitkilərin su və qida maddələrindən nə dərəcədə istifadə etdiyini göstərir. Ekosistem monitorinqi ekosistemlərin sağlamlığını və funksionallığını təhlil etmək üçün istifadə edilir. Qlobal iqlim modelləşdirmə qlobal iqlim modellərində bitki örtüyünün rolunu və təsirini modelləşdirmək üçün istifadə edilir. LAI kənd təsərrüfatında məhsul məhsuldarlığını proqnozlaşdırmaq, meşə təsərrüfatında ağac sıxlığını qiymətləndirmək və ekosistem sağlamlığını monitorinq etmək üçün geniş istifadə olunur. LAI dəyərləri, bitkilərin inkişafını və onların ekosistemə olan təsirlərini dəqiq şəkildə təhlil etməyə imkan verir.

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) bitki örtüyünün sağlamlığını və canlılığını təhlil etmək üçün geniş şəkildə istifadə olunan bir göstəricidir. NDVI, bitki örtüsünün qırmızı və yaxın infraqırmızı diapazonlarının spektral fərqlərini istifadə edərək hesablanır. NDVI dəyəri -1-dən +1-ə qədər dəyişir və bu dəyişikliklər bitki örtüsünün fərqli xarakteristikalarını göstərir.

NDVI, müəyyən bir torpaq sahəsinə düşən yarpaq sahəsinin sahə vahidi ilə ifadə olunan nisbətdir. Hesablama formulu belədir:

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (3)$$

Burada NIR - yaxın infraqırmızı diapazon, R - qırmızı diapazondur. Bu düstur, bitki örtüsünün sağlamlığını və canlılığını təyin etmək üçün istifadə olunur [3].

NDVI bitki örtüsünün sağlamlığını və canlılığını təhlil etmək üçün geniş şəkildə istifadə olunur. Yüksək NDVI dəyərləri, bitki örtüsünün sağlam və canlı olduğunu göstərir, yaxşı fotosintez edən bitkilər üçün yüksək NDVI dəyərləri müşahidə olunur. NDVI-nin bioloji və ekoloji əhəmiyyəti böyükdür. Yüksək NDVI dəyərləri, bitkilərin daha çox fotosintetik aktivliyi göstərir. Bu da öz növbəsində bitkilərin su və qida maddələrini daha effektiv istifadə etdiyini göstərir. NDVI, ekosistemlərin sağlamlığını və funksionallığını təhlil etmək üçün istifadə olunur. NDVI məlumatları, bitki örtüsünün dəyişikliklərini və stress səviyyələrini təhlil etmək üçün istifadə olunur. Qlobal iqlim modellərində bitki örtüsünün rolunu və təsirini modelləşdirmək üçün istifadə olunur. NDVI məlumatları, bitki örtüsünün iqlim dəyişikliklərinə cavab verdiyini təhlil etmək üçün istifadə olunur.

NDVI kənd təsərrüfatında bitkilərin böyüməsini izləmək və məhsul məhsuldarlığını proqnozlaşdırmaq üçün istifadə olunur. Meşə təsərrüfatında ağac sıxlığını qiymətləndirmək və meşələrin sağlamlığını monitorinq etmək üçün geniş istifadə olunur. Ekosistem monitorinqində, ekosistemlərin sağlamlığını və funksionallığını təhlil etmək üçün istifadə olunur. Qlobal iqlim modellərində bitki örtüsünün rolunu və təsirini modelləşdirmək üçün istifadə olunur. NDVI dəyərləri, bitkilərin inkişafını və onların ekosistemə olan təsirlərini dəqiq şəkildə təhlil etməyə imkan verir.

Biomassa, bir ekosistem və ya biosferin müəyyən bir hissəsində mövcud olan canlı orqanizmlərin ümumi kütləsini təmsil edir. Bu termin həm bitki, həm də heyvan mənşəli canlıları əhatə edir və canlıların biokütləsi olaraq da tanınır. Biomassa enerji mənbəyi kimi istifadə oluna bilər və müxtəlif tədqiqat sahələrində böyük əhəmiyyətə malikdir.

Biomassa, həm ərazi, həm də su ekosistemlərində ölçülə bilər və ümumiyyətlə quru kütlə olaraq ifadə edilir. Məsələn, bir hektar meşədəki ağacların biomassa həcmi müəyyən bir vaxt ərzində ölçülə bilər. Bu ölçmələr ümumiyyətlə, fotosintez və ekosistem məhsuldarlığını təhlil etmək üçün vacibdir.

Biomassa hesablama formulları müxtəlif ola bilər, amma ümumi olaraq müəyyən sahədəki bitki və ya heyvanların kütləsi müəyyən edilir. Bitki biomassa üçün istifadə edilən bəzi formullar aşağıdakı kimidir:

$$\text{Biomass} = A \times B \times C \quad (4)$$

Bu formulda (A) bitki örtüyünün sıxlığı, (B) bitki örtüyünün hündürlüyü və (C) bitki örtüyünün xüsusi çəkisi kimi parametrləri təmsil edir. Məsələn, ağacların biomassa həcmi ölçülərkən, ağacın yüksəkliyi, diametri və ağacın özəllikləri nəzərə alınır.

Biomassa ekosistem məhsuldarlığını və karbohidrat dövrüyəsini təhlil etmək üçün də istifadə olunur. Ekosistem məhsuldarlığı ümumiyyətlə ekosistemdə fotosintezlə yaranan orqanik maddələrin miqdarıdır və bu məhsuldarlıq biomassa ilə birbaşa əlaqəlidir. Fotosintez prosesində, bitkilər karbon dioksid və suyu günəş işığı ilə qarışdıraraq qlükoza və oksigen yaradırlar. Bu proses nəticəsində yaranan orqanik maddələr biomassa formasında toplanır.

Biomassa, alternativ enerji mənbəyi kimi də istifadə oluna bilər. Biomassa enerjisi, bitki və heyvan tullantılarından enerji əldə etmək üçün istifadə olunan texnologiyalardır. Məsələn, biokütlənin yandırılması və ya biokimyəvi proseslərlə (məsələn, anaerob çürütmə) enerji əldə edilə bilər. Biomassa enerjisi, fosil yanacaqlara nisbətən daha təmiz və davamlı enerji mənbəyi hesab olunur.

Biomassa ölçmələri, ekosistemlərin sağlamlıq vəziyyətini təhlil etmək və iqlim dəyişikliyinə təsirlərini öyrənmək üçün mühüm rol oynayır. Biomassa məlumatları, ekosistemlərin karbon udma qabiliyyətini və iqlim dəyişikliklərinə cavabını təhlil etmək üçün istifadə edilə bilər. Bu məlumatlar, global karbon dövrüyəsini və atmosferdəki karbon dioksid konsentrasiyasını təhlil etmək üçün istifadə olunur.

Bitki örtüyünün tutduğu sahə meşə və ya bitki örtüyü sahələrinin üst qatını təmsil edir və yer səthini örtən bitkilərin nisbətini ifadə edir. Bitki örtüyünün tutduğu sahə ekosistemlərdə bitki örtüyünün sıxlığını və paylanmasını təhlil etmək üçün vacib bir göstəricidir. Bu parametr, bitki örtüyünün torpaq səthini nə qədər əhatə etdiyini və bitki örtüyünün strukturunu anlamaqda mühüm rol oynayır.

Bitki örtüyünün tutduğu sahə bir çox ekoloji, meşəçilik və kənd təsərrüfatı araşdırmalarında istifadə olunur. Bitki örtüyünün sıxlığı, torpaq eroziyası, suyun qorunması, iqlim dəyişikliklərinə uyğunlaşma və bioloji müxtəliflik kimi məsələlərin təhlilində mühüm məlumatlar təqdim edir. Bitki örtüyünün tutduğu sahənin ölçmələri, ekosistemlərin sağlamlıq vəziyyətini, bitki örtüyünün böyüməsini və dinamikasını, habelə torpaq və su resurslarının idarə edilməsini təhlil etmək üçün vacibdir.

Bitki örtüyünün tutduğu sahə müxtəlif üsullarla ölçülə bilər. Birincisi, yerüstü müşahidə və ölçmə metodlarıdır. Bu metodlarda, sahə işləri zamanı müəyyən bir ərazidə bitki örtüyünün torpaq səthini nə qədər əhatə etdiyi vizual olaraq qiymətləndirilir və ölçülür. Bu üsulda, müşahidə edilən ərazinin üst qatının torpaq səthini əhatə etmə nisbəti hesablanır. Bitki örtüyünün tutduğu sahə hesablama formulu aşağıdakı kimidir:

$$\text{Bitki örtüyünün tutduğu sahə} = \frac{\text{Örtülmüş ərazi}}{\text{Ümumi ərazi}} \times 100 \quad (5)$$

Bu formulda, Örtülmüş ərazi- bitki örtüyü ilə örtülmüş ərazi, Ümumi ərazi isə müşahidə edilən ümumi ərazidir. Bu formula əsasən, Bitki örtüyünün tutduğu sahə faizi əldə edilir və bitki örtüyünün torpaq səthini nə qədər əhatə etdiyi müəyyən olunur.

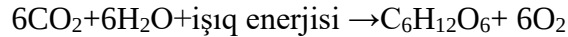
İkinci üsul isə, uzaqdan zondlama və hava müşahidə metodlarıdır. Bu metodlar, peyk şəkilləri və ya hava fotosəkillərindən istifadə edərək, geniş ərazilərdə bitki örtüyünün torpaq səthini əhatə etmə nisbətini təhlil edir. Uzaqdan zondlama məlumatları, spektral diapazonlardan və müxtəlif sensorlardan istifadə edərək Bitki örtüyünün tutduğu sahə haqqında məlumatları toplamaq üçün istifadə olunur. Bu məlumatlar, bitki örtüyünün dinamikasını və dəyişikliklərini təhlil etmək üçün geniş şəkildə istifadə olunur.

Bitki örtüyünün tutduğu sahə ölçmələri, ekosistemlərin sağlamlıq vəziyyətini, bitki örtüyünün böyüməsini və dinamikasını təhlil etmək üçün vacibdir. Bu ölçmələr, ekosistemlərin və torpaq resurslarının idarə edilməsində mühüm rol oynayır. Bitki örtüyünün tutduğu sahə məlumatları, torpaq

eroziyası riskini təhlil etmək və suyun qorunması üçün istifadə olunur. Həmçinin, bioloji müxtəlifliyi və iqlim dəyişikliklərinə uyğunlaşmanı təhlil etmək üçün vacibdir.

Fotosintez sürəti, bitkilərin işıq enerjisini kimyəvi enerji formasında saxladığı prosesin sürətini təyin edən bir göstəricidir. Fotosintez, bitkilərin xlorofil və digər pıqmentlər vasitəsilə günəş işığını udaraq karbon dioksid və suyu qlükoza və oksigenə çevirdiyi prosesdir. Fotosintez sürəti, bitkilərin böyüməsi, enerji istehsalı və ekosistemlərin sağlamlığı üçün əhəmiyyətli bir göstəricidir.

Fotosintez prosesinin əsas kimyəvi reaksiyası aşağıdakı kimidir:



Bu reaksiyada, karbon dioksid (CO_2) və su (H_2O) işıq enerjisi vasitəsilə qlükoza ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) və oksigen (O_2) yaradılır. Fotosintez sürətini təyin etmək üçün işıq intensivliyi, temperatur, karbon dioksid konsentrasiyası və suyun mövcudluğu kimi bir sıra amillər nəzərə alınmalıdır.

Fotosintez sürəti (P) işıq intensivliyinin funksiyası olaraq ölçülə bilər və bu funksiya aşağıdakı düsturla ifadə edilə bilər:

$$P = \frac{I}{I + I_k} \times P_{\max} \quad (6)$$

Burada ($P_{\max}$) maksimal fotosintez sürəti, (I) işıq intensivliyi və (I_k) işıq doyma nöqtəsi deməkdir. Bu düstur, işıq intensivliyinin fotosintez sürətinə təsirini təyin edir və yüksək işıq intensivliyində fotosintez sürətinin artdığını göstərir.

Bundan başqa, fotosintez sürəti temperaturla da təsirlənir. Temperatur artdıqca fotosintez sürəti də artır, lakin çox yüksək temperaturlarda enir. Bu temperatur asılılığı Arrhenius qanunu ilə ifadə edilə bilər:

$$P = P_{\max} \times e^{-E_a/RT} \quad (7)$$

Burada ($P_{\max}$) maksimal fotosintez sürəti, (E_a) aktivləşmə enerjisi, (R) universal qaz sabiti və (T) temperatur deməkdir. Bu düstur, temperaturun fotosintez sürətinə təsirini təyin edir və optimal temperaturlarda fotosintez sürətinin maksimum olduğunu göstərir.

Fotosintez sürətinin təyin edilməsi üçün qaz mübadiləsi metodundan da istifadə edilir. Bu metodda, bitkilərin karbon dioksidi udması və oksigen çıxarması ölçülür. Fotosintez sürəti aşağıdakı düsturla ifadə edilə bilər:

$$A = \frac{\Delta C \times V}{A} \quad (8)$$

Burada (A) fotosintez sürəti, (ΔC) karbon dioksid konsentrasiyasının dəyişikliyi, (V) qazın həcmi və (A) yarpaq sahəsi deməkdir.

Fotosintez sürəti, bitkilərin böyüməsini və məhsuldarlığını təyin etmək üçün mühüm bir göstəricidir. Yüksək fotosintez sürəti bitkilərin daha çox qlükoza və enerji istehsal etdiyini və daha sürətli böyüdüyünü göstərir. Bu məlumatlar, kənd təsərrüfatında məhsul məhsuldarlığını artırmaq və ekosistemlərin sağlamlığını təhlil etmək üçün istifadə olunur.

Fotosintez sürətinin təyin edilməsi, kənd təsərrüfatı, ekoloji tədqiqatlar və iqlim dəyişikliyi tədqiqatlarında mühüm rol oynayır. Fotosintez sürəti, bitkilərin iqlim dəyişikliklərinə cavabını və karbon dövriyyəsidəki rolunu təyin etmək üçün istifadə olunur. Fotosintez sürətinin monitorinqi və təhlili, bitkilərin sağlamlığını və böyüməsini izləmək və məhsuldarlığı artırmaq üçün vacibdir. Bitki örtüyünü səciyyələndirən əsas parametrlər, bitkilərin sağlamlığı, böyüməsi və strukturunu anlamaq üçün vacibdir. Leaf Area Index (LAI) bitkilərin yarpaq sahəsinin müəyyən bir torpaq sahəsinə olan nisbətini göstərir və bitki örtüyünün sıxlığını və fotosintetik aktivliyini təyin etmək üçün istifadə olunur. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) bitki örtüyünün sağlamlığını və canlılığını təhlil etmək üçün qırmızı və yaxın infraqırmızı diapazonların spektral fərqlərindən istifadə edir. Biomassa, ekosistemlərdə mövcud olan canlı orqanizmlərin ümumi kütləsini təmsil edir və enerji istehsalı və karbon dövriyyəsini təhlil etmək üçün vacibdir. Bitki örtüyünün tutduğu sahə torpaq səthini əhatə edən bitkilərin nisbətini göstərir və torpaq eroziyası və suyun qorunması kimi məsələlərin təhlilində mühüm rol oynayır. Spektral reflektans isə materialların işığı müxtəlif dalğa uzunluqlarında necə əks etdirdiyini ölçür və bu məlumatlar vasitəsilə materialların müəyyənləşdirilməsi və təhlil edilməsi mümkündür. Fotosintez

sürəti, bitkilərin işıq enerjisini kimyəvi enerji formasında saxladığı prosesin sürətini təyin edir və bitkilərin böyüməsi və məhsuldarlığını təhlil etmək üçün vacibdir. Bu parametrlər bitki örtüyünün vəziyyətini və ekosistemlərin funksionallığını təhlil etmək üçün geniş şəkildə istifadə olunur.

Ədəbiyyat

[1] <https://www.azosensors.com/article.aspx?ArticleID=339>

[2] Xujun Ye1, Kenshi Sakai, Leroy i, O. Garciano i, “A ground-based hyperspectral imaging system for characterizing vegetation spectral features”, Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, 3-5-8 Saiwai-cho, Fuchu-shi, Tokyo 183-8509, Japan

[3] Jinru Xue and Baofeng Su., “Significant Remote Sensing Vegetation Indices: A Review of Developments and Applications”, Review Article, College of Mechanical and Electronic Engineering, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China.

INVESTIGATION OF SPECIFIC PARAMETERS OF VEGETATION COVER BY MEANS OF HYPERSPECTRAL IMAGES

Jafarova H.Kh., Azizov B.M.

Abstract. Hyperspectral imaging technology is a highly effective method for intricately studying various characteristics of vegetation. This technology enables the precise determination of plants' health status, water content, chlorophyll content, and photosynthetic activity by collecting data across different spectral ranges. The value of hyperspectral imaging lies in its ability to identify the spectral signatures of plants through its various spectral bands. These signatures allow for the early detection of stress and disease symptoms in plants. Thus, hyperspectral imaging technology serves as an indispensable tool in agricultural crop management, forest ecosystem monitoring, and the study of global changes in environmental sciences.

Keywords: spectral signature, photosynthetic activity, chlorophyll content, vegetation index, biotic stress, radiometric correction, ecophysiological parameters.



PROVIDING ENERGY FOR THE AIRPORT BEING BUILT USING GREEN ENERGY IN THE ALAT FREE ECONOMIC ZONE

Cabbarli Z.Z., Huseynov N.Sh.

cabbarlizaur1902@gmail.com

National Aviation Academy, Azerbaijan

Abstract. The construction of an airport in the Alat Free Economic Zone is a necessity. Providing the airport with energy through green energy is of great importance from an economic, political and ecological perspective.

Keywords: Alat airport, green energy, solar panels, sustainability, carbon reduction, efficiency, infrastructure, investment, renewable energy.

Introduction. The importance of green energy for the new Alat airport can be highlighted in several ways:

1. *Sustainability:* incorporating green energy into the airport's design and operation promotes environmental sustainability, minimizing the ecological footprint and conserving natural resources.
2. *Reduced Carbon Emissions:* utilizing renewable energy sources, such as solar or wind power, can significantly lower the airport's greenhouse gas emissions, contributing to global efforts against climate change.
3. *Operational Efficiency:* green energy technologies can enhance operational efficiency, reducing long-term energy costs and reliance on fossil fuels. This can lead to significant savings over time.
4. *Public Image and Attractiveness:* a commitment to green energy can enhance the airport's reputation as an environmentally responsible facility, attracting eco-conscious travelers and businesses.
5. *Innovation and Leadership:* by adopting green energy solutions, the airport can position itself as a leader in sustainable aviation, encouraging other infrastructure projects to follow suit and fostering innovation in the industry.
6. *Regulatory Compliance and Incentives:* embracing green energy can help the airport meet regulatory requirements and qualify for government incentives, grants, or subsidies aimed at promoting renewable energy use.
7. *Community Benefits:* using green energy can create local jobs in the renewable energy sector and improve air quality, benefiting the surrounding communities.

Incorporating green energy into the new Alat airport not only supports environmental goals but also enhances operational performance, economic viability, and community relations.

Alat Free Economic Zone (FEZ) is an economic zone created to promote the economic development of Azerbaijan and attract investment. 5,781 hectares of the zone allocated for the Alat Free Economic Zone (FEZ) are still vacant [1]. In addition, 1000 hectares of land is also an airport, etc. is expected to be allocated for such infrastructure facilities. In this article, we will plan to use 100 hectares of vacant land for the construction of an airport.

Based on the standards adopted by organizations such as ICAO, IATA, and ACI, airports are divided into small, medium, and large groups according to their territory and passenger capacity. Small-sized airports have an annual reception of 1-5 million passengers and an area of 500-1500 hectares. Medium-sized airports have an annual reception of 5-25 million passengers and an area of 1500-5000 hectares. Large-sized airports receive more than 25 million passengers annually and have an area of more than 5,000 hectares [2-4]. Examples include Gibraltar International Airport (small), Heydar Aliyev International Airport (medium), and Atlanta Hartsfield-Jackson International Airport (large).

The airport to be built in the Alat Free Economic Zone should be small considering its geographical location. That is, based on this situation, the maximum area to be covered by the airport infrastructure will be as follows:

- Terminal building-2 hectares
- Cargo terminal-10 hectares
- Office-administrative building-5 hectares
- Parking area-10 hectares
- Security-10 hectares
- Runway- 40 hectares
- Other additional infrastructure - 10 hectares

Considering that it is a small-sized airport, at least 500 hectares of land should be allocated for construction. Considering that the infrastructure area covers a total of 87 hectares, the remaining 413 hectares are suitable for solar panel installation. However, taking into account the possibility of expanding the airport area in the future, it seems reasonable to use a 100-hectare area for the installation of panels. In this project, we will talk about the possibility of meeting the energy of the airport to be built in the Alat Free Economic Zone using solar panels.

The Alat Free Economic Zone is located on the Absheron Peninsula, and the number of sunny days in this area is 250-300 days a year [6][7]. We will consider the minimum of 250 days in our calculations. More powerful 400 kw panels are designed as the solar panels to be used. The size of a 400 kw panel is 1.6 m^2 , and the daily energy collection capacity is 1.2 kw. It is possible to install solar panels on 70 hectares of a 100-hectare area after taking into account conditions such as safety (fire safety, etc.) and cleanliness of the panels. It is possible to place 437, 500 solar panels on an area of 70 hectares. These panels can produce 191,625,000 kw of energy per year.

Due to the small size of the airport to be built in the Alat Free Economic Zone, its annual energy consumption will be a maximum of 5 million kw [5], which will result in the full payment of the consumption with the energy we get from the solar panels.

Energy consumption of Alat free economic zone is 25-30 million kW. With the energy we produce, we can meet 100% of this consumption.

Solar panels themselves cannot generate power at night because it depends on daylight. However, the ability of solar energy systems to store energy at night is mainly realized through battery systems. These systems can store the energy collected during the day and use it at night.

The Alat Free Economic Zone is located on the Absheron Peninsula, where the number of sunny days ranges from 250 to 300 per year [8],[9]. In our calculations, we will consider a minimum of 250 days. The solar panels to be used are more powerful 400 kW panels. The size of a 400-kW panel is 1.6 m^2 , and its daily energy collection capacity is 1.2 kW. After taking into account conditions such as safety (fire safety, etc.) and cleanliness of the panels, it is possible to install solar panels on 70 hectares of a 100-hectare area. It is possible to place 437,500 solar panels in the 70-hectare area. These panels can produce 191,625,000 kWh of energy per year.

Now, let's calculate the cost of installation in manat.

1. Cost of Solar Panels

Assuming the price of one solar panel is 500 AZN. (This price may vary based on market conditions.)

2. Installation Costs

Installation costs are generally calculated as 25% of the price of the panels.

3. Calculations

Number of Panels: 437,500

Total Cost of Solar Panels:

$$\text{Total Cost} = \text{Number of Panels} \times \text{Price per Panel}$$

$$= 437,500 \times 500 = 218,750,000 \text{ AZN}$$

Installation Costs:

$$\text{Installation Costs} = 0.25 \times \text{Total Cost}$$

$$= 0.25 \times 218,750,000 = 54,687,500 \text{ AZN}$$

Total Expenditure:

$$\text{Total Expenditure} = \text{Total Cost} + \text{Installation Costs}$$

$$= 218,750,000 + 54,687,500 = 273,437,500 \text{ AZN}$$

The estimated cost for installing 437,500 solar panels in the *Alat Free Economic Zone* is 273,437,500 AZN. Please note that these prices are indicative and actual costs may vary based on market prices.

Green energy on the Absheron Peninsula is important in terms of environmental protection, energy security, economic development, tourism potential and technological innovation.

From an environmental perspective, green energy sources help combat climate change by reducing carbon emissions. In terms of energy security, they reduce foreign dependence by increasing local energy production. They create new jobs for economic development and revitalize the local economy. At the same time, they also promote ecotourism, increasing the attractiveness of the region. Finally, green energy projects promote the application of modern technologies, increase knowledge and skills. Thus, green energy is an important factor for the sustainable development of Absheron.

Apart from the Absheron Peninsula, there are potential locations for solar panels in Azerbaijan. Solar panels installed in these areas have the potential to meet a large part of Azerbaijan's energy reserves. These areas are as follows:

- 1) Ganja-Gazakh region: the number of sunny days is high, there are large open areas and it is suitable for energy production.
- 2) Lankaran-Astara region: the southern region has ideal climatic conditions for solar energy production. This region is also important for agriculture.
- 3) Nakhchivan Autonomous Republic: it has high solar energy potential. This area allows for increasing energy independence.
- 4) Guba-Gusar region: there are suitable areas in the mountainous areas to increase solar energy production.
- 5) Sheki-Zagatala region: this region is also distinguished by the large number of sunny days, it is possible to install solar panels here.

Coasts: tourist regions on the shores of the Caspian Sea can support ecotourism with solar energy production.

Conclusion. In conclusion, the implementation of green energy solutions for the energy supply of the airport being constructed in the *Alat Free Economic Zone* represents a significant step toward sustainable development in Azerbaijan. By harnessing renewable energy sources such as solar and wind power, the airport will not only reduce its carbon footprint but also promote energy independence and resilience. This initiative aligns with global efforts to combat climate change and demonstrates a commitment to environmentally friendly practices in infrastructure development. Furthermore, the airport's reliance on green energy is likely to enhance its attractiveness to businesses and travelers, fostering economic growth within the region. Overall, this project sets a benchmark for future developments in Azerbaijan, showcasing the potential of green energy in transforming the country's economic landscape.

References

- [1] www.afez.az
- [2] <https://icao.int>
- [3] www.iata.org
- [4] <https://aci.aero>
- [5] www.gibraltairairport.gi
- [6] <https://azercosmos.az>
- [7] <https://meteo.az>
- [8] Hüseynov N. Ş. Sinoptik meteorologiya, dərslik Bakı, 2011.
- [9] Mahmudov R.N. Müasir iqlim dəyişmələri və təhlükəli hidrometeoroloji hadisələr, MAA-nın nəşri, Bakı, 2022.

**ƏLƏT AZAD İQTİSADI ZONASINDA TİKİLƏN HAVA LİMANININ İSTEHLAKININ
YAŞIL ENERJİ İLƏ TƏMİN EDİLMƏSİ**

Cabbarlı Z.Z., Hüseynov N.Ş.

Xülasə. Ələt Azad İqtisadi Zonasında hava limanının tikintisi zərurətdir. Hava limanının enerjiyə təmin edilməsi üçün yaşıl enerjiden istifadə edilməsi iqtisadi, siyasi və ekoloji baxımdan böyük əhəmiyyət kəsb edir.

Açar sözlər: Ələt hava limanı, yaşıl enerji, günəş panelləri, dayanıqlılıq, karbon azalması, səmərəlilik, infrastruktur, investisiya, bərpa olunan enerji.



METEOROLOJİ RADİOLOKATOR VASİTƏSİ İLƏ KÜLƏK MƏLUMATLARININ MÜŞAHİDƏSİ VƏ ANALİZİ

Qurbanov X.T., Hüseynov N.Ş.

khalidqurbanov@gmail.com

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Külək sürüşməsinin geniş mənada, hava gəmilərinə təsir göstərən turbulentlikdən, kiçik ölçülü təsirlərə qədər hava proseslərinin yaranmasında birbaşa rolu vardır. Bu cür hava hərəkətlərini yaradan müxtəlif amillər arasında ildırım hadisələri ilə müşahidə olunan qasırğa, sahil / dəniz brizi, şırnaq axınları, dağ dalgaları və cəbhə sistemləri daxildir. Külək sürüşməsinin aviasiya üçün əhəmiyyəti, onun hava gəmisinə və uçuş təhlükəsizliyinə mənfi təsirindən asılıdır. Zaman və məkan daxilində külək məlumatlarını əvvəlcədən bilməklə, hava məkanının təhlükəsizlik səviyyəsini artırmaq və bununla əlaqədar uçuş trafikində maliyyə itkilərinin qarşısını almaq mümkündür. Doppler tipli radarlarda uzaqdan zondlama vasitəsi ilə məlumatları əvvəlcədən təhlil etmək olur. Külək məlumatları müşahidəsinin aşkarlanması konvektiv bulud sisteminin xarakterik sxemini burulğan reflektivliyi (hook echo) ilə müəyyənləşdirmək, onun müşahidəsi və turbulentliyin gücünü təhlil etməklə aparılır. Nəticələr yer səthindən 0,1 və 8.0 km hündürlüklərdə CAPPI (Z), CAPPI (V), CAPPI (W) və WIND (SHEAR) məhsullar vasitəsi ilə əldə edilmişdir. Yer səthindən ümumiyyətlə 0.1 km hündürlükdə PPI (Z) və CAPPI (Z) məhsullarında burulğan reflektivliyini (hook echo) müəyyənləşdirmək və analiz etmək çox çətindir. Uzaqdan zondlamanın nəticələri daha kiçik miqyasda burulğanın fiziki xüsusiyyətlərini müşahidə etməyə imkan yaradır. Məqalədə o cümlədən, külək sürüşməsinin müəyyən edilməsi ilə əlaqədar istifadə olunan metoddan və onun perspektivlərindən bəhs edilir.

Açar sözlər: külək burulğanı, uzaqdan zondlama, meteoroloji radar, reflektivlik, spektral en, radial sürət, külək sürüşməsi.

Giriş. Bir çox transregional, qalxma və eniş yerinə yetirən uçuş marşrutlarının icra edilməsi, aviasiya uçuşlarına külək sürüşməsi hadisəsinin mövcud təsirlərini öyrənmək zərurətini yaradır. Külək sürüşməsi külək vektorunun fəzada bir nöqtədən digərinə və ya iki nöqtə arasında küləyin vektorial fərqi deyildir. Hava gəmisinin külək sürüşməsinə qarşı reaksiyası son dərəcə mürəkkəbdir və hava gəmisinin növü, uçuş fazası, küləyin təsir miqyasının nisbəti və hava gəmisinin ölçüsü, eləcə də xarici təsirlərə məruz qalmanın intensivliyi kimi bir çox amillərdən asılı ola bilər.

Aşağı atmosferdə külək sürüşməsinin müşahidəsini vizual olaraq aşağıdakı xüsusiyyətlərlə müəyyən etmək mümkündür[1]:

- qonşu bulud təbəqələrinin müxtəlif istiqamətlərdə hərəkəti;
- tüstünün müxtəlif istiqamətlərdə hərəkəti;
- yaxınlaşan şkval xəttinin müşahidəsi;
- şiddətli yer səthi küləyinin ağaclara təsirinin müşahidəsi;
- hava limanı ətrafındakı külək konuslarının eyni vaxtda müxtəlif istiqamətləri göstərməsi;
- konvektiv buluddan enən axınlar nəticəsində bir dairədə artan tozun müşahidəsi;
- cəbhənin təsiri ilə qaldırılan toz;
- konvektiv buludla əlaqəli "virga" (yağıntının düşmə zolağı) müşahidəsi;
- sabit dalgaların göstəricisi olan lentikulyar buludların (Ac lent, Sc lent.) müşahidəsi;
- qasırğaların müşahidəsi.

Külək sürüşməsinin bu təzahürlərinin çoxu həm yer səthindən, həm də atmosferdə görünür və hava gəmisi heyəti bu fenomenləri külək sürüşməsi xəbərdarlığı signalı kimi qəbul edir [1].

Son bir neçə ildə təhlükəli atmosfer hadisələrinin Azərbaycan Respublikası hava məkanında əhəmiyyətli dərəcədə artması nəticəsində hava məkanına daxil olan müxtəlif ölçülü hava gəmilərinə riskli uçuşlar yerinə yetirməyə, yaxud hava limanı ərazisinə eniş edə bilmədiyindən bir neçə dəfə dairə uçuşu yerinə yetirməyinə gətirib çıxarmışdır. Bu isə hava yolları şirkətlərinə maliyyə cəhətdən ciddi zərər vurur. Həmçinin bu cür atmosfer hadisələri hava gəmisini heyəti və səfərlərinin psixoloji sarsıntı keçirmələrinə səbəb olmuşdur.

Hava gəmisinin təhlükəli atmosfer hadisələri istiqamətində uçuş yerinə yetirərkən konvektiv buludların aşağı hissəsində şaquli və üfüqi hərəkətlər müşahidə olunur. Topa-yağış buludlarını (Cb) əvvəlcədən aşkar edən meteoroloji cihazlardan biri də doppler metodu ilə işləyən radiolokatorlardır.

Ümumiyyətlə, topa-yağış buludunun iki yerə bölünən özəklərə malik növü vardır, super özəkli və super özəkli olmayan topa-yağış buludları. Tədqiqatlar zamanı 1995-ci ildə Ron V.Prizblinskinin apardığı araşdırma nəticəsində, tornadoda burulğan hissəcikləri ilə əlaqəli super özəkli olmayan qasırğa küləklərinin olması müəyyən olunmuşdur[2].

Doppler metodu ilə işləyən radiolokatorların proqram təminatında radial sürət məhsulu və bulud əmələ gəlmə prosesi hissəcikləri “qarmaq” şəkilli (hook echo) və ya “yay” şəkilli (bow echo) reflektivliyini müşahidə etməyə imkan verir. “Qarmaq” şəkilli reflektivlik radar görüntülərində super özəkli qasırğanı bir sistem kimi, radial sürət məhsuluna görə isə, mezo-siklon nümunəsində göstərir. “Qarmaq” şəkilli reflektivlik çox yüksək əks etdirmə qabiliyyətinə malik meteoroloji radarlar tərəfindən aşkar edilmiş buludlardan ibarət proses formasıdır. “Yay” şəkilli reflektivlik nümunəsi Cumulonimbus (Cb) buludunun uzanmış və “Qarmaq” şəkilli reflektivlik nümunəsinə qədər inkişaf edə bilməsi müşahidə olunur. Prosesin burulması “Vergül” şəkilli reflektivlik nümunəsinin əsas hissəsi və qarşı kənar (aparıcı kənar) super və ya super olmayan özəkli qasırğa üçün əsas nümunə formasıdır. Küləyin fırlanma profili burulğanın mərkəzindən kənara doğru təsirini göstərən turbulentliyin şiddətindən aslıdır. Turbulentliyin intensivliyini meteoroloji radiolokatorların spektral en (Spectral width) məhsulu ilə aşkarlamaq və təhlil etmək mümkündür. Turbulentliyin intensivliyini müşahidə etmək üçün daha böyük miqyasda ehtiyac vardır [3]. Lakin C-band meteoroloji radiolokatorları yalnız 250 km-ə qədər olan məsafədə müşahidə və təhlil etmək qabiliyyətinə malikdir.

Təəssüf ki, Azərbaycan Respublikası ərazisinin hava məkanında qasırğa hadisələrinin müəyyənləşdirilməsi üçün meteoroloji radar şəbəkəsi olmadığından super özəkli qasırğa küləyini müşahidə edib təhlil aparmaq mümkün olmamışdır. Külək sürüşməsi hadisəsi və onun neqativ təsirlərinin müşahidəsi, tədqiqi, öyrənilməsi və qabaqlayıcı tədbirlərin görülməsi mövzunun tədqiqinin əsas tərkib hissələrindən biridir.

Metodlar. Təsvir edilmiş metod vasitəsi ilə Abşeron yarımadası və Xəzər dənizi akvatoriyasında radiometeoroloji müşahidə, dataların emalı və təhlil edilməsi əsasən meteoroloji radar görüntülənməsində reflektivlik (Z), radial sürət (V), spektral en (W) və külək sürüşməsi (SHEAR) məhsul növləri ilə külək sürüşməsi hadisəsinin müşahidə etməyə imkan verir.

Bu araşdırmada istifadə olunan metodologiya təminatı:

1.WRM 200 meteoroloji radiolokatorun QLW pəncərəsindən istifadə yolu ilə dataların emalı, faktiki reflektivlik (Z), radial sürət (V), spektral en (W) və külək sürüşməsi (SHEAR) məhsulları ilə tədqiq edilir.

2.Külək sürüşməsi hadisəsinin kəmiyyət və keyfiyyət baxımından təhlili bəzi məhsullar vasitəsilə aparılır, bunlar maksimum reflektivliyin təhlili və bulud nümunələri üçün yer səthindən 0,1-8.0 km hündürlüklərdə CAPPI (Z, V, W) dataları və külək profilinin təhlili üçün 1 km hündürlük profili seçilir. Təhlükəli atmosfer hadisəsinin ilkin formalaşması ilə əlaqəli buludda üfüqi, burulğanın təsiri və turbulentliyin intensivliyi, analiz üçün VVP (V) məhsulu şaquli külək və divergensiya dəyərini təmin edir, (V SHEAR, H SHEAR) və H SHEAR / V SHEAR (V) küləyin analizi üfüqi və şaquli formada müşahidəyə imkan yaradır.

3.Tədqiqat işində problemin qiymətləndirilməsi üçün təhlil aparmağa ehtiyac vardır.

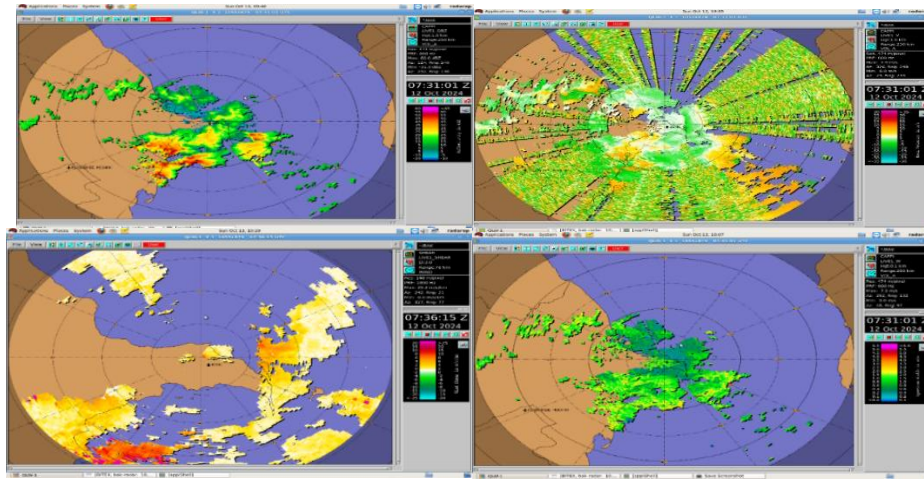
Müzakirə. Külək sürüşməsi Abşeron yarımadası və Xəzər akvatoriyasında 12 oktyabr 2024-cü il tarixdə 07:31-07:36 Z (11:31-11:36) müşahidə edilmişdir (şəkil 1).

CAPPI (LIVE_1 DBZ) 1 km hündürlükdə məhsulların təhlili və məkan üzrə reflektivlik göstərilmişdir. Maksimum müşahidə 250 km-ə qədərdir. Qeyd olunan görüntülərdə Abşeron yarımadası və Xəzər dənizinin cənub-qərb və cənub-şərq sahilləri yüksək reflektivliyə malik olduğu müşahidə edilmişdir. Prosesin mövcud olduğu məkan 1.0-8.0 km yüksəkliklərdə olan CAPPI (W) maksimum qiyməti eyni məkana müvafiqdir. Ümumiyyətlə tədqiqatlarda müəyyən bir amilin spektral en qiymətinin təsnifatına əsasən, dəyər çox güclü turbulentliyi olan çox özəkli şiddətli qasırğa kateqoriyasına uyğun gəlir. CAPPI (Z) məhsulu tərəfindən təsdiqlənmiş təsnifat nəticələri, 55-60 dBZ ölçüsündə maksimum reflektivlik dəyəri olan bir neçə özəkli konvektiv buludluluq prosesini göstərir.

CAPPI (LIVE_1 V) 1.0-8.0 km hündürlüklərdə küləyin orta sürəti məhsullarının təhlili göstərilmişdir. Ümumiyyətlə, doppler radarların spesifik xüsusiyyətlərindən biri də prosesin hərəkətini aşkar etmək qabiliyyətidir. Ancaq "müşahidə edə biləcəyi" yeganə hərəkət ya birbaşa meteoroloji radara tərəf yönəlməli, ya da radardan uzaqlaşmalıdır. Bu radar şüasının istiqaməti boyunca hədəfin hərəkətinin tərkib hissəsi olduğu üçün radial sürət adlanır. Bütün sürət görüntülərində qırmızı rənglər küləyin meteoroloji radardan uzaqlaşmağını, yaşıl rəng radara doğru irəliləməni ifadə edir. Meteoroloji radarın yerləşdiyi məkanı bilmək çox vacibdir, çünki küləyin hərəkətini düzgün şəkildə müşahidə etmək üçün bu, istinad nöqtəsidir. Təməl sürət görüntüləri əsas külək sahəsinin $1/2^0$ yüksəklikdən skanlama görüntüsünü təmin edir. Aşağı axın (downburst) və ya soyuq cəbhə küləyini müşahidə etməklə güclü küləyi müəyyənləşdirmək mümkündür. Lakin meteoroloji radar yalnız radial sürəti ölçdüyündən, küləyin birbaşa radara doğru və ya uzaqlaşması halında küləyin gücü həmişə baş verəndən daha az müşahidə olunacaqdır.

CAPPI (LIVE_1 W) 1.0-8.0 km hündürlüklərdə spektral en məhsullarının təhlili göstərilmişdir. Bu məhsulların köməyi ilə hava şəraiti variasiyasını müəyyən etmək mümkündür. Spektral en məhsulu məkanda variasiyanın ölçülməsidir. Spektral en məhsulunda yüksək dəyərlər yüksək sürətlənmə nisbətini, aşağı dəyərlər isə dar bir diapazonda müşahidəni göstərir. Bu dəyərlər hava şəraiti haqqında məlumat verir [4]. Spektral en məhsulu potensial qasırğaların, mikro axınlar (microburst) və müxtəlif növ cəbhələrin müəyyənləşdirilməsini əhatə edir. Spektral en məhsulunda dəyərlər burulğan yaxınlığında yüksək olduqda qasırğanın inkişaf edə biləcəyi və ya qasırğa tərəfindən dağıntı ola biləcəyi ilə bağlı əlavə məlumatlar verməyə qadirdir. Mikro axınlar (microburst) hava gəmilərinə yaratdığı təhlükələrə görə aviasiyada ətraflı araşdırılır. Zəifləyən bir qasırğa yaxınlığında yüksək spektr en dəyərləri mikro axın və ya turbulentlik ehtimalını göstərir.

WIND (LIVE_1 SHEAR) maksimum 78 km diapazonda, şimal-şərq, cənub-qərb və cənub-qərb istiqamətində 0.5^0 , 3.0^0 və 5.0^0 hündürlükdə (8760 m) külək sürüşməsi müşahidə edilmişdir. Ümumiyyətlə, meteoroloji radara yaxın diapazonda külək sürüşməsi məlumatlarını daha dəqiq müşahidə etmək mümkündür. Müşahidə hündürlüyü 100-8760 m qədər olan məsafədə yerinə yetirilir. Pozitiv dəyərlər faktiki yüksəliş üçün şaquli külək sürüşməsini və mənfi qiymət üçün isə faktiki şaquli külək sürüşməsini göstərir. Əks istiqamətdə iki faktiki külək axını üfüqi külək profilinin qeyri-sabitliyini göstərir və qasırğa özəyinin davamiyyətinə təsir göstərir.



Şəkil 1. Abşeron yarımadası və Xəzər dənizi hövzəsində müxtəlif hündürlüklərdə (0.1-8.0 km) təhlükəli atmosfer hadisəsi əlaqədar radar data məhsulları (11:31-11:36 12.10.2024-cü il).

Nəticə. Əgər gələcəkdə respublika ərazisi üzrə meteoroloji radar şəbəkəsi mövcud olarsa, respublika ərazisinə tam radiometeoroloji baxımdan nəzarət etmək mümkün olacaqdır. Ümumiyyətlə, müşahidələr onu göstərir ki, yuxarıda qeyd olunan məkan üzrə təhlükəli atmosfer hadisəsinin data məhsulların reflektivliyi ilə aşkarlanması olduqca çətindir. Radial sürət reflektivliyinin analizi, 0.1-8.0 km hündürlükdə üfüqi küləklər üzərində hərəkət nümunəsinə bütün hallarda CAPPI (V) məhsulu vasitəsilə rast gəlinir. Külək sürüşməsi hadisəsinin aşkar olunan üfüqi və şaquli sürüşmə dəyəri Rodger A. Braun tərəfindən 1977-ci ildə təsbit edilmiş meyarlara uyğundur, burada üfüqi və ya azimutal sürüşmə dəyəri 20 ms-1/km-dən çox və güclü şaquli sürüşmə şkalası təxminən 1 km hündürlükdə meydana gəlmişdir [5]. Spektral en dəyərlərinin təhlili bütün hallarda buluddakı güclü turbulentliyin şiddətini göstərir. Buludların aşağı sərhədinin hündürlüyü bir neçə özkli qasırğanın formalaşmasına təsir edir. Tədqiqatların nəticələrinə diqqət yetirsək, Abşeron yarımadası və Xəzər hövzəsi üzrə təhlükəli atmosfer hadisəsinin meydana gəlməsini uzaqdan zondlama, məhsulun radial sürətini və spektral enin təhlil etməklə müşahidə etmək olar, əks halda məhsulun qasırğa əlaməti üçün əsas istinad tapmaq çətindir. Aşağı qatda burulğanın müşahidəsi, məkan ətrafında güclü turbulentliyin təsir qüvvəsi məkan üzrə əsas xarakterik bir qasırğaları meydana gətirir. Radial sürətin və spektral en məhsullarını davamlı olaraq izləməklə, külək sürüşməsi hadisələri haqqında erkən xəbərdarlıq məlumatlarını əldə etmək olar. Məhz, bu baxımdan da hava məkanında uçuşqabağı hazırlıq mərhələsində bütün zəruri meteoroloji məlumatlarla yanaşı Uçuş İnformasiya Regionunda (FİR) külək sürüşməsinin əvvəlcədən müəyyən edilməsi həm elmi-praktiki əhəmiyyəti, həm də müxtəlif hava yollarına məxsus hava gəmilərinin təhlükəsizliyinin minimuma endirilməsi və digər maliyyə itkilərinin qarşısını almaq olar. Bundan əlavə faktiki məkan üzrə külək sürüşməsinin əvvəlcədən müəyyən edilməsi və müşahidəsi gələcəkdə çox profilli uçuş enmə zolağında pilotsuz hava aparatlarının uçuş təhlükəsizliyinə və onun inkişafına böyük töhvə verə bilər.

Ədəbiyyat

- [1] Руководство по сдвигу ветра на малых высотах. (Doc. 9817, AN/449).-ИКАО. Издание первое-258 с, (2005)
- [2] Przybylinski, R.W. The Bow echo: Observations, Numerical Simulations And Severe Weather Detection Methods. Wea. Forecasting, 10, pp 203-218, (1995)
- [3] Doviak, R. J., and D. S. Zrnić. Doppler Radar and Weather Observations. Second edition, Academic Press, Orlando, 562 pp, (1993)

- [4] Fang, Ming and Richard J. Doviak: Spectrum Width Statistic of Various Phenomena. Oklahoma : Norman. 48-49, (2001)
- [5] Rodger A. Brown, Leslie R. Lemon, and Donald W. Burgess. Tornado Detection by Pulsed Doppler Radar. Mon. Wea. Rev., 106, 29–38 (1978)
- [6] <http://www.weather.gov/>
- [7] Vaisala WRM 200 meteoroloji radiolokator arxivi.

OBSERVATION AND ANALYSIS OF WIND DATA WITH WEATHER RADAR

Gurbanov Kh.T., Huseynov N.Sh.

Abstract. Wind shear plays a direct role in the formation of weather processes in a wide sense: from turbulence affecting aircraft to small-scale effects. The various phenomena causing such air movements include hurricanes, land/sea breezes, vortices, mountain waves and frontal systems observed during lightning. The importance of wind shear for aviation depends on its negative impact on aircraft and, therefore, on flight safety. Knowing wind data in real time and space in advance can improve the level of airspace safety and avoid financial losses in flight traffic. In Doppler radars, data can be analysed using remote sensing. The detection of wind observation data is carried out by defining the characteristic scheme of the convective cloud system using the hook echo, observing it and analysing the turbulence strength. The results were obtained using the CAPPI(Z), CAPPI(V), CAPPI(W) and WIND(SHEAR) products at heights of 0.1 and 8.0 km above the ground. It is very difficult to determine the eddy reflectivity (hook echo) in the PPI(Z) and CAPPI(Z) products at a height of 0.1 km above the ground. Remote sensing results allow observing the physical properties of the eddy at smaller scales. The article, among other things, discusses the methods for determining wind shear and its future perspectives.

Keywords: wind vortex, remote sensing, weather radar, reflectivity, bandwidth, radial velocity, wind shear.



QURAQLIQ HADİSƏSİNİN KOSMİK TEXNOLOGİYA ƏSASINDA MÜQAYİSƏLİ TƏHLİL ÜSULLARI

Vəliyeva A.H., Bədəlova A.N.

aysel.valiyeva.7@outlook.com

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Quraqlıq atmosfer və hidrosferdə su çatışmazlığından baş verən təbii bir hadisədir. Bu hadisə uzun müddət ərzində yağıntının normal səviyyədən aşağı olması nəticəsində yaranır və bitki örtüyünə, torpağa, su resurslarına, ətraf mühitə və iqtisadi fəaliyyətə mənfi təsir göstərir. Quraqlıq hadisələrinin təhlili müasir dövrdə kosmik texnologiyalar və peyk məlumatları vasitəsilə daha dəqiq və genişmiqyaslı şəkildə aparılır. Quraqlığın müşahidəsi üçün müxtəlif metodlar, indikatorlar və peyk müşahidələrdən və təsvirlərindən istifadə olunur. Bu üsullar quraqlığın intensivliyini, müddətini, təsir sahəsini və nəticələrini qiymətləndirməyə imkan verir. Quraqlıq, təbii bir proses olmaqla yanaşı, insan fəaliyyəti və iqlim dəyişiklikləri ilə daha da intensivləşir. Bu təbii hadisənin tədqiqi və proqnozlaşdırılması müxtəlif sahələr üzrə idarə edilməsi üçün texnologiya və üsullardan kompleks yanaşmaları birləşdirilməlidir.

Açar sözlər: quraqlıq monitorinqi, aerokosmik monitorinq, peyk texnologiyası, radiometrik kalibrəmə, Map ALqebra.

Giriş. Bu gün dünya ölkələri ərzaq ilə təminat, kənd təsərrüfatının yüksək məhsuldarlığına imkan yaradılmasına, içməli su obyektlərinə və enerji istehsalına malik olması müxtəlif iqlim parametrlərinin quraqlıq hadisənin yaranmasına ciddi şəkildə təsir göstərir. Quraqlıq vəziyyəti geniş ərazilərə və çoxlu sayda insana təsir edir və iqtisadi ziyanə səbəb olur. İqtisadi zərərlərdən başqa, quraqlıq ekosistemləri pozur. Quraqlıq - ilin istənilən fəslində yağıntıların uzun müddət normadan aşağı düşməsi və yüksək temperaturun (buxarlanma və tərləmə nəticəsində) torpaqda suyun tükənməsinə səbəb olması nəticəsində bütün canlı orqanizmlər üçün təhlükəli bir vəziyyətin yaranmasıdır.

Quraqlıq kənd təsərrüfatı məhsullarının məhsuldarlığını aşağı salır, epidemioloji vəziyyət, zərərvericilər sürətlə çoxalır, meşə və torf yanğınları baş verir. Digər ekstremal hadisələrdən fərqli olaraq, quraqlıq çox zəif inkişaf etmiş və fiziki cəhətdən mürəkkəb prosesdir. Bəzən kiçik regionları, bəzən isə hətta bütün ölkəni əhatə edə bilər. Quraqlıq göstəriciləri fiziki və biofiziki göstəricilərə ayrılır. Fiziki göstəricilərə daxildir: yağış, çay səviyyəsi, çay axını, yeraltı suların səviyyəsi, torpağın nəmliyi[4]. Biofiziki göstəricilərə daxildir: bitki çətilərinin saralması, diaforetik mikroorqanizmlərin əmələ gəlməsi, bitki və heyvanların yerlərinin dəyişdirilməsi. Çox illik müşahidələrə əsasən quraqlıq prosesinin baş verməsi və fəsadları müxtəlif səviyyə təsiri üzrə fərqlənir.

Atmosfer quraqlığı – yüksək hava temperaturu və aşağı nisbi rütubət (10-12%) ilə xarakterizə olunur. Bu cür quraqlıqlar quru isti hava kütlələrinin köçürülməsi nəticəsində baş verir və “qara külək” adlanır. Əgər bu proses uzun müddət davam edirsə, atmosfer quraqlıqları quru isti küləklərin təsiri ilə torpaqdan buxarlanma və transpirasiyanı artırır. Torpaqda su buxarı azalır və quraqlıq hadisəsi baş verir;

Torpaq quraqlığı – havanın yüksək temperaturu və günəşin aktiv şüalanması, rütubətin az olması və torpağın quruması ilə nəticələnərək aktiv torpaq qatına təsir göstərir. Bu proses bitkilərin kökləri ilə qidalanma sxemlərinin pozulmasına və onların məhvində səbəb olur;

Hidroloji quraqlıqlar – uzun müddət ərzində yağıntıların olmaması nəticəsində çaylarda, göllərdə, su anbarlarında və yeraltı sulara suyun səviyyəsinin aşağı düşməsi ilə xarakterizə olunur, bu proses su çatışmazlığını gücləndirir.

Kənd təsərrüfatı quraqlıqları – meteoroloji və hidroloji quraqlıqların kənd təsərrüfatı məhsuldarlığına mənfi təsiri ilə səciyyələnilir.

Son dövrlərdə kənd təsərrüfatının inkişafında aerokosmik monitoring yavaşması böyük əhəmiyyətə malikdir. Aerokosmik monitoring əsasında aparılan tədqiqatlar kənd təsərrüfatı torpaqlarının idarə olunmasında mühüm rol oynayır. Peyk texnologiyası fermerlərə və aqronomlara real vaxt rejimində əkinlərin vəziyyəti, torpağın rütubəti və digər mühüm parametrlər haqqında müasir məlumat almağa imkan verir. Qeyd etmək lazımdır ki, kənd təsərrüfatında peyk məlumatlarından istifadənin əsas üstünlükləri: dəqiqlik, effektivlik, operativlik və s. ilə xarakterizə olunur[4]. Aerokosmik monitoringin əsas tətbiqləri əkinlərin vəziyyətinə nəzarətdir.

Metodlar. Peyk təsvirləri bütün vegetasiya dövründə bitkilərin inkişafını izləməyə imkan verir. NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) kimi xüsusi indekslərdən istifadə edərək bitkilərin vəziyyətini qiymətləndirmək mümkündür.

Biokütlə və bitki örtüyünün sıxlığına aiddir:

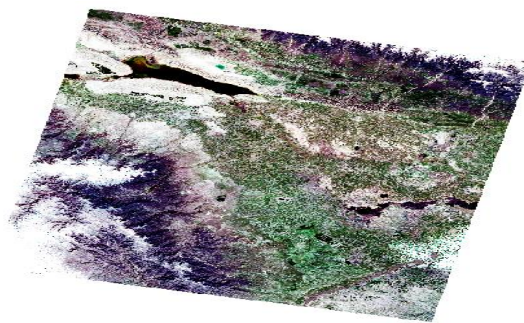
- Bitkilərin inkişafı mərhələləri;
- Potensial gəlir;
- Stress faktorlarının mövcudluğu (quraqlıq, xəstəliklər, zərərvericilər).

Bu məlumat fermerlərə məhsuluna qulluq etməsi üsuluna, gübrələrin və bitki mühafizə vasitələrinin tətbiqinin optimallaşdırılmasının əsaslandırılmış qərarların qəbul etməyə imkan verir. Torpağın rütubətinin qiymətləndirilməsi məsələsində kənd təsərrüfatında suyun effektiv idarə edilməsi üçün torpağın nəmliyinə nəzarət çox vacibdir. Bu məsələdə həm yerüstü həm də peyk məlumatların əsasında müxtəlif vacib məsələləri həll edilir:

- Suvarma üçün optimal vaxt və həcmi müəyyənləşdirir;
- Qeyri-kafi və ya həddindən artıq rütubətli sahələri müəyyən edir;
- Meliorasiya tədbirlərin planlaşdırması;
- Quraqlıq və ya bataqlıq risklərini proqnozlaşdırmaq.

Bu yanaşma, su ehtiyatlarından istifadənin səmərəliliyini əhəmiyyətli dərəcədə artırır və əlverişsiz hava şəraiti nəticəsində məhsul itkisi riskini azalda bilər. Bildiyimiz kimi, quraqlığın monitoringində dünya təcrübəsində peyk məlumatlarının əsasında quraqlıq indekslərindən istifadə olunur. Onların sayı 100-ə yaxınlaşır.

Bu məqalənin məqsədi <https://earthexplorer.usgs.gov/> saytıdan əldə olunmuş təsvirə əsasən quraqlıq vəziyyətinin ərazidə qiymətləndirilməsidir. Fəza ayırdetməsi 100 m, buludluluq 50% olmaqla, 29.12.2023, 03.04.2024, 06.06.2024 tarixli Landsat 8 peykinin 4, 5, 10-cu kanal üzrə təsvirlər və metadata faylı endirilir. Quraqlıq vəziyyətinin qiymətləndirilməsində ArcMap 10.8 proqram təminatından istifadə olunur[3]. Landsat 8 peyki Amerikanın peyk sistemi olub 2013-cü ildə buraxılmışdır. Peyk 11 kanallıdır, OLI və TIRS sensorları ilə təchiz olunmuşdur. İstilik çəkilişləri sistemin 10 və 11-ci kanalları üzrə, TIRS sensoru ilə həyata keçirilir [3].



Şəkil 1. İlkin LANDSAT 8 təsviri (04.03.2024)

Landsat 8 peyk təsviri, radiometrik kalibrəmə, həndəsi korreksiya və atmosfer təhriflərinə məruz qalmış ikinci emal səviyyəsinin hesablaması üçün NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

istifadə edilmişdir:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED) \quad (1)$$

burada: NIR - yaxın infraqırmızı kanalda təsvir pikselinin spektral parlaqlığının qiyməti;

RED - qırmızı kanalda təsvir pikselinin spektral parlaqlığının dəyəri. Sonra, hesablanmış NDVI indeksinə əsasən, tədqiq olunan ərazidə quraqlığın təsirini müəyyən etmək üçün aşağıdakı düsturla hesablanan VCI (şərti bitki indeksi) hesablanmasına davam edirik [1,2].

$$VCI_j = (NDVI_j - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min}) \times 100\% \quad (2)$$

burada: VCI_j - j tarixi üçün vegetasiya şəraiti indeksinin dəyəri;

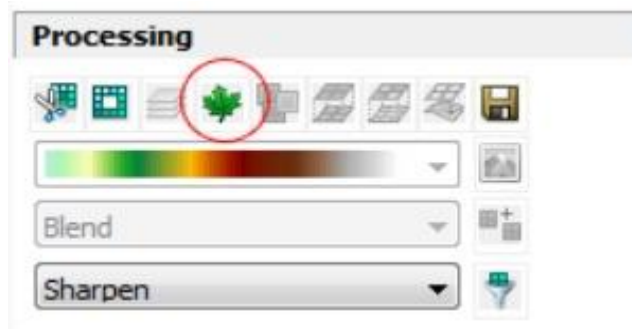
$NDVI_j$ - j tarixi üçün dəyərlərin NDVI indeksi;

$NDVI_{min}$ - məlumat dəsti daxilində minimum NDVI indeks dəyəri;

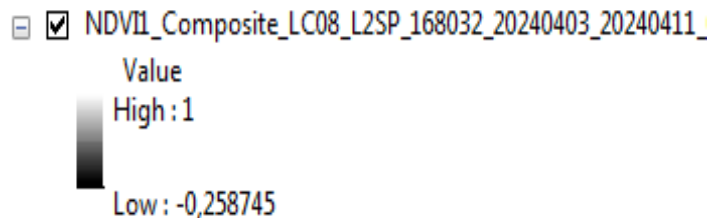
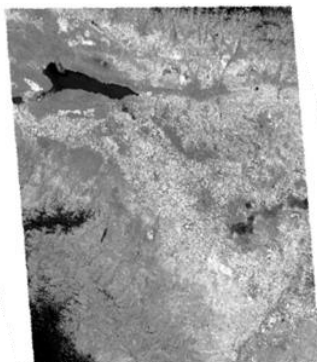
$NDVI_{max}$ - məlumat dəsti daxilində maksimum NDVI indeks dəyəri.

VCI (Vegetation Condition Index) ən çox quraqlığın monitorinqi üçün istifadə olunur [2]. Şərti vegetasiya indeksindən istifadə vegetasiya dövründə bitki örtüyünün spektral xüsusiyyətlərinin təbii dəyişməsinə nəzərə almağa imkan verir və təbii amillərin (hava şəraiti, ekosistem dəyişiklikləri, torpaq, topoqrafik şərait) təsirini azaldır.

Nəticə və müzakirələr. İndeks müxtəlif təbii ərazilərdə, müxtəlif landşaftlarda və müxtəlif hava şəraitində NDVI göstəricilərini müqayisə etməyə imkan verir. ArcGIS 8 GIS alətləri vegetasiya şəraitinin indeksini hesablamaq və onu quraqlığın təsirini müəyyən etmək məqsədilə istifadə edilmişdir. Birinci mərhələdə ilkin peyk təsviri CİS-ə daxil edilir (Şəkil 1). Image Analizi alətindən istifadə edərək (Şəkil 2), indeks şəkli (1) düsturla (Şəkil 3) hesablanır:



Şəkil 2. İndeks hesablama aləti



Şəkil 3. 04/03/2024 tarixinə NDVI indeksinin nəticə hesablanması

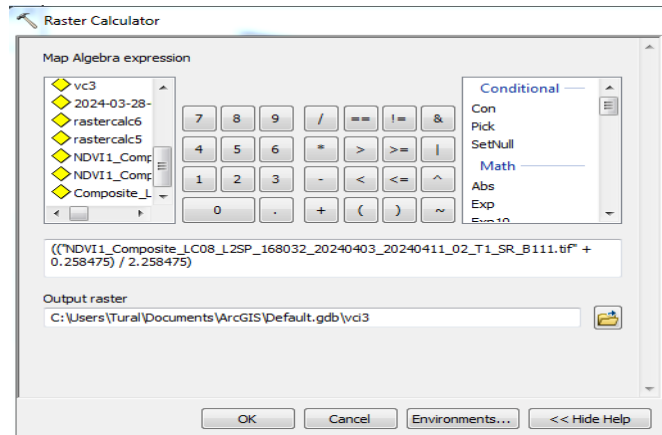
Sonra, VCI_j indeksini hesablamaq üçün dəyərləri təyin edirik:

$$NDVI_{min} = -0,258475$$

$$NDVI_{max} = 1$$

$$C = NDVI_{max} - NDVI_{min} = 1,258475$$

Map ALqebra alətindən istifadə edərək VCI_j dəyərlərini hesablayırıq (Şəkil 4):



Şəkil 4. Xəritə ALqebra Raster Kalkulyator Alətindən istifadə edərək VCI_j İndeksinin hesablanması

Nəticədə, VCI_j indeksinin dəyərlərinə görə təsnif etdiyimiz bir indeks şəklini əldə edirik (Şəkil 5): VCI dəyərləri 0 ilə 100% arasında dəyişir və artan mövsüm şəraitindəki dəyişiklikləri əks etdirir. İndeksin dəyəri 70% -dən çox olduqda (uzunmüddətli normadan yuxarı) müəyyən bir ərazidə şərait rütubətli və bitki örtüyü üçün əlverişli hesab olunur. 30%-dən 70%-ə qədər olan indeksdəki dəyişikliklər normala yaxın rütubət şəraitini əks etdirir.

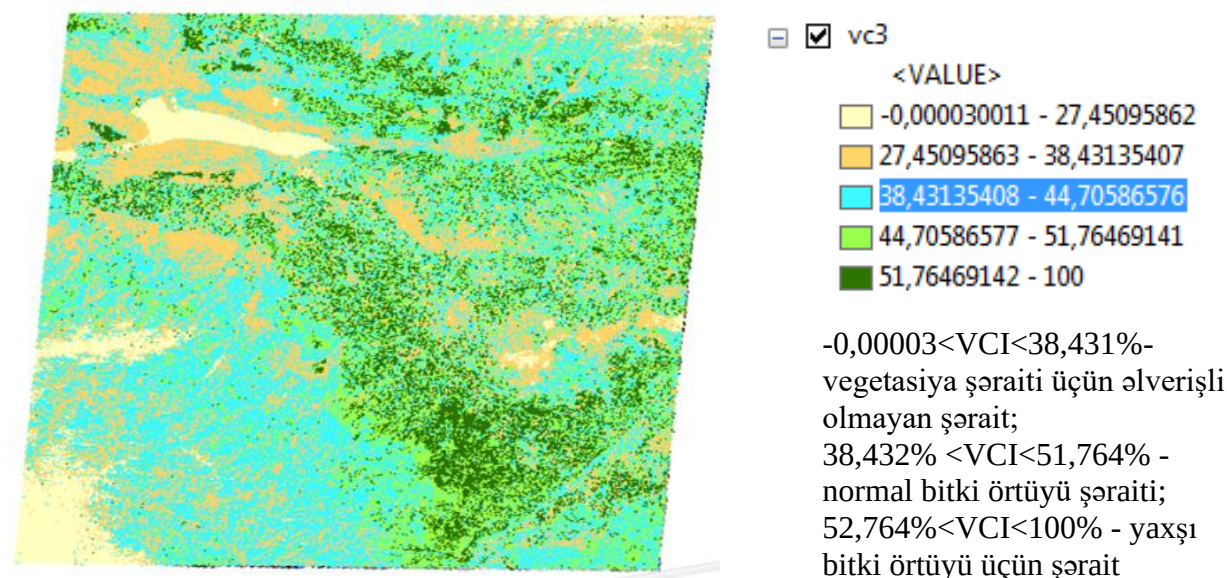
Bitki örtüyünün stressli şərtləri indeks dəyərləri 30% -dən (normaldan aşağı) olduqda baş verir[1]. Şəkil.5-də. vegetasiya şəraiti indeksinin əldə edilən dəyərləri aşağıdakı kimi təsnif edilir:

-0,00003 < VCI < 38,431% - uzunmüddətli normadan aşağı, pis vəziyyətdə;

38,432% < VBI < 51,764% - uzunmüddətli normaya yaxın, normal;

52.764 % < VCI < 100% - uzunmüddətli vəziyyətdən yuxarı, yaxşı vəziyyətdə

Tədqiq olunan regionun hidrotermal analizinin məlumatları ilə vegetasiya şəraiti indeksinin müqayisəsi vegetasiya şəraitinin rütubət şəraitindən asılılığını göstərəcəkdir. Alınan vegetasiya şəraitinin göstəricisini və ilkin təsviri müqayisə etdikdə, şərti olaraq deyə bilərik ki, bitki örtüyü üçün əlverişli olmayan indeksə malik əraziyə çox şoranlaşmış torpaqlar və su obyektləri olan ərazilər daxildir. Normal bitki örtüyünün olduğu yerlərdə bunlar kənd təsərrüfatı obyektləri və dağətəyi ərazilərdir ki, burada yaxşı inkişaf şəraiti meşə sahələri daxildir.



Şəkil 5. VCI indeksi ilə indeks şəkli

Ədəbiyyat

- [1] Шихов А.Н. Космический мониторинг засух на территории Уральского Прикамья по многолетним рядам данных дистанционного зондирования Земли. Ж. Географический вестник. Картография и геоматика.4(27). стр.100-107(2013)
- [2] Спивак А.Ф., и др. Космический мониторинг засух в Казахстане: анализ многолетних рядов дистанционного зондирования. Ж. Земля из космоса-наиболее эффективные решения. №1(13). стр.15-23(2012)
- [3] <https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-8/>
- [4] Золотокрылин А. Н., Титкова Т.Б. Спутниковый индекс климатических экстремальных индексов засушливых земель// Аридные экосистемы. 2012, Т18. №4. С. 5-12

COMPARATIVE ANALYSIS METHODS OF DROUGHT EVENTS BASED ON SPACE TECHNOLOGY

Valiyeva A.H., Badalova A.N.

Abstract. Drought is a natural phenomenon resulting from a deficiency in atmospheric and hydrospheric water resources. It occurs when precipitation falls below the normal levels over an extended period, negatively affecting vegetation, soil, water resources, the environment, and economic activities. In contemporary times, the analysis of drought events is conducted more accurately and on a broader scale through space technologies and satellite data. Various methods, indicators, and satellite observations and imagery are utilized to monitor drought. These approaches enable the assessment of drought intensity, duration, impact area, and outcomes. Drought, while a natural process, is exacerbated by human activities and climate change. The study and forecasting of this natural phenomenon require the integration of complex approaches, combining technology and methods across different fields for effective management.

Keywords: drought monitoring, aerospace monitoring, satellite technology, radiometric calibration, Map Algebra.



YAŞIL ENERJİ MƏNBƏLƏRİNİN İNKİŞAFINDA HİDROMETEOROLOGİYANIN ROLU

Quluzadə C.Ə.

covhar.guluzade@naa.edu.az

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Bu məqalə, yaşıl enerji mənbələrinin inkişafında hidrometeorologiyanın əhəmiyyətini və bu sahənin gələcəkdəki potensialını araşdırır. Yaşıl enerji ekoloji cəhətdən təmiz və davamlı enerji mənbələrini ifadə edir, bu da qlobal iqlim dəyişiklikləri və ekoloji fəsadlarla mübarizənin vacib bir hissəsidir. Hidrometeorologiya, iqlim və su dövrələri ilə bağlı elmi tədqiqatları əhatə edən bir sahədir, bu isə günümüzdə enerji problemlərinin həlli üçün əhəmiyyətli məlumatları özündə cəmləşdirir. Məqalədə xüsusilə su və külək enerjisi kimi yaşıl enerji mənbələrinin inkişafında hidrometeorologiyanın rolu vurğulanır.

Açar sözlər: yaşıl enerji, hidrometeorologiya, külək enerjisi, su enerjisi, enerji istehsalının optimallaşdırılması, iqlim dəyişikliyi, simulyasiya modelləri, tükənməz enerji mənbələri.

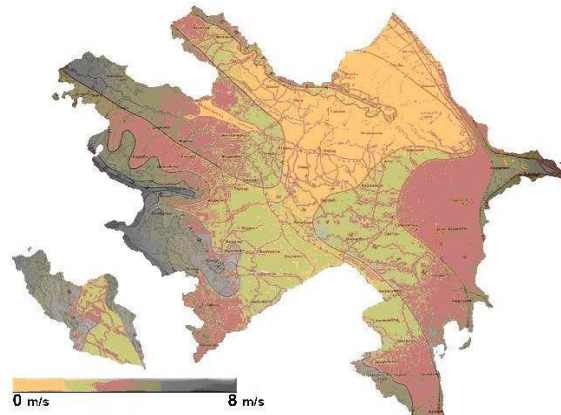
Giriş. Hidrometeorologiya, atmosferdə baş verən fiziki proseslərin, meteoroloji və hidroloji amillərin, okean-atmosfer əlaqələrinin, hidrometeoroloji rejimlərinin və iqlim xüsusiyyətlərinin qarşılıqlı təsiri, təhlili, proqnozlaşdırılmasını öyrənən bir elm sahəsidir. Bu sahə, yaşıl enerji mənbələrinin inkişafında mühüm rol oynayır, çünki iqlim dəyişiklikləri və hidroloji amillər enerji istehsalına birbaşa təsir edir. Son illərdə, xüsusilə günəş, su və külək enerjisinin əldə olunmasının inkişafında, hidrometeorologiyanın əhəmiyyəti artmışdır. Bu məqalədə, hidrometeoroloji məlumatların yaşıl enerji mənbələrinin effektivliyini necə artırdığını həmçinin, müasir texnologiyaların və metodların bu sahədə tətbiqini və bu yanaşmaların yaşıl enerji istehsalı layihələrinin daha da inkişafına necə töhfə verə biləcəyini təhlil edəcəyik.

Son illərdə, qlobal enerji bazarında yaşıl enerji mənbələrinin inkişafı, ekoloji təhlükəsizlik və davamlı inkişaf prinsipləri ilə sıx əlaqələndirilir. Yaşıl enerji, təbii qaynaqlardan istifadə edərək enerji istehsalını təmin edən və ətraf mühitə minimum təsir göstərən enerji növlərini əhatə edir. Bu enerji mənbələrinə külək enerjisi, günəş enerjisi, biokütlə və su enerjisi daxildir. Yaşıl enerjinin inkişafı, yalnız ekoloji cəhətdən təmiz enerji təmin etməklə kifayətlənmir, eyni zamanda iqtisadiyyatın diversifikasiyası, iqlim dəyişikliyi ilə mübarizə və enerji təhlükəsizliyinin təmin edilməsi kimi bir sıra əhəmiyyətli məqsədləri də özündə cəmləşdirir.

Iqlim dəyişiklikləri, yaşıl enerji istehsalına birbaşa təsir göstərir. Hidrometeoroloji məlumatların düzgün toplanması və təhlil edilməsi, yaşıl enerji layihələrinin uğurlu olması üçün mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Həmçinin, bu məlumatların düzgün proqnozlaşdırılması, enerji istehsalını optimallaşdırmağa və bununla da resurslardan səmərəli istifadə etməyə imkan verir.

Hal-hazırda geniş yayılan alternativ enerji mənbələrindən biri olan külək enerjisinin Azərbaycan üçün xüsusiyyətlərinə baxaq: hesablamalara əsasən, Azərbaycan öz coğrafi vəziyyəti, təbii şəraiti və iqtisadi infrastrukturunu sayəsində ildə 800 MVT-a yaxın külək enerjisi ehtiyatına malikdir. Bu, ildə təxminən 2,4 milyard kVt/saat elektrik enerjisi istehsalına bərabərdir. Bu da illik 1 milyon tona yaxın şərti yanacağa qənaət etmək və eyni zamanda, şərti olaraq azondağıcı karbon dioksidin ətrafa atılmasının qarşısını almaq deməkdir. 2002-ci ildən etibarən Azərbaycanın bərpa olunan enerji resurslarının qiymətləndirilməsi aparılmışdır. Abşeron yarımadası geniş külək enerjisi potensialına sahib olduğu məlumdur. Burada küləyin uzunmüddətli ortalama sürəti 6 m/san-dan çoxdur, bu da külək enerjisi üçün əlverişli meteoroloji potensialın olduğunu göstərir. Şimal DRES-in yerləşdiyi ərazidən əldə olunan statistika, təqdim olunan göstəriciləri bir daha təsdiqləmişdir. Qobustan rayonu üçün aparılan tədqiqatlar,

külək enerjisi potensialının 4-cü sinfinə aid olduğunu göstərir ki, bu da yüksək potensialı ifadə edir. İllik artımın nəzərə alınması ilə Azərbaycanda ildə ortalama 16-18 milyard kVt/saat elektrik enerjisi istehsal olunur. Külək enerjisinin inkişafı, 10-25% aralığında əlavə elektrik istehsalı deməkdir. Bu, hazırkı pərakəndə satış qiyməti ilə əhali qrupuna illik 144 milyon manat əlavə gəlir gətirə bilər. Sahibkarlıq subyektlərinin də enerji tələbatını nəzərə alsaq, daha böyük rəqəmlərin əldə edilməsi mümkündür. Eyni zamanda, artan əhali enerji tələbatının ödənilməsində də sosial bir həll kimi çıxış edə bilər. Külək enerji qurğularından istehsal olunan elektrik enerjisi, adətən, geniş ərazilərin enerji təminatına yetmədiyinə görə istehsal olunduğu əraziyə yaxın yaşayış məntəqələrinin tələbatını ödəyir. Bu da, hər hansı bir qəza baş verdikdə, ölkənin böyük hissəsinin deyil, yalnız kiçik bir hissəsinin təsirlənməsi deməkdir. Bu, bərpa işləri tamamlanana qədər yaxın rayonların elektrik şəbəkəsinə qoşulma ilə minimuma endirilə bilər. Xəzər dənizinin sahil sahələrinin istifadəsi də səmərəli olur. Azərbaycan Xəzər dənizinin sahil xəttində, təxminən 300 km uzunluğunda, küləyin orta illik sürəti 40-50 m hündürlükdə 7 m/s-dən az olmur. Külək enerjisi qurğularının sahil xəttindən 1,5 km məsafəyə yerləşdirilməsi şərti ilə 600 kVt gücündə və 50 m hündürlüyündə qurğular ola bilər. Külək enerji qurğuları arasındakı məsafənin 3H-5H olmasına baxaraq, 1 km² ərazidə 15-20 belə qurğu yerləşdirmək mümkündür. 180 km²-lik yararlı sahədə ümumi gücü 1800 MVt olan 3000 külək enerjisi qurğusunun quraşdırılması mümkündür. Abşeron şəraitində külək enerji stansiyalarının gücündən istifadə etmə əmsalını 0,25-0,3 qəbul etsək, elektrik enerjisinin istehsalı 4-4,5 milyard kVt/saat təşkil edə bilər.



Şəkil 1. Azərbaycanda külək enerjisindən potensial istifadə zonaları

Metodlar. Tədqiqatda hidrometeoroloji məlumatların toplanması üçün ölkə üzrə mövcud meteoroloji stansiyalardan və peyk məlumatlarından istifadə edilir. Külək enerjisi əldə edilməsi üçün küləyin sürəti, istiqaməti və təkrarlanma periodu kimi faktorlar enerji istehsalına birbaşa təsir edir. Su enerjisində isə, suyun axın sürəti, səviyyəsi və davamlılığı enerji istehsalının effektivliyini təyin edən əsas amillərdir. Külək enerjisi və su enerjisi istehsalı ilə bağlı tədqiqatlarda bir sıra müasir proqnoz modellərinin köməyindən də istifadə olunur. Bu sahədə ən çox istifadə olunan modellərdən biri CFD (Computational Fluid Dynamics - Hesablama Maye Dinamikası) modelidir, həmçinin hidrometeoroloji simulyasiya proqramları da tətbiqdə istifadə edilə bilər.

Nəticə. Bu tədqiqat, yaşıl enerji mənbələrinin inkişafında hidrometeorologiyanın əhəmiyyətini və bu sahədəki tədqiqatların mövcud vəziyyətini araşdırmışdır. Tədqiqatın nəticələri göstərdi ki, hidrometeoroloji amillər, xüsusilə küləyin sürəti, suyun axın sürəti və səviyyəsi, günəş radiasiyası yaşıl enerji mənbələrinin effektivliyinə birbaşa təsir göstərir. Bu məlumatların düzgün toplanması, təhlil edilməsi və proqnozlaşdırılması enerji istehsalının səmərəliliyini artırmağa imkan verir. Külək və su enerjisi sahələrində həyata keçirilən CFD modelləşdirmə və digər simulyasiya alətləri, bu təbii resursların optimal istifadəsini təmin etmək üçün vacibdir.

Gələcəkdə, iqlim dəyişikliyi külək və su enerjisi istehsalına təsirinin daha dərinlən öyrənilməsi vacibdir. İqlim dəyişiklikləri bu enerji mənbələrinin mövcudluğunu və davamlılığını təhdid edə bilər, buna görə bu sahədəki tədqiqatlar, uzunmüddətli proqnozların və optimallaşdırma metodlarının hazırlanmasına yönəlməlidir. Fərqli coğrafi bölgələrdə külək və su enerjisi mənbələrinin istifadəsi üçün regionlara üzrə lokal hidrometeoroloji şəraitin daha dərinlən öyrənilməsi vacibdir. Bu, yerli şərtlər altında enerji istehsalını optimallaşdırmağa və layihələrin uğurla həyata keçirilməsinə kömək edəcək.

Təkliflər. Bu tədqiqatın nəticələri əsasında, yaşıl enerji mənbələrinin inkişafında hidrometeorologiyanın rolunun daha da artırılması məqsədilə bir sıra təkliflər irəli sürmək olar. Yaşıl enerji mənbələri, xüsusilə külək və su enerjisinin inkişafı ilə bağlı tədqiqatların obyektləri daha da genişləndirilməlidir. Bu sahədə, müxtəlif geocoğrafi şəraitlərdə və müxtəlif təbii şəraitlərdə (məsələn, şəhər və kənd əraziləri, dağlıq və düzənlik bölgələr) enerji istehsalının analiz edilməsini təmin etmək vacibdir. Yerli şəraitin daha dərinlən öyrənilməsi ilə yaşıl enerji layihələrinin yerli mühitə uyğunlaşdırılmasını təmin etmək olar. Hər bir bölgənin özünəməxsus iqlim və hidrometeoroloji xüsusiyyətlərini nəzərə alaraq tədqiqatların həyata keçirilməsi tövsiyə edilir. Bu, külək və su enerjisinin effektivliyini artıracaq və enerji istehsalının daha davamlı olmasına zəmin yaradacaq. İqlim dəyişikliyi yaşıl enerji mənbələrinə təsirini daha ətraflı şəkildə öyrənmək, bu resursların gələcəkdə necə inkişaf edəcəyini proqnozlaşdırmağa kömək edəcək. Məsələn, su hövzələrinin səviyyəsinin dəyişməsi və külək sürətinin iqlimə bağlı dəyişmələri, enerji istehsalına birbaşa təsir edir. Bu sahədə qabaqcıl modellərin tətbiqi ilə daha dəqiq nəticələr əldə edilə bilər. Hidrometeoroloji məlumatların təhlilində süni intellekt, böyük verilənlər bazası və rəqəmsal proqnoz modelləri kimi müasir texnologiyaların tətbiqi daha effektiv nəticələr əldə etməyə imkan verə bilər. Bu yanaşmalar külək və su enerjisinin optimallaşdırılmasında daha yüksək dəqiqliklə təhlil etməyə və gələcəkdə ola biləcək hidrometeoroloji parametrlərin dəyişikliklərini proqnozlaşdırmağa kömək edəcək.

Ədəbiyyat

- [1] Dincer, I., & Rosen, M. A. (2011). Thermal Energy Storage: Systems and Applications. Wiley.
- [2] Global Wind Energy Council (GWEC). (2020). Global Wind Report 2020.
- [3] Kumar, S., & Gupta, R. (2020). Hydrometeorological Approaches to Wind Energy Assessment and Management. Springer.
- [4] IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2014). Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Cambridge University Press.
- [5] Yang, H., & Zhang, L. (2019). Hydropower and Wind Energy: Evaluation and Modelling of the Energy Potential. Elsevier.
- [6] Müller, A., & Kolke, E. (2018). Wind Energy Meteorology: Atmospheric Physics for Wind Power Generation. Springer.
- [7] Hajjalizadeh, H., & Moradi, M. (2021). Optimization of Wind and Solar Energy Systems: A Hydrometeorological Approach. Elsevier.
- [8] López, M., & González, J. (2020). Hydrometeorological Data and Climate Change Impacts on Renewable Energy Systems. Wiley.
- [9] Energetikanın Problemləri jurnalı, AMEA, 2004, № 1, Məqalə: Azərbaycan külək enerjisindən istifadənin inkişaf perspektivləri, Bakı, 2004

THE ROLE OF HYDROMETEOROLOGY IN THE DEVELOPMENT OF GREEN ENERGY SOURCES

Guluzade J.A.

Abstract. This article explores the significance of hydrometeorology in the development of green energy sources and examines the future potential of this field. Green energy refers to environmentally friendly and sustainable energy sources, which are crucial in combating global climate change and addressing ecological challenges. Hydrometeorology, encompassing scientific research on climate and the water cycle, provides essential data for solving contemporary energy issues. The article highlights the role of hydrometeorology in advancing green energy sources, particularly water and wind energy.

Keywords: green energy, hydrometeorology, wind energy, optimization of energy production, climate change, simulation models, renewable energy sources.



MƏSAFƏDƏN ZONDLAMA VERİLƏNLƏRİ ƏSASINDA QUDYALÇAYIN ANTROPOGEN ÇİRKƏNMƏ MƏNBƏLƏRİNƏ QARŞI TƏDBİRLƏR VƏ İDARƏETMƏ STRATEGİYALARI

Paşayeva F.A., Ramazanov K.Ş.

pfidan74@gmail.com

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Tədqiqat, Qudyalçay hövzəsinin su keyfiyyətini qorumaq və çirklənməni azaltmaq üçün məsafədən zondlama məlumatlarının istifadəsini araşdırır. Məsafədən zondlama texnologiyaları, çirklənmə mənbələrinin müəyyənləşdirilməsi və çirklənmə səviyyələrinin izlənməsi üçün effektiv vasitə təqdim edir. Tədqiqatda, çay boyunca müxtəlif çirklənmə mənbələrinin, xüsusən sənaye, turizm və kənd təsərrüfatı tullantılarının təsiri araşdırılmışdır. Bu verilənlər əsasında, çirklənmənin azaldılması üçün idarəetmə strategiyaları təklif edilir. Tədbirlər arasında suyun təmizlənməsi, tullantıların emalı və ekoloji təmizləmə proseslərinin tətbiqi yer alır. Nəticədə, məsafədən zondlama texnologiyasının istifadəsi, çay ekosisteminin sağlamlığını qorumaq üçün strateji planlaşdırmada vacib rol oynayır və bu yanaşma, digər su hövzələrində də tətbiq oluna bilər.

Açar sözlər: ekoloji idarəetmə, su hövzələri, çay çirklənməsi, ətraf mühitin qorunması, idarəetmə strategiyaları, su keyfiyyəti.

Giriş. Qudyalçay və digər su hövzələrinin çirklənməsi, ekosistemlərin pozulmasına, yerli icmaların həyat keyfiyyətinə və ümumilikdə ətraf mühitə ciddi təsir göstərir. Su ehtiyatlarının qorunması və çirklənmənin azaldılması, həm yerli, həm də global miqyasda əhəmiyyətli bir məsələyə çevrilib. Bu baxımdan, məsafədən zondlama texnologiyalarının tətbiqi, çirklənmə mənbələrinin aşkarlanması və idarə olunmasında yenilikçi bir yanaşma təklif edir. Çayların təmizliyinin qorunması üçün ənənəvi monitoring metodlarının bəzən qeyri-kafi olduğu müasir dövrdə, məsafədən zondlama məlumatlarının istifadəsi bu sahədə mühüm inkişaf və irəliləyiş təmin edir. Beləliklə, bu mövzu ətraf mühitin davamlı qorunması, ekologiyanın bərpası və su resurslarının səmərəli idarə olunması baxımından böyük aktualıq kəsb edir.

Məsafədən zondlama - obyektə fiziki təmasda olmadan obyekt və ya hadisə ilə bağlı informasiyanın əldə olunmasıdır. Yer kürəsinin məsafədən zondlama ilə əldə edilmiş təsvirlərinin bəzi spesifik istifadələrinə daxildir:

- böyük meşə yanğınlarının kosmosdan xəritələnməsi, bu isə mühafizəçilərə yer səviyyəsində görmək mümkün olmayan daha geniş ərazini müşahidə etməyə imkan verir.
- buludların hərəkətini izləməklə hava proqnozunun tərtib olunması, püskürən vulkanlara və ya toz fırtınalarına nəzarət.
- şəhərlərin böyüməsinin, əkin sahələrinin və ya meşələrin illər və ya onilliklər ərzində dəyişikliklərinin izlənməsi.
- okean dibinin sərt relyefinin, məsələn, nəhəng dağ silsilələri, dərin dərələr və okean dibindəki "maqnetik zolaqlar"ın kəşf edilməsi və xəritələnməsi [3].

Qudyalçayın uzunluğu 108 km, hövzəsinin sahəsi 799 km²-dir. Başlanğıcını Böyük Qafqaz silsiləsindəki Tufan dağının şimal yamacından (3000m) alır. Dağlıq sahədə çaya, soldan Doqquzul (uzunluğu 12 km), sağdan isə Ağçay (uzunluğu 24 km), qovuşur. Quba şəhərindən aşağı çay iki qola ayrılır: sağ qolu Qudyalçay, sol qolu isə Qımılçay adlanır.

Axımının əsas hissəsi qar suları hesabına əmələ gəlir: 50%-ni qar, 32%-ni yeraltı, 18%-ni isə yağış suları təşkil edir. Qar suyu hesabına çayda aprel-iyul aylarında böyük daşqınlar əmələ gəlir. Bu dövrdə illik axımının 60-75%-i keçir. Orta illik su sərfi 6,85 kub m/san-dir. İllik axımın 26%-i yazda, 41%-i

yayda, 21%-i payızda, 12%-i isə qışda keçir. Orta illik asılı gətirmələr sərfi 21.9 kq/san, lillənməsi isə 3200 q/kub m-dir. Suyu hidrokabonatlı-kalsiumlu olmaqla 300 mq/l minerallaşmaya malikdir.

Qudyalçayın aşağı axımından suvarma işlərində geniş istifadə olunur. Bundan başqa suyun bir qismi Samur-Abşeron su kanalına axıdılır [4].

Çirklənmə mənbələri. Qudyalçayın çirklənməsi, təbii və antropogen amillərin birləşməsi nəticəsində meydana gəlir. Bu çirklənmə müxtəlif mənbələrdən qaynaqlanır və müxtəlif növ çirklənmələrə səbəb olur.

Təbii çirklənmə mənbələri aşağıdakılardır:

1. torpaq eroziyası: Qudyalçay ətrafında torpaq eroziyası, xüsusən də intensiv yağıntılar zamanı, çaya daşınan torpaq və üzvi maddələrə səbəb olur. Bu, çayın bulanıqlıq səviyyəsinin artmasına və ekosistemlərin zədələnməsinə yol açır.
2. yağış suları: yağışlar, təbii olaraq ərazidən yuyulan materialları çaya daşıyır. Bu materiallar arasında üzvi maddələr, kimyəvi maddələr və hətta mikroorqanizmlər ola bilər ki, bunlar çayın ekosistemini pozur [2].

Su ehtiyatlarına və hidroloji rejimə təsirin xarakterinə görə antropogen amilləri beş qrupa bölünür:

1. İstifadə məqsədilə çay məcrasından birbaşa sugötürmələrlə və ya istifadə olunmuş suların yenidən çaya atılması ilə bağlı amillər. Bu qrupa məişətdə, sənayedə, kənd təsərrüfatında suya olan tələbatı ödəmək üçün sugötürmələr aiddir. Çay axımının bir hissəsinin bir hövzədən digər hövzəyə ötürülməsi də bu qrupa aid edilir.
2. Çay məcrasının dəyişdirilməsi ilə bağlı amillər: su anbarlarının inşası, çay sahillərinin bərkidilməsi, məcranın düzləndirilməsi, dərədə çınqıl hasilatı və s.
3. Çayın sutoplayıcı səthinin dəyişdirilməsi ilə bağlı amillər:
 - torpaqların şumlanması, aqrotexniki tədbirlərin həyata keçirilməsi, dağ çəmənlərinin otlaq kimi istifadə olunması və s.
 - bataqlıqların və bataqlıqlaşmış ərazilərin qurudulması;
 - meşələrin qırılması və bərpa olunması;
 - urbanizasiya çayın su balansını və axımının bütün xarakteristikalarını dəyişdirir, yeraltı sulara və suların keyfiyyətinə təsir göstərir.
4. Eyni zamanda həm məcradan birbaşa sugötürmələr, həm də sutoplayıcı səthin dəyişdirilməsi nəticəsində axıma təsir göstərən təsərrüfat fəaliyyəti amilləri (suvarma əkinçiliyi, yeraltı suların istismarı və s.);
5. Ümumi meteoroloji və iqlim xarakteristikalarının dəyişməsi ilə əlaqədar su balansına, su ehtiyatlarına və çayın hidroloji rejiminə təsir göstərən antropogen amillər:
 - təsərrüfat fəaliyyətinin bitki örtüyünə təsiri, urbanizasiyanın inkişafı, su anbarlarının inşası, suvarılan və qurudulan ərazilərin genişləndirilməsi nəticəsində regional iqlimin və meteoroloji şəraitin dəyişməsi;
 - şirin su ehtiyatlarından çox böyük həcmdə istifadə nəticəsində global iqlimin və rütubət dövrünün mümkün dəyişmələri;
 - atmosferin tərkibinin dəyişməsinə təsir edən amillər [1].

Qudyalçayın çirklənməsində əsas mənbələr Quba, Xaçmaz şəhərlərinin sənaye obyektləri və həmçinin iri yaşayış məntəqələri, rekreasiya kompleksləri, məişət və kommunal tullantılardır. Çayın müxtəlif maddələrlə çirklənmə dərəcələri və üzvi maddələrin miqdarı cədvəl 1-də qeyd olunmuşdur. Əksər çaylarda çirkləndiricilərin ümumi miqdarı il ərazində sabit qalır. Lakin Qudyalçayda yay aylarında sənaye tullantılarının miqdarı artdığı üçün müvafiq olaraq çirkləndiricilərin miqdarı da dəyişir. Digər

çaylarda misin miqdarı 6-17 mkq/l olsa da, Qudyalçayda bu göstərici xeyli yüksəkdir. Sinkin miqdarı isə toksikoloji normadan xeyli aşağıdır.

Cədvəl 1. Qudyalçayın müxtəlif maddələrlə çirklənmə dərəcələri

Mis, mkq/l	Sink, mkq/l	Dəmir, mkq/l	Silisiyum, mkq/l	Bixromat, mq/l	Neft məhsulları, mq/l	Buxarlanan fenol, mq/l	Buxarlanmayan fenol, mq/l
13	0,79	0,15	15,8	9,2	0,15	0,008	0,009

Onu da qeyd etmək lazımdır ki, Quba regionu ərazisində istirahət guşələrinin artması da antropogen çirklənmənin əsas mənbələrindəndir. Bu istirahət guşələri daha çox Qəçrəş ərazisində salınmışdır. Ərazi Qudyalçayın sahilində yerləşdiyindən buradakı tikililər, turistlərin buraya axını tullantıların miqdarını artırır, həmin çirkləndiricilər çaya axıdılır və bu da çayın ekoloji vəziyyətini pisləşdirir. Müqayisə üçün müxtəlif illər üzrə Qəçrəş ərazisinin müxtəlif illərdəki kosmik görüntüsünü istifadə edə bilərik. Şəkil 1-də çayın su miqdarının dəyişdiyi və ərazidə yeni tikililərin əlavə olunduğu görünür.



Şəkil 1. Qudyalçayın 2012-2023-cü illərdəki kosmik təsvirləri

Antropogen çirklənmə mənbələrinin başqa bir nümunəsi şəkil 2-də göstərilmişdir. Belə ki, istirahət zonalarından başqa çayın digər istiqamətlərində salınmış tikililər (məscid, yeni evlər, muzey, park və s.) də əsas antropogen çirklənmə mənbələrindəndir. Bu tikililərə misal olaraq Cümə məscidini, Dağ yəhudiləri muzeyini misal göstərə bilərik.

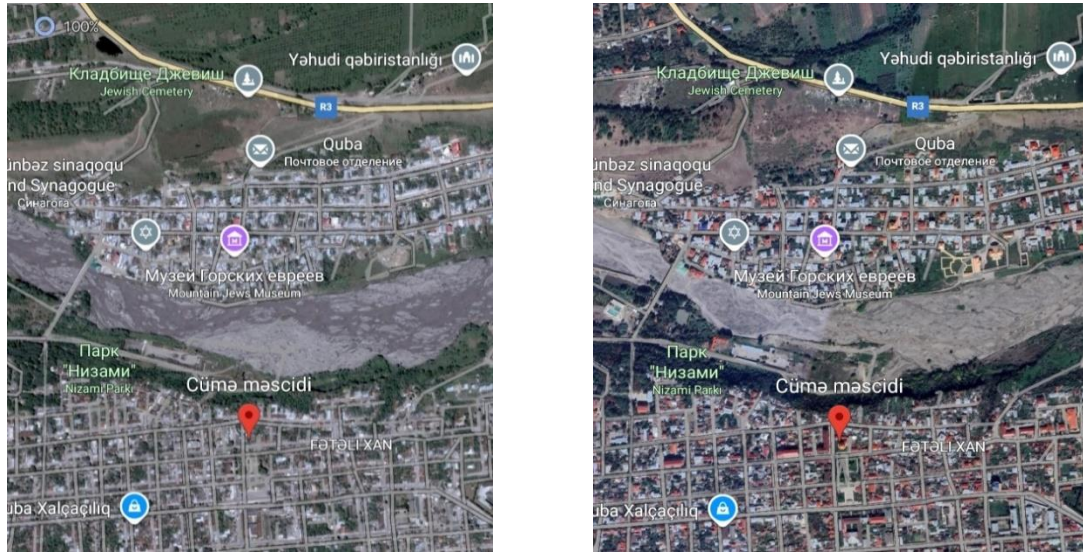
Məsafədən zondlama texnologiyası ilə çirklənmə mənbələrinin müəyyənləşdirilməsi.

Məsafədən zondlama texnologiyalarının çirklənmə mənbələrinin müəyyənləşdirilməsində tətbiqi mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Çirklənmə səviyyələri və çirklənmə mənbələri aşağıdakı üsullarla müəyyən edilə bilər:

Spektral imza və analiz. Peyk şəkilləri üzərində tətbiq edilən spektral analizlər, xüsusilə suyun kimyəvi və fiziki tərkibini müəyyən etməyə kömək edir. Su keyfiyyətini qiymətləndirmək üçün spektral

göstəricilərdən istifadə edilə bilər, məsələn, bulanıqlıq, xlorofil səviyyələri, həll olmuş oksigen və başqa parametrlər. Bu məlumatlar suyun çirklənmə dərəcəsi haqqında vacib məlumatlar verir.

Termal və kimyəvi anomalilər. Çay boyunca müxtəlif növ kimyəvi və termal anomalilər müəyyən edilə bilər. Misal olaraq, çayın müxtəlif hissələrində suyun temperaturunun fərqli olması, çirklənmə nəticəsində suyun müxtəlif kimyəvi maddələrlə zənginləşdiyini göstərir. Bu cür analizlər, çirklənmə mənbələrinin müəyyənəşdirilməsinə və onların coğrafi yayılmasının xəritələşdirilməsinə kömək edir.



Şəkil 2. Qudyalçayın 2004-2023-cü illərdəki kosmik təsvirləri

Çirklənmə ilə mübarizə və idarəetmə strategiyaları.

Qudyalçayın çirklənməsi ilə mübarizə aparmaq üçün effektiv idarəetmə strategiyalarının inkişaf etdirilməsi zəruridir. Bu strategiyalar, çirklənmə mənbələrinin azaldılması, ekosistemin bərpası və davamlı monitorinqi əhatə etməlidir.

Çirklənmə mənbələrinin azaldılması: Sənaye fəaliyyətlərinin idarə edilməsi: çay boyunca yerləşən sənaye müəssisələrində emal proseslərinin və tullantıların təmizlənməsi sistemləri tətbiq edilməli, ətraf mühitə atılan kimyəvi maddələrin nəzarət altına alınması təmin edilməlidir.

Kənd təsərrüfatı və suya təsir: pestisidlərin və gübrələrin istifadəsi minimuma endirilməli, ekoloji təmiz kənd təsərrüfatı metodları tətbiq edilməlidir. Eyni zamanda, suyun sulama məqsədilə istifadə edilməzdən əvvəl təmizlənməsi təmin edilməlidir.

Tullantıların idarə edilməsi: çay sahilindəki yaşayış məntəqələrindən gələn tullantıların təmizlənməsi və düzgün atılması üçün müasir kanalizasiya və tullantı idarəetmə sistemləri tətbiq edilməlidir.

Ekosistemin bərpası və təbiətin qorunması: torpaq eroziyası ilə mübarizə: torpaq eroziyası ilə mübarizə tədbirləri, əkin sahələrinin qorunması və yamaclarda suyun hərəkətini azaldan strukturların qurulması vacibdir. Bu, çayın kənarlarında torpaq daşınmasının qarşısını alır.

Su filtrləmə sistemlərinin qurulması: yağış sularının yerə nüfuz etməsini təşviq edən təbii filtrlər və gölməçələr quraşdırılmalıdır.

Davamlı monitorinq və məlumatların idarə edilməsi: peyk monitorinq sistemləri: çirklənmə səviyyələrinin davamlı olaraq izlənməsi üçün Peyk şəkilləri və məsafədən zondlama texnologiyalarından istifadə edilməlidir.

İctimai maarifləndirmə və iştirak: yerli əhali və kənd təsərrüfatı sektorunun çirklənmə ilə mübarizə və ekoloji təmiz məhsulların istehsalı sahəsində maarifləndirilməsi vacibdir.

Nəticə. Məsafədən zondlama texnologiyaları, Qudyalçay hövzəsində çirklənmə mənbələrinin müəyyənləşdirilməsi və idarə olunması üçün effektiv alət rolunu oynayır. Spektral analizlər və termal-kimyəvi anomalilərin təhlili nəticəsində çayın çirklənmə səviyyələri və mənbələri dəqiqliklə müəyyən edilir. Bu məlumatlar əsasında hazırlanan idarəetmə strategiyaları, çirklənməni azaltmaq, suyun keyfiyyətini yaxşılaşdırmaq və ekosistemlərin davamlılığını təmin etmək üçün əsaslı tədbirlərin həyata keçirilməsinə imkan yaradır.

Təklif olunan strategiyalar arasında sənaye tullantılarının emalının təkmilləşdirilməsi, kənd təsərrüfatı axıntıların qarşısının alınması, tullantıların düzgün idarə olunması və əhali arasında maarifləndirmə işləri aparmaq xüsusi əhəmiyyət daşıyır. Bu yanaşmalar, yalnız Qudyalçay hövzəsində deyil, digər su hövzələrində də çirklənməyə qarşı mübarizədə tətbiq oluna bilər. Nəticədə, məsafədən zondlama texnologiyalarının istifadəsi, müasir ekoloji problemlərin həllində innovativ və effektiv bir metod kimi geniş potensiala malikdir.

Ədəbiyyat

- [1] F.Ə.İmanov, R.A.İsmayılov, A.A.Nuriyev. Çayların bərpa və ekoloji axımı, Bakı 2019
- [2] <https://igaz.az/az/news/139>
- [3] <https://www.usgs.gov/faqs/what-remote-sensing-and-what-it-used>
- [4] <https://az.wikipedia.org/wiki/Qudyal%C3%A7ay>

MEASURES AND MANAGEMENT STRATEGIES AGAINST GUDYALCHAY POLLUTION SOURCES BASED ON REMOTE SENSING DATA

Pashayeva F.A., Ramazanov K.Sh.

Abstract. The research investigates the use of remote sensing data to protect water quality and reduce pollution in the Qudyalchay basin. Remote sensing technologies provide an effective tool for identifying pollution sources and monitoring pollution levels. The study examines the impact of various pollution sources along the river, particularly industrial and agricultural waste. Based on this data, management strategies are proposed to reduce pollution. The measures include water purification, waste treatment, and the implementation of eco-friendly cleaning processes. As a result, the use of remote sensing technology plays a crucial role in strategic planning to protect the health of the river ecosystem, and this approach can be applied to other water basins as well.

Keywords: ecological management, water basins, river pollution, environmental protection, management strategies, water quality.



СЕГМЕНТАЦИЯ МЕТАНОВЫХ ШЛЕЙФОВ НА СПУТНИКОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ

Крауклит Г.В., Агаева К.С.

german.krauklit@gmail.com

Национальное Аэрокосмическое Агентство, Азербайджан

Аннотация. В статье представлен метод, основанный на использовании глубокого обучения, для сегментации метановых шлейфов на спутниковых изображениях. Цель исследования — автоматизация процесса обнаружения и анализа шлейфов для повышения эффективности экологического мониторинга. Разработанный подход использует архитектуру U-Net, которая благодаря своей энкодер-декодерной структуре обеспечивает точное выделение шлейфов даже в сложных условиях. Данные для обучения модели включали спутниковые изображения с симулированными шлейфами, учитывающими различные условия, такие как скорость ветра и интенсивность выбросов. Метод демонстрирует высокую точность, подтвержденную метриками, такими как коэффициенты Дайса и IoU, а также визуальными результатами. Основными вызовами остаются ложноположительные и ложноотрицательные результаты в области границ шлейфов. Тем не менее, предложенный метод обладает потенциалом для надежного применения в задачах мониторинга выбросов метана, что делает его значимым инструментом для количественного анализа эмиссий и поддержки экологической безопасности.

Ключевые слова: метан, космические снимки, глубокое обучение, сегментация, мониторинг окружающей среды.

Введение. Шлейфы от различных источников, таких как промышленные выбросы, лесные пожары и природные явления, вносят значительный вклад в атмосферные изменения, влияя на качество воздуха, климат и здоровье экосистем [1]. Точное обнаружение шлейфов играет важную роль в экологическом мониторинге, снижении потенциальной угрозы для здоровья населения и соблюдении нормативных требований [2].

Спутниковое обнаружение шлейфов обеспечивает возможность мониторинга больших территорий, недоступных для наземных измерений. Однако сложные атмосферные условия и фоновый шум затрудняют точное выделение шлейфов с использованием традиционных методов обработки изображений, которые часто испытывают трудности с изменчивостью форм, размеров и интенсивности шлейфов [3].

Современные мультиспектральные и гиперспектральные технологии спутникового зондирования предлагают новые возможности для обнаружения газов и аэрозолей [4]. Однако из-за больших объемов и сложности данных требуется автоматизированный подход, способный эффективно решать задачу сегментации шлейфов. Методы глубокого обучения продемонстрировали свою эффективность в задачах сегментации изображений, таких как медицинская визуализация и дистанционное зондирование, благодаря способности изучать сложные пространственные и спектральные зависимости [5].

В данной статье представлен подход на основе архитектуры U-Net, разработанный для точного выделения метановых шлейфов на спутниковых изображениях. Цель работы — автоматизация процесса сегментации шлейфов для повышения точности мониторинга выбросов метана.

Методы исследования. Для сегментации метановых шлейфов использовались спутниковые изображения высокого разрешения, дополненные смоделированными шлейфами. Для увеличения разнообразия данных шлейфы генерировались с учетом таких факторов, как

скорость ветра, интенсивность выбросов и сложность фоновых условий (Рисунок 1). Набор данных включал около 5000 образцов, где каждое изображение сопровождалось сегментационной маской, обозначающей области шлейфов. Это позволило учитывать различные сценарии, включая низкий контраст и сложные атмосферные условия.

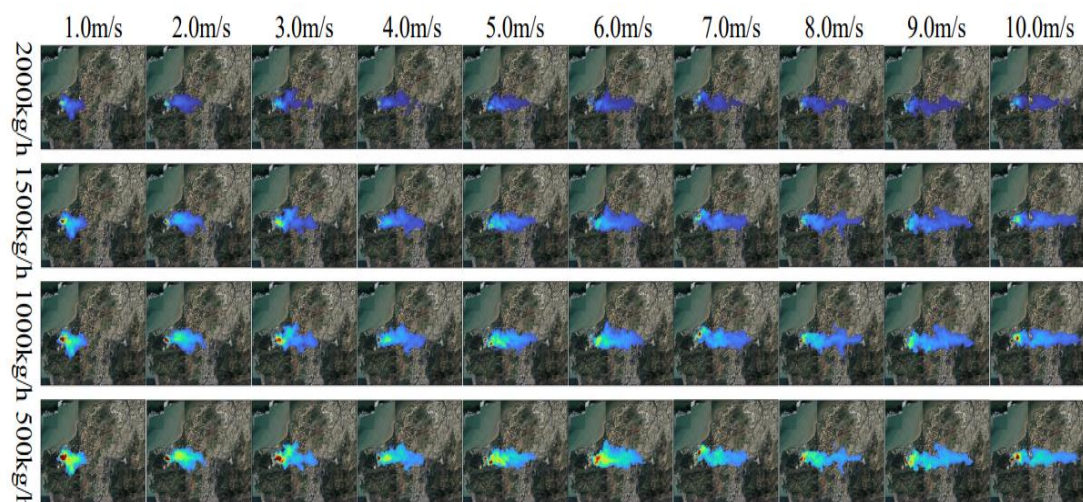


Рисунок 1. Образцы изображений с соответствующей маской, обозначающей области шлейфа

На этапе предобработки изображения изменялись до размера 128x128 пикселей для унификации данных. Значения пикселей нормализовались в диапазоне от 0 до 1, что улучшало сходимость модели. Маски шлейфов и сами изображения преобразовывались в тензоры с использованием библиотеки PyTorch [6]. Данные обрабатывались пакетами по 32 образца, что обеспечивало баланс между вычислительной эффективностью и ограничением памяти. Эти шаги (Рисунок 2) позволили оптимизировать данные для обучения модели глубокого обучения.

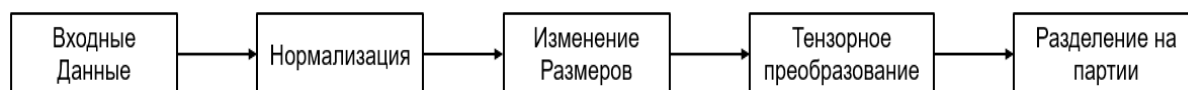


Рисунок 2. Схема предварительной обработки данных

Для сегментации использовалась модель **U-Net**, изначально разработанная для сегментации биомедицинских изображений. Архитектура модели включала энкодер-декодерную структуру, которая позволяла извлекать контекстные признаки и восстанавливать пространственные детали. Пропускные соединения (skip connections) связывали соответствующие слои энкодера и декодера, улучшая точность локализации шлейфов (Рисунок 3).

Обучение модели проводилось с использованием функции потерь кросс-энтропии, измеряющей разницу между предсказанными и реальными масками. Оптимизация параметров выполнялась методом *Stochastic Gradient Descent* (SGD) с динамической регуляцией скорости обучения через планировщика *OneCycleLR*. Это обеспечивало стабильную сходимость модели при минимизации ошибок.

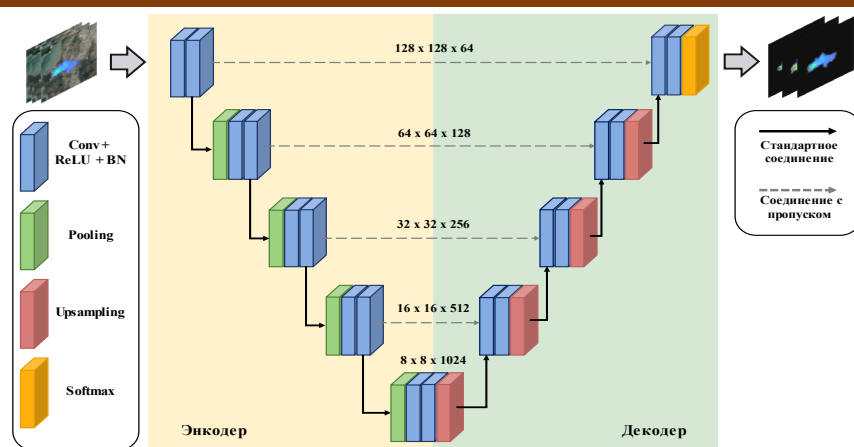


Рисунок 3. Архитектура U-Net для сегментации шлейфа

Результаты и обсуждение. Эффективность модели оценивалась по метрикам точности, коэффициенту Дайса и индексу совпадения областей (IoU) (Рисунок 4). Эти показатели демонстрировали качество сегментации, определяя степень перекрытия предсказанных и реальных масок [7].

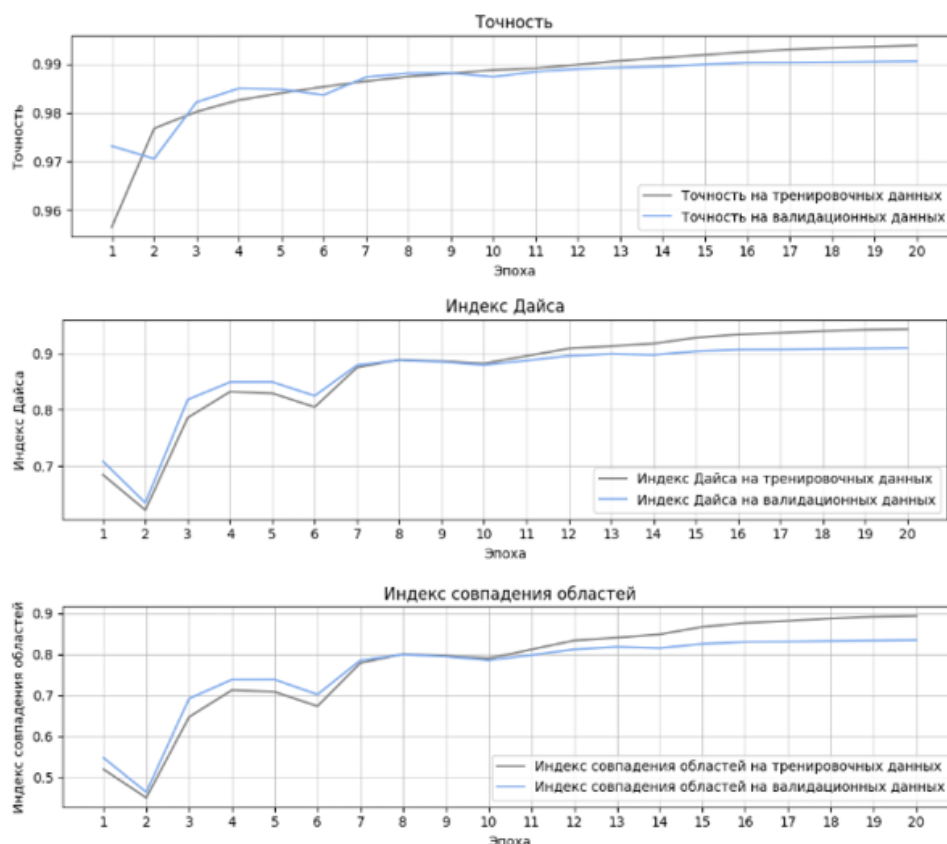


Рисунок 4. Точность, индекс Дайса и индекс совпадения областей

Для более тонкой оценки эффективности модели была составлена матрица ошибок (Рисунок 5), в которой результаты были разделены на истинно положительные, ложно положительные, истинно отрицательные и ложно отрицательные. Модель показала высокую точность в выделении шлейфов, однако градиентные области и низкоконтрастные участки оставались вызовом для сегментации.

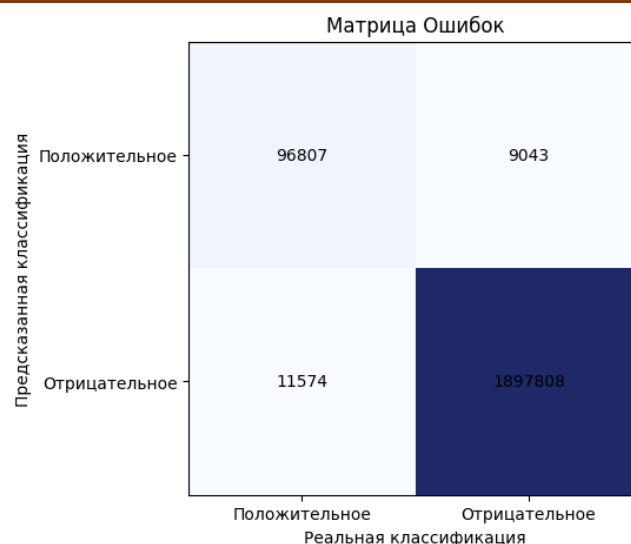


Рисунок 5. Матрица ошибок для валидационного набора данных

Высокие значения коэффициента Dice и IoU подтверждают устойчивость и точность модели, демонстрируя её потенциал для надёжного обнаружения метановых шлейфов в реальных условиях. Эти количественные и качественные результаты показывают, что модель U-Net способна эффективно обнаруживать и сегментировать шлейфы с минимальной ошибкой.

Анализ ложноположительных и ложноотрицательных результатов выявляет, что ошибки классификации в основном сосредоточены в области границ, где шлейфы смешиваются с фоном. Это указывает на то, что, хотя модель хорошо справляется с дифференциацией явных областей шлейфов, слабовыраженные градиенты или низкоконтрастные области могут вызывать сложности. Ложноположительные результаты, как правило, возникают в зонах с текстурами, схожими с границами шлейфа, тогда как ложноотрицательные результаты чаще встречаются там, где шлейф менее выражен или плавно переходит в фон.

В целом, модель U-Net демонстрирует высокую точность при сегментации шлейфов, что подтверждается как количественными метриками, так и визуальными результатами. Её способность точно выделять границы объектов и практически полностью соответствовать эталонным маскам подчёркивает потенциал модели для надёжного использования в задачах экологического мониторинга. Эти результаты подтверждают пригодность сегментации, основанной на глубоком обучении, для точного обнаружения метановых шлейфов на спутниковых изображениях.

Литература

- [1] Andreae, M. O., & Merlet, P. (2001). Emission of trace gases and aerosols from biomass burning. *Global Biogeochemical Cycles*, 15(4), 955-966.
- [2] Jacob, D. J., & Winner, D. A. (2009). Effect of climate change on air quality. *Atmospheric Environment*, 43(1), 51-63.
- [3] Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2017). *Digital Image Processing* (4th ed.). Pearson.
- [4] Thompson, D. R., et al. (2015). Mapping methane concentrations from AVIRIS data using sparse image decomposition. *Remote Sensing of Environment*, 147, 116-126.
- [5] Larsen, A., Hanigan, I., Reich, B.J. et al. A deep learning approach to identify smoke plumes in satellite imagery in near-real time for health risk communication. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 31, 170–176 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41370-020-0246-y>.

- [6] Paszke, A., Gross, S., Massa, F., Lerer, A., Bradbury, J., Chanan, G., ... & Chintala, S. (2019). PyTorch: An Imperative Style, High-Performance Deep Learning Library. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 32, 8024-8035.
- [7] Dai, B., & Li, C. (2022). "RankSEG: A Consistent Ranking-based Framework for Segmentation." *arXiv preprint arXiv:2206.13086*. <https://arxiv.org/abs/2206.13086>.

SEGMENTATION OF METHANE PLUMES BASED ON SATELLITE IMAGES USING DEEP LEARNING

Krauklit G.V., Aghayeva K.S.

Abstract. This paper presents a method based on deep learning for the segmentation of methane plumes on satellite images. The study aims to automate the detection and analysis of plumes to enhance the efficiency of environmental monitoring. The proposed approach employs the U-Net architecture, which, due to its encoder-decoder structure, ensures precise plume segmentation even under challenging conditions. The training data included satellite images with simulated plumes generated under various conditions such as wind speed and emission intensity. The method demonstrates high accuracy, confirmed by metrics such as Dice coefficients and IoU, as well as visual results. Key challenges remain in addressing false positives and false negatives at plume boundaries. Nevertheless, the proposed method has strong potential for reliable application in methane emission monitoring, making it a valuable tool for quantitative emission analysis and supporting environmental safety.

Keywords: methane, satellite imagery, deep learning, segmentation, environmental monitoring.



LAÇIN RAYONUNUN BİTKİ ÖRTÜYÜNÜN DİNAMİKASININ KOSMİK MƏLUMATLARI

İsmayilzadə N.A., Süleymanov T.İ.

nismayilzadeh@gmail.com

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Laçın rayonu, zəngin bitki örtüyü ilə tanınan və ekosistem baxımından böyük əhəmiyyət kəsb edən bir ərazidir. Bu məqalədə, Laçın rayonunun bitki örtüyünün dinamikası kosmik məlumatlar əsasında təhlil olunmuşdur. Kosmik şəkilləri və *Normallaşmış diferensial vegetasiya indeksi (NDVI)* kimi göstəricilərdən istifadə etməklə rayonun bitki örtüyünün vəziyyəti qiymətləndirilmişdir. Təhlillər nəticəsində quraqlıq və təbii fəlakətlər dövrlərində bitki örtüyündəki dəyişikliklər, xüsusən meşə yanğınları və su ehtiyatlarının azalması kimi təsirlər müəyyən edilmişdir. Kosmik məlumatlar Laçın rayonunun ekosistem vəziyyətini izləmək, ekoloji problemləri aşkar etmək və təbii resursları davamlı şəkildə idarə etmək üçün effektiv bir vasitə təqdim edir. Bu yanaşma rayonun ekosistemlərinin qorunması və bərpası baxımından böyük əhəmiyyətə malikdir.

Açar sözlər: vegetasiya indeksi, qradasiya, ekosistem, təbii obyektlər, kosmik təsvirlər.

Giriş. Laçın rayonu Azərbaycanın cənub-şərqində yerləşən və strateji əhəmiyyətə malik bir ərazidir. Bu region zəngin təbii sərvətləri ilə tanınır, xüsusən də müxtəlif bitki örtüyü növləri ilə fərqlənir. Son illərdə ekosistemlərin monitorinqi və qiymətləndirilməsi məqsədilə kosmik məlumatların istifadəsi genişlənməmişdir. Kosmik məlumatlar bitki örtüyünün dinamikasını izləmək və ətraf mühit dəyişikliklərini təhlil etmək üçün güclü bir vasitə təqdim edir. Məqalə Laçın rayonunun bitki örtüyünün dinamikasını kosmik məlumatlarla tədqiq etməyə və bu məlumatların ekosistem idarəçiliyində necə faydalı olacağına yönəldilmişdir.

Metodika. Laçın rayonunun bitki örtüsü kollu və seyrək məşəli çəmənliklərdən, enliyarpaqlı dağ məşələrindən (palıd, vələs, fıstıq), subalp və alp çəmənliklərindən ibarətdir. Əsas bitki örtüyü kollu və seyrək çəmənlərdir, dağ meşələri mövcuddur. Meşələrdə şam, palıd, vələs, ağcaqayın, qarağac, akasiya, qovaq, söyüd, dəmirağacı və armud ağacları üstünlük təşkil edir [1].

NDVI - aktiv fotosintetik biokütlənin (adətən vegetasiya indeksi olaraq adlandırılır) sadə kəmiyyət göstəricisi olmaqla, aşağıdakı kimi hesablanır [5,6]:

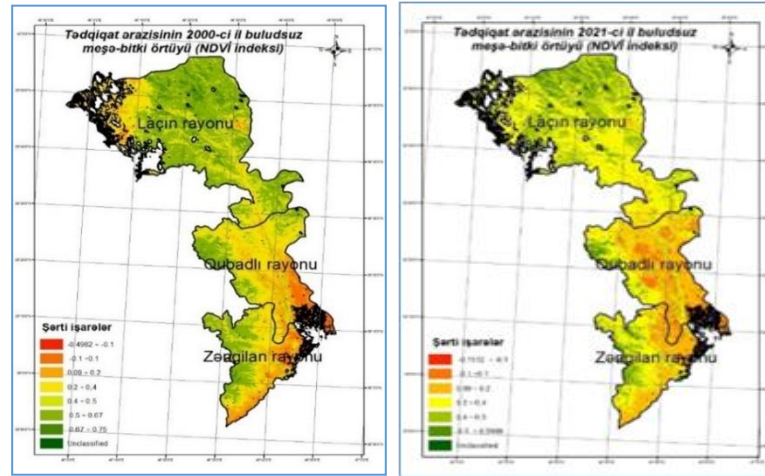
$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

Burada NIR - yaxın infraqırmızı oblastda, RED isə qırmızı oblastda spektral əksətmədir. Həmin düstura əsasən təsvirin müəyyən bir nöqtəsində bitki örtüyünün sıxlığı (NDVI) qırmızısı və infraqırmızı diapazonda əks olunma spektrinin kombinasiyası kimi təyin edilir [7]. Bəzi təbii və antropogen obyektlərin NDVI indeksinin dəyişmə intervalı cədvəl 1-də təqdim olunmuşdur.

Cədvəl 1. Müxtəlif təbii və antropogen obyektlər üçün NDVI indeksinin dəyişmə intervalları

NDVI mkm	Örtük növü
I	II
0,8 ÷ 1,0	Çox güclü, sıx bitki örtüyü (məsələn tropik, yaxud enliyarpaq sağlam meşə)
0,67 ÷ 0,8	Güclü, sıx bitki örtüyü (meşə)
0,4 ÷ 0,5	Çılpaq və seyrəlmiş ağac və kol bitkiləri
0,2 ÷ 0,4	Kolluqlar və oylaqlar
0,09 ÷ 0,2	Meşəsiz ərazi
-0,1 ÷ 0,1	Qum, qar
-0,42... -0,33	Su obyektləri
-0,55... -0,5	Antropogen örtük (beton, asfalt)
0	Bulud örtüyü

İlk mərhələdə tədqiqat ərazisinin iyun ayı üçün kosmik təsvirləri əldə edilmişdir, NDVI indeksinin hesablanması üçün ENVI proqramı (ENVI Classic) istifadə olunmuşdur. Buraya Landsat-5 peykinin 2000-ci il üçün B3 və B4 diapazon təsvirləri və Landsat-8 peykinin 2021-ci il üçün B4 və B5 diapazon təsvirləri daxil edilmişdir. Əməliyyatı yerinə yetirmək üçün ENVI Classic proqram təminatının əsas menyusunda "Transform"-a daxil olaraq NDVI aləti seçilmiş, təsvirdə buludlu hissələrin maskalanması aparılmışdır. Sonda qradasiyalar ayrılaraq (şəkil 1) sahə göstəriciləri hesablanmışdır (cədvəl 2,3).



Şəkil 1. Tədqiqat ərazisinin müxtəlif illər üzrə meşə-bitki örtüyü

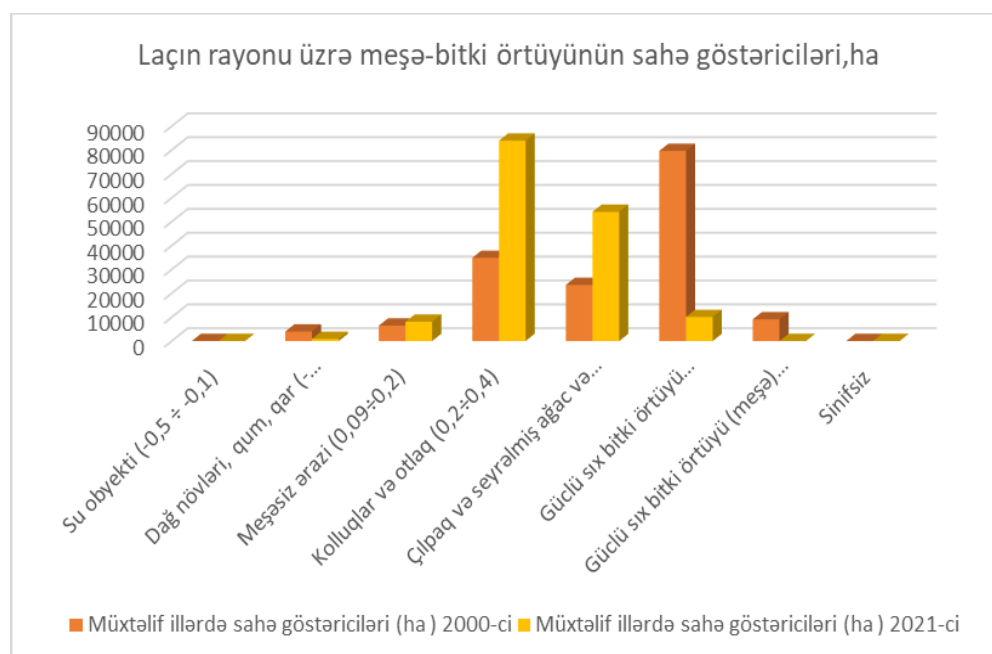
Cədvəl 2. Tədqiqat ərazisinin müxtəlif illər üzrə meşə-bitki örtüyünün sahə göstəriciləri

Table				
ndvi_hekeri_2000_2021_shp_buludsuz_dis				
FID	Shape *	2000	2021	sahə
0	Polygon	-0.1 - 0.1	-0.1 - 0.1	4596.04ha
1	Polygon	-0.1 - 0.1	-0.1512 - -0.1	46.45ha
2	Polygon	-0.1 - 0.1	0.09 - 0.2	10457.97ha
3	Polygon	-0.1 - 0.1	0.2 - 0.4	2076.05ha
4	Polygon	-0.1 - 0.1	0.4 - 0.5	144.19ha
5	Polygon	-0.1 - 0.1	0.5 - 0.5989	2.43ha
6	Polygon	-0.1 - 0.1	Unclassified	2.25ha
7	Polygon	-0.4982 - -0.1	-0.1 - 0.1	14.89ha
8	Polygon	-0.4982 - -0.1	0.09 - 0.2	6.54ha
9	Polygon	-0.4982 - -0.1	0.2 - 0.4	5.89ha
10	Polygon	0.09 - 0.2	-0.1 - 0.1	3714.94ha
11	Polygon	0.09 - 0.2	-0.1512 - -0.1	17.71ha
12	Polygon	0.09 - 0.2	0.09 - 0.2	21995.93ha
13	Polygon	0.09 - 0.2	0.2 - 0.4	6256.02ha
14	Polygon	0.09 - 0.2	0.4 - 0.5	547.38ha
15	Polygon	0.09 - 0.2	0.5 - 0.5989	12.51ha
16	Polygon	0.09 - 0.2	Unclassified	3.23ha
17	Polygon	0.2 - 0.4	-0.1 - 0.1	5730.09ha
18	Polygon	0.2 - 0.4	-0.1512 - -0.1	24.26ha
19	Polygon	0.2 - 0.4	0.09 - 0.2	29465.05ha
20	Polygon	0.2 - 0.4	0.2 - 0.4	43505.39ha
21	Polygon	0.2 - 0.4	0.4 - 0.5	5144.52ha
22	Polygon	0.2 - 0.4	0.5 - 0.5989	195.48ha
23	Polygon	0.2 - 0.4	Unclassified	3.67ha
24	Polygon	0.4 - 0.5	-0.1 - 0.1	1332.74ha
25	Polygon	0.4 - 0.5	-0.1512 - -0.1	5.53ha
26	Polygon	0.4 - 0.5	0.09 - 0.2	4137.19ha
27	Polygon	0.4 - 0.5	0.2 - 0.4	3242.71ha
28	Polygon	0.4 - 0.5	0.4 - 0.5	4097.47ha
29	Polygon	0.4 - 0.5	0.5 - 0.5989	287.82ha
30	Polygon	0.4 - 0.5	Unclassified	0.27ha
31	Polygon	0.5 - 0.67	-0.1 - 0.1	251.22ha
32	Polygon	0.5 - 0.67	-0.1512 - -0.1	0.45ha
33	Polygon	0.5 - 0.67	0.09 - 0.2	1733.51ha
34	Polygon	0.5 - 0.67	0.2 - 0.4	44676.63ha
35	Polygon	0.5 - 0.67	0.4 - 0.5	57017.74ha
36	Polygon	0.5 - 0.67	0.5 - 0.5989	7789.72ha
37	Polygon	0.5 - 0.67	Unclassified	3.37ha
38	Polygon	0.67 - 0.75	-0.1 - 0.1	1.26ha
39	Polygon	0.67 - 0.75	0.09 - 0.2	2.07ha
40	Polygon	0.67 - 0.75	0.2 - 0.4	68.93ha
41	Polygon	0.67 - 0.75	0.4 - 0.5	4859.08ha
42	Polygon	0.67 - 0.75	0.5 - 0.5989	5940.06ha
43	Polygon	0.67 - 0.75	Unclassified	1.8ha
44	Polygon	Unclassified	0.5 - 0.5989	0.54ha

Analoji qaydada hesablamalar Laçın rayonu üçün aparılmış, alınmış nəticələr cədvəl 3-də verilmişdir. Cədvəl 4-də alınmış qiymətlər əsasında histoqram tərtib edilmişdir (şəkil 3).

Cədvəl 3. Laçın rayonunun meşə-bitki örtüyünün sahə dəyişkənliyi (Artış ↑, azalış ↓)

Örtük növü (qradasiya üzrə)	Müxtəlif illərdə sahə göstəriciləri (ha)		Dinamika
	2000	2021	
Su obyektı (-0,5 ÷ -0,1)	5,31	-	5,31 ↓
Dağ növləri, qum, qar (-0,1 ÷ 0,1)	3989,01	862,38	3127 ↓
Meşəsiz ərazi (0,09 ÷ 0,2)	6468,95	8082,33	1613,4 ↑
Kolluqlar və otlaq (0,2 ÷ 0,4)	34829,03	83948,65	49120 ↑
Çılpaq və seyrəlmiş ağac və kol bitkiləri (0,4 ÷ 0,5)	23486,91	54126,79	30640 ↑
Güclü sıx bitki örtüyü – kolluq (0,5 ÷ 0,67)	79617,38	10080,76	69537 ↓
Güclü sıx bitki örtüyü – meşə (0,67 ÷ 0,8)	9100,59	-	9101 ↓
Sinifsiz	0,54	-	0,54 ↓

**Şəkil 3.** Laçın rayonunun müxtəlif illər üzrə meşə-bitki örtüyünün sahə göstəriciləri histoqramı

Beləliklə Laçın rayonunda maksimal artım kolluqlarda və otlaq sahələrində, maksimal azalma güclü sıx bitki örtüyü (kolluqlar) sahələrində baş vermişdir.

Müzakirə. Laçın rayonunun bitki örtüyünün dinamikası kosmik məlumatlar vasitəsilə izlənməsi, ərazinin ekosistem vəziyyətinin qiymətləndirilməsi və gələcəkdə baş verə biləcək ekoloji dəyişikliklərə qarşı hazırlıq görülməsi baxımından çox mühüm bir vəzifədir. Kosmik məlumatların istifadəsi Laçın rayonunun bitki örtüyünün zamanla necə dəyişdiyini, bu dəyişikliklərin səbəblərini və nəticələrini müəyyən etməyə imkan verir. Kosmik peyk şəkilləri, xüsusilə (**NDVI**) və digər vegetasiya indeksləri, bitki örtüyünün sıxlığı, sağlamlığı və müxtəlifliyi barədə ətraflı məlumatlar təqdim edir. Bu indekslər vasitəsilə Laçın rayonunun müxtəlif sahələrində bitki örtüyünün sıxlığında və keyfiyyətindəki dəyişikliklər aydın şəkildə izlənə bilər [2,4].

Təhlillər göstərir ki, Laçın rayonunun bitki örtüyündəki dəyişikliklər, xüsusən quraqlıq dövrlərində və təbii fəlakətlər zamanı daha çox nəzərə çarpır. Kosmik məlumatlar, həmçinin meşə yanğınları, torpaq eroziyası və digər ekosistem təsirlərini izləmək üçün effektiv bir vasitədir. Məsələn, meşə yanğınları və digər təbii fəlakətlər nəticəsində bitki örtüyü sahələrinin azaldığı və ərazinin bərpası üçün hansı addımların atılmasının lazım olduğu təhlil edilə bilər. Kosmik şəkillər vasitəsilə bu dəyişikliklərin real

vaxtda izlənməsi, ekosistem xidmətlərinin qorunması və ərazidəki təbii resursların davamlı idarə edilməsi üçün mühüm məlumatlar təqdim edir.

Laçın rayonunda bitki örtüyü ilə əlaqədar olan dəyişikliklər həm təbii, həm də insan fəaliyyəti ilə bağlıdır. Kosmik məlumatlar bu iki faktorunu ayrılaraq qiymətləndirməyə imkan verir. Həmçinin, su ehtiyatlarının azaldığı və torpaqların düzgün istifadə olunmadığı sahələrdə bitki örtüyü sıxlığının azaldığı və ya dəyişdiyi müşahidə edilir. Bu da göstərir ki, ərazinin ekosistem vəziyyətini daha yaxşı başa düşmək və gələcəkdə baş verə biləcək riskləri azaltmaq üçün kosmik məlumatların təhlili mütləqdir [3,4].

Nəticə. Bu tədqiqat, kosmik məlumatların ekosistemlərin idarə olunması və qorunmasında, həmçinin yerli əhali və təbii resursların davamlı istifadəsində necə faydalı ola biləcəyini nümayiş etdirir. Nəticə olaraq, Laçın rayonunda ekosistemlərin qorunması və davamlı idarə edilməsi üçün kosmik məlumatlardan istifadənin genişləndirilməsi vacibdir. Bu yanaşma, gələcəkdə ekoloji problemlərin vaxtında həlli və ərazinin ekologiyası proseslərin dinamikasının izlənilməsində bir məlumat mənbəyi kimi istifadə oluna bilər.

Ədəbiyyat

- [1] Məmmədov Q., Mahmudov X. Ekologiya. Ətraf Mühit və İnsan, Bakı, "Elm", 2006. - 608 s.
- [2] Qarayev, F. (2015). Azərbaycanın bitki örtüyü: Kosmik məlumatların tətbiqi ilə - Bu əsər bitki örtüyü dinamikasını araşdırır və kosmik məlumatların ekologiya, floristik tədqiqatlarda tətbiqini izah edir.
- [3] Əhmədov, T. & Əliyev, R. (2018). Kosmik məlumatlar əsasında Azərbaycanın floristik və ekosistem tədqiqatları - Bu kitab Azərbaycanın müxtəlif bölgələrində bitki örtüyü dinamikasının kosmik görüntülərlə təhlilini təqdim edir, Laçın rayonu daxil olmaqla.
- [4] Hüseynov, A. (2019). Laçın və Şuşa rayonlarında biogeocoğrafik tədqiqatlar: Kosmik görüntülərin analizi - Laçın rayonunun florası və ekosisteminin dəyişməsi, satelitar görüntülərdən istifadə edərək araşdırılır.
- [5] Программные продукты семейства ArcGIS [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <http://www.credospb.com/arcgis.html>
- [6] <https://gis-lab.info/qa/ndvi.html>
- [7] ГИС ArcGIS [Электронный ресурс]: - Режим доступа <http://www.arcgis.com/home/index.html>

SPACE DATA ON VEGETATION DYNAMICS OF LACHIN REGION

Ismayilzadeh N.A., Suleymanov T.I.

Abstract. Lachin district is known for its rich vegetation and is an area of great importance in terms of ecosystem. In this article, the vegetation dynamics of Lachin district are analyzed using space data. The vegetation status of the district is assessed using space satellite images and vegetation indices such as Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). As a result of the analyses, changes in vegetation during periods of drought and natural disasters, especially forest fires and the effects of water depletion, have been identified. Space data provides an effective tool for monitoring the ecosystem status of Lachin district, detecting ecological problems, and sustainably managing natural resources. This approach is of great importance in terms of protecting and restoring the ecosystems of the district.

Keywords: vegetation index, gradation, ecosystem, natural objects, space images.

BÖLMƏ 6. NƏQLİYYATIN LOGİSTİK PROBLEMLƏRİ**ПРОБЛЕМЫ РЕГУЛЯРНОСТИ ПОЛЕТОВ И ЗАДЕРЖЕК НА
АВИАТРАНСПОРТНОМ РЫНКЕ КАЗАХСТАНА****Абжапбарова А.Ж., Асильбекова И.Ж., Гармаш О.В.**ainur.abzhapbarova@mail.ru*Академия Гражданской Авиации, Казахстан*

Аннотация. Статья посвящена исследованию проблем регулярности полётов и задержек рейсов на авиационном рынке Казахстана. В работе проанализированы основные причины несоблюдения расписания авиарейсов, включая техническое состояние воздушных судов, инфраструктурные ограничения аэропортов, погодные условия и организационные факторы. Особое внимание уделено влиянию задержек на качество предоставляемых пассажирам услуг, а также их экономическим последствиям для авиакомпаний и аэропортов.

На основе анализа статистических данных и практических примеров выделены ключевые факторы, влияющие на регулярность полётов. Также предложены рекомендации по совершенствованию систем управления расписанием и минимизации влияния задержек на работу авиакомпаний. Практическая значимость исследования заключается в разработке решений, способствующих повышению надёжности и конкурентоспособности авиационного рынка Казахстана.

Статья анализирует текущее состояние авиатранспортного рынка Казахстана, акцентируя внимание на высоком уровне задержек рейсов и проблемах с качеством предоставляемых услуг. По данным Комитета гражданской авиации РК, количество задержанных рейсов в Казахстане в 2024 году составило более 4 тыс., что отражает серьезные проблемы в регулировании авиационной отрасли. В статье также рассматривается международный опыт в области обеспечения регулярности полетов, где особое внимание уделяется интеграции работы авиакомпаний и аэропортов, а также использованию современных методик оценки пунктуальности.

Ключевые слова: задержка рейсов, авиатранспортный рынок, регулярность полетов, аэропорты, авиакомпании.

Введение. В настоящее время на рынке авиатранспортных услуг Казахстана наблюдается высокая частота задержек рейсов и неудовлетворительное качество обслуживания со стороны авиакомпаний. Согласно данным Комитета гражданской авиации РК, в период с января по июнь 2024 года в Казахстане было задержано 4 842 рейса из 28 235, в то время как за весь 2023 год задержано 6 735 рейсов из 50 701. Одновременно наблюдается рост активности населения в защите своих прав как потребителей авиационных услуг. Проблема регулярности рейсов и минимизации задержек актуальна не только для Казахстана, но и для мировой авиационной отрасли. Авиакомпании по всему миру исследуют этот вопрос и предпринимают различные меры для минимизации затрат и потерь, связанных с устранением последствий нарушенной регулярности полетов, чтобы сохранить свою клиентскую базу и репутацию.

Методы. В зарубежной практике, на фоне свободного и дерегулированного рынка, регулярность рейсов играет важную роль для авиакомпаний, помогая привлечь высокодоходных пассажиров, сократить затраты, связанные с задержками. Ассоциации перевозчиков, такие как Ассоциация европейских авиакомпаний, регулярно оценивают деятельность своих членов с целью стимулирования их развития и улучшения коммерческой практики, а также совершенствования работы аэропортов и поставщиков аэронавигационных услуг. Главной

задачей этих ассоциаций является внедрение культуры безопасности полетов, проведение экспертиз и исследований для обмена передовым опытом среди авиакомпаний, аэропортов и органов управления воздушным движением, а также внедрение единых норм и правил полетов. Оценка регулярности осуществляется по показателям пунктуальности как отправлений, так и прибытия.

В Европе различают регулярность рейсов по аэропортам и авиакомпаниям: регулярность аэропортов оценивается по времени вылета, а регулярность авиакомпаний — по времени прибытия. Такой подход более обоснован, поскольку пассажирам важнее время прибытия, а не время вылета. Авиаперевозчики и ассоциации регулярно оценивают деятельность аэропортов по показателю «пунктуальность отправления», чтобы стимулировать своевременность вылетов, координировать работу служб аэропортов и оптимизировать процессы обслуживания воздушных судов и пассажиров. Пунктуальные аэропорты демонстрируют показатели регулярности вылетов до 90%.

В Казахстане учет регулярности осуществляется только по авиакомпаниям, фиксируя вылет по моменту отрыва от полосы. В западной практике регулярность вылетов определяется по моменту отгону трапа, поскольку после этого процесс, зависящий от авиакомпании, завершен, и начинается работа аэропорта и служб управления воздушным движением. Важно, насколько эффективно организованы процедуры руления, свободна ли взлетная полоса и своевременно ли проведены все необходимые процедуры, например, как прием VIP-персон.

Что касается классификации задержек, в Европе применяются другие критерии: рейс, задержавшийся менее чем на 15 минут, считается выполненным вовремя. Задержки подразделяются на категории: до 1 часа и свыше 3 часов, что позволяет более четко оценить ситуацию. Ассоциация европейских авиаперевозчиков использует простую схему для подсчета - время отправления для аэропорта и время прибытия для авиакомпаний с задержкой до 15 минут считаются регулярными. Рейтинг пунктуальности разделяется на дальнемагистральные и ближнемагистральные рейсы, что позволяет более объективно оценить ситуацию, так как на дальнемагистральных маршрутах встречные воздушные потоки играют большую роль, чем на коротких. Например, по данным ассоциации, немецкая Lufthansa в 2024 году не допустила отмены рейсов и показала лучший результат по регулярности на дальнемагистральных направлениях, но только 13-е место на европейских рейсах, выполнив 98,9% запланированных полетов. Отменой считается случай, когда полет отменен по любой причине более чем за три дня до вылета.

Ежегодно авиакомпании по всему миру терпят убытки из-за задержек рейсов, которые могут достигать миллионов, в то время как пассажиры сталкиваются с неудобствами и различными потерями.

Важно понимать, что каждый рейс выполняется в строго определенное время согласно расписанию и назначенному слоту, который выделяется для конкретного воздушного судна в определенный день. Слот — это время вылета или прибытия самолёта на конкретную дату, установленное в расписании аэропорта.

Задержки рейсов могут возникать по техническим (неисправности самолёта, оборудования аэропорта, проблемы с взлётно-посадочной полосой и т. д.) или организационным причинам (позднее прибытие самолёта, подготовка документации, опоздание экипажа, задержка доставки питания и другие). В некоторых случаях может потребоваться замена неисправного воздушного судна в пути.

Следует отметить, что задержки, как технического, так и организационного характера, могут быть связаны с неисправностями в работе аэропорта, авиакомпании или служб управления воздушным движением (УВД). К задержкам также могут привести такие ситуации, как задержка группы пассажиров (например, VIP-класса или первого класса).

Задержка взлёта может повлиять и на время прибытия рейса (если экипаж не может компенсировать задержку во время полета и прибыть по расписанию), что в итоге приводит к общей задержке рейса.

Одной из ключевых причин задержек являются неблагоприятные погодные условия, которые могут затруднить или сделать невозможным выполнение взлёта и посадки. Даже современное воздушное судно с высокотехнологичным оборудованием не всегда может приземлиться на взлётно-посадочную полосу из-за плохих погодных условий, что иногда приводит к полной приостановке работы аэропорта.

Кроме погодных условий, задержки могут происходить по вине самой авиакомпании или аэропорта (обслуживающей компании). Причины могут быть техническими или организационными. Технические причины связаны с неисправностями самолёта или аэродромного оборудования. Такие задержки часто происходят из-за необходимости проведения обязательного технического обслуживания (например, Daily Check или Weekly Check) в рамках ограниченного времени перед полетом.

Организационные задержки могут быть вызваны проблемами со стороны аэропорта, такими как перегрузка перрона или необходимость ожидания на стоянке для буксировки или руления. Задержки могут также быть связаны с работой обслуживающих компаний, например, поздняя загрузка или разгрузка бортового питания, задержки с предоставлением аэродромной спецтехники (трапы, тягачи, багажные ленты, машины для противообледенительной обработки, пассажирские автобусы и другие), а также с несвоевременным выполнением операций по погрузке или выгрузке багажа и почты.

Задержки рейсов по вине авиакомпаний могут происходить по следующим причинам:

- отсутствие самолета для рейса в аэропорту вылета (например, из-за позднего прибытия с предыдущего рейса или отсутствия резервных воздушных судов);
- ожидание трансферных пассажиров с задержанных рейсов, сбои в системе регистрации или посадки в аэропорту.

Также бывают случаи, когда задержки возникают из-за непредвиденных обстоятельств, не зависящих от авиакомпании, например смерть или резкое ухудшение состояния здоровья пассажира, нарушение общественного порядка, природные катастрофы в зоне аэропорта.

Кроме того, задержки могут быть вызваны следующими факторами:

1. *Столкновения с птицами.* Порой рейс задерживается из-за столкновения самолета с птицей или другим животным в воздухе. Это не редкость, в США ежегодно происходит около 13 000 подобных инцидентов. В таких случаях компенсация пассажирам может быть выплачена, если это не рассматривается как чрезвычайное обстоятельство.
2. *Забастовки.* Сотрудники авиакомпаний могут объявить забастовку для переговоров с работодателем. Несмотря на то, что забастовка считается чрезвычайным обстоятельством, при задержке рейса в период, когда забастовка не началась, авиакомпания обязана удовлетворить требования пассажиров, включая выплату компенсации.
3. *Ожидание экипажа.* Рейс не может вылететь без необходимого количества экипажа, что составляет примерно одного бортпроводника на 50 пассажирских мест. Если экипаж не прибыл вовремя, рейс может быть задержан, и пассажиры имеют право на компенсацию.
4. *Требования к отдыху летного экипажа.* Пилоты и бортпроводники обязаны отдыхать перед полетом в соответствии с установленными правилами. Иногда, из-за нарушений расписания или задержки предыдущего рейса, экипаж может отработать максимальное количество часов, что также может вызвать задержку.
5. *Ограничения по весу.* Каждый самолет имеет максимальный взлетный вес, который включает вес пассажиров, багажа, топлива и прочего. Если общий вес превышает норму, самолет не может вылететь.

Результаты и выводы. Казахстанский рынок авиаперевозок в последние годы находится в стадии интенсивного развития, несмотря на проблемы прошлого, такие как устаревшие производственные традиции, несовременные нормативно-правовые акты и избыточные парки неэффективных воздушных судов. Эти негативные тенденции существенно влияют на экономику авиаперевозок, вынуждая авиакомпании акцентировать внимание на краткосрочных целях, часто используя демпинг, что отражается на качестве услуг, в том числе на регулярности полетов.

Регулярность рейсов имеет свою цену, которая включает расходы на резервные воздушные суда, высокую стоимость новых современных самолетов, упущенную выгоду из-за сглаживания пиковых времен прилетов и вылетов, потери от уменьшения интенсивности полетов, а также организационные затраты на улучшение бизнес-процессов. Поэтому принуждать авиакомпании к достижению стопроцентной регулярности полетов административными мерами нецелесообразно, поскольку это отразится на стоимости билетов. Для большинства пассажиров важнее сбалансированное соотношение стоимости авиаперевозки и приемлемого качества услуги.

Литература

- [1] Данилов В. Н., & Кузнецова, И. И. (2019). Регулярность авиаперевозок как фактор конкурентоспособности на рынке. *Журнал транспортной логистики*, 4(1), 34-44.
- [2] Комитет гражданской авиации Республики Казахстан (2024). Статистический отчет о задержках рейсов в Казахстане. www.aviation.kz.
- [3] Белоусов С. В. (2019). Организационные проблемы в авиационной отрасли: влияние на пунктуальность рейсов. *Транспорт и логистика: проблемы и решения*, 11(3), 49-58.
- [4] Федоров О. А., & Беляев, А. Ю. (2022). Международный опыт управления регулярностью полетов в условиях дерегуляции рынка. *Транспортные исследования и инновации*, 6, 91-101.
- [5] Ассоциация европейских авиакомпаний. (2024). Ежегодный отчет о регулярности полетов авиакомпаний Европы. www.ena.org.
- [6] Мартыненко А. Ю. (2017). Воздушные перевозки в Казахстане: проблемы и перспективы. *Экономика и менеджмент в транспортной отрасли*, 9(4), 113-119.

PROBLEMS OF FLIGHT REGULARITY AND DELAYS IN THE AIR TRANSPORT MARKET OF KAZAKHSTAN

Abzhapparova A.Zh., Asilbekova I.Zh., Garmash O.V.

Abstract. The article analyzes the current state of the air transport market in Kazakhstan, focusing on the high level of flight delays and problems with the quality of services provided. According to the Civil Aviation Committee of the Republic of Kazakhstan, the number of delayed flights in Kazakhstan in 2024 amounted to more than 4 thousand, reflecting serious problems in the regulation of the aviation industry. The article also examines international experience in the field of flight regularity, where special attention is paid to the integration of airlines and airports, as well as the use of modern methods for assessing punctuality.

Keywords: flight delays, air transport market, flight regularity, airports, airlines.



QEYRİ-MÜNTƏZƏM SƏRNIŞIN AVİADAŞIMALARINDA HİBRİD QEYRİ-SƏLİS ARİMA MODELİNİN TƏTBİQİ

Nəzarli D.Ş., Ağayev N.B.

dnazarli.32073@naa.edu.az

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Məqalədə qeyri-müntəzəm sərnişin aviadaşımalarının zaman sıralarının proqnozlaşdırılması üçün ARİMA-Qeyri səlīs əsaslı hibrid model təklif edilmişdir. Məlum olduğu kimi ARİMA modeli zaman sıralarının məlumatları daxilində xətti tendensiyaları və qanunauyğunluqları müəyyənləşdirmək həmçinin proqnozlaşdırmaq üçün tətbiq edilir. Elmi ədəbiyyatların tədqiqatı göstərir ki, ARİMA modelinin proqnozlaşdırma zamanı qeyri-xəttilik və təsadüfi dəyişmələrin idarə edilməsində özünəməxsus məhdudiyyətləri müşahidə edilir. Bu baxımdan, ARİMA modeli, qeyri-səlīs model ilə birlikdə tətbiq edilmişdir. Hibrid model ARİMA-nın avtoreqressiya modelini əsas götürməklə, təsadüfi kənaraçıxmaların qeyri-səlīs modeli ilə birlikdə tətbiq edilərək verilən proqnozun dəqiqliyini daha da artırır. Hibrid modelin tətbiqi nəticəsində əldə olunan nəticələr göstərir ki, bu formada model müstəqil modellərlə müqayisədə daha etibarlı və effektiv proqnozlar verir.

Açar sözlər: qeyri-müntəzəm aviadaşımalar, proqnoz, hibrid model, qeyri-səlīs, avtoreqressiya.

Giriş. Qeyri-müntəzəm sərnişin aviadaşımaları prosesinin təsadüfi faktorlardan daha çox asılı olmasına baxmayaraq bu daşımalar müəyyən məhdud oblast daxilində dəyişir yəni prosesdə dəyişməyən bir baza hissə mövcuddur. Bu fakt bizə prosesi proqnozlaşdırmağa imkan verir. Qeyd etmək lazımdır ki, bu sahədə tədqiqatlar olduqca azdır. Qeyri-müntəzəm aviadaşımalar prosesinin xarakteristik xüsusiyyətlərini təhlil edərək proqnoz modellərinin tətbiqi vacib məsələlərdən biridir. Müntəzəm sərnişin aviadaşımalarının malik olduğu bir sıra xüsusiyyətlər bu prosesdə özünü tam doğrultmur. Məsələn, misal olaraq, müxtəlif illərin eyni dövrlərində sabit tendensiyanın müşahidə edilməsi, mövsümlilik və.s. ARİMA modelinin tətbiqi zamanı müəyyən edilmişdir ki, qeyd edilən proses mövsümi faktorlardan demək olar ki, asılı deyil və bu faktorun nəzərə alınmaması ümumi nəticələrə ciddi təsir göstərmir. ARİMA modeli xətti əlaqələrin müəyyən edilməsində effektiv nəticələr təqdim edir. Buna baxmayaraq qeyri-xətti dəyişmələrin müəyyən edilməsində hər zaman özünü doğrultmaya bilər. Bu səbəbdən modelin tətbiqi zamanı ani kənaraçıxmaları nəzərə almaq həmçinin proqnoz nəticələrinin dəqiqliyini artırmaq üçün qeyri-səlīs modelin tətbiqi nəzərdən keçirilir [1-6].

Problemin qoyuluşu. Hər bir ölkə üçün qeyri-müntəzəm sərnişin hava daşımaları ölkəyə xasdır ki, bu da klassik proqnozlaşdırma metodlarının tətbiqini çətinləşdirir. Dəyişikliklərin fərqli xarakter daşınması eyni klassik proqnoz modelinin bütün ölkələrə tətbiqini çətinləşdirir. Qeyd edilən faktları nəzərə alaraq, bu problemi aradan qaldırmaq üçün hibrid ARİMA-Qeyri-səlīs yanaşma tətbiq edilir. Qeyri-müntəzəm sərnişin hava daşımalarında sıradaxili dəyişikliklər trend dəyişmələrlə təsadüfi dəyişmələrin additiv asılılığı şəklində qəbul edilmişdir.

Həll metodu. Qeyri-müntəzəm sərnişin aviadaşımalarının xarakteristik xüsusiyyətlərini təhlil edərək və yuxarıda qeyd olunan faktlara əsaslanaraq, problemi həll etmək üçün aşağıdakı alqoritm təklif edilir:

Alqoritm

Proqnoz $x^p()$

ARİMA-Qeyri-səlīs hibrid model

INPUT: {

$Y(t)$: cari ildən ən azı beş il əvvəlki illərin aylar üzrə qeyri-müntəzəm aviadaşımalar;

N tədqiqata cəlb edilmiş məlumatların sayı;

q-proqnoz verilən ayların sayı;
n-yerdəyişmələrin sayı;
 }

OUTPUT: { *Cari aydan bir il sonrakı dövr üçün qeyri-müntəzəm aviadaşımaların proqnozlaşdırılan həcmi;* }

REM *ARİMA modeli ilə faktiki verilənlər əsasında avtoreqressiya modeli qurulur.*

CALC: { *faktiki verilənlərin avtokorrelyasiya funksiyası və p-korrelyasiya ədədi* }

OUTPUT: { *p korrelyasiya ədədi* }

CALC:: *ARİMA(p,q) modelinin əmsalları*

REM *Hesablamada axırıncı ilin faktiki verilənləri nəzərə alınmır*
 }

OUTPUT: *c və $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$ əmsalları*

FOR *t=1 to q*

CALC:: *Axırıncı il üçün ARİMA modeli üzrə qiymətlər*

$$y_t = c + \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p}$$

CALC:: *x_t - axırıncı il üçün faktiki verilənlərlə hesablanmış y_t arasındakı fərq*

END FOR

OUTPUT: *x_t - işarələri nəzərə alaraq ARİMA modeli ilə faktiki verilənlər arasındakı fərq*

REPEAT{ *x_t vektorunda ikincidən başlayaraq hər dəfə bir vahid elementi sürüşdürülməklə yeni $q \times (n)$ ölçülü vektor qurulur*

REM *n= yerdəyişmələrin sayıdır*
 }

$$n^+ = 0; \quad n^0 = 0$$

FOR *k = 2, n; j = 1, 12*

$$M_{kj} = x_{kj} - x_{k-1,j}$$

IF *sign(M_{kj}) ≥ 0 then*

{
 $M^+_{kj} = M_{kj} \quad n^+ = n^+ + 1$
 }

ELSE

{
 $M^-_{kj} = M_{kj} \quad n^- = n^- + 1$
 }

END FOR

FOR *k = 2, n*

$$\{ \text{MAX}^+(j) = \max M^+_{kj}; \quad \text{MAX}^-(j) = \max M^-_{kj}; \quad O^+_{orta}(j) = \text{orta}(M^+_{kj})$$

$$\text{MIN}^-(j) = \min M^-_{kj}; \quad \text{MAX}^-(j) = \max M^-_{kj}; \quad O^-_{orta}(j) = \text{orta}(M^-_{kj}) \}$$

END FOR

REM *Mənsubiyyət funksiyasının qurulması*

FOR *j = 1, 12*

{

$$\mu^+(j) = \left\{ \begin{array}{l} x: \text{MIN}^+(j)/\text{az artma}, O^+_{orta}(j)/\text{orta artma}, \\ \text{MAX}^+(j)/\text{çox artma} \end{array} \right\}$$

$$\mu^-(j) = \left\{ \begin{array}{l} x: \text{MIN}^-(j)/\text{az azalma}, O^-_{orta}(j)/\text{orta azalma}, \\ \text{MAX}^-(j)/\text{çox azalma} \end{array} \right\}$$

END FOR

}
FOR $j = \overline{1,12}$

$$\delta_j^+ = \frac{\sum_{i=1}^{n^+} M_{ij}^+}{\sum_{i=1}^{n^+} |M_{ij}|}, \quad \sigma_j^+ = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n^+} (M_{ij}^+ - o_{ij}^+)^2}{n^+}}, \quad v_j^+ = \frac{\sigma_j^+}{o_{orta}^+},$$

$$Q^+(j) = \mu^+(j) * \delta_j^+, \quad P^+(j) = \sigma_j^+ * v_j^+$$

$$R(j) = (Q^+(j) + P^+(j)) + (Q^-(j) + P^-(j))$$

END FOR

}
REM Proqnoz qiymətlərinin hesablanması

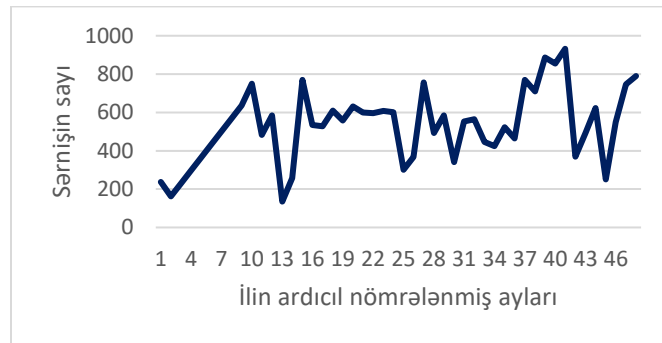
FOR $j = \overline{1,12}$

$$x_{nj}^P = Y_{n-1j} + R_j(x_{n-1})$$

END FOR

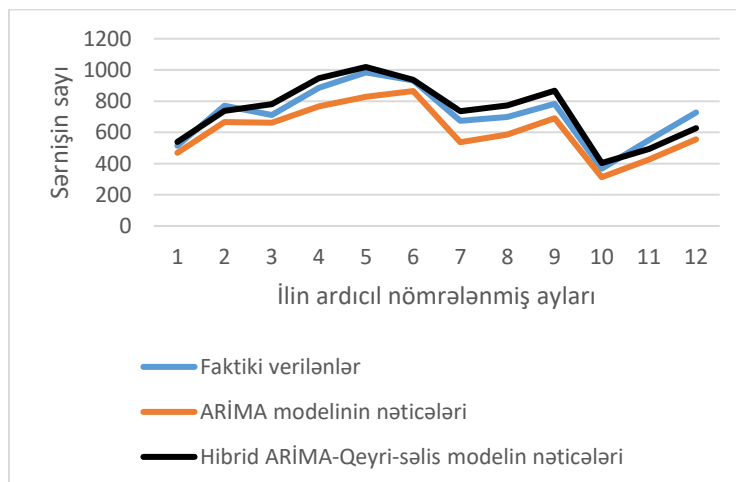
}

Hesablama nəticələri. Tədqiqatda cəlb edilmiş məlumatlar 2020-2023-cü illəri əhatə edir. 2020-2022-ci illər üzrə verilmiş statistik məlumatlar əsasında hibrid modelin hesablamaları aparılacaq. Axırıncı ilin (yəni 2023) 12 ayının məlumatlarını proqnoz modelinin dəqiqliyini yoxlamaq üçün saxlayırıq.

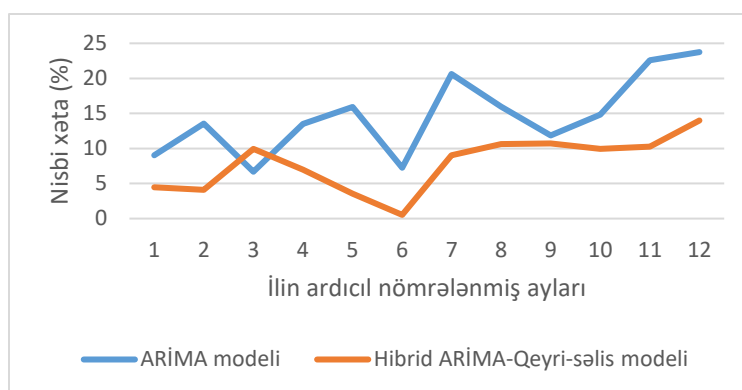


Şəkil 1. Qeyri-müntəzəm sərnişin aviadaşımalarının statistik məlumatlarının aylıq dinamikası (Heydər Əliyev Beynəlxalq Aeroportu)

Təklif edilən alqoritm əsasında hesablanmış nəticələr şəkil 2- də verilib.



Şəkil 2. ARİMA və hibrid ARİMA-qeyri-səlis modellərinin müqayisəsi



Şəkil 3. ARİMA və hibrid ARİMA-qeyri-səlis modellərinin faktiki məlumatlara əsasən nisbi xəta göstəriciləri (%)

Şəkil 3-ə əsasən qeyd etmək olar ki, müstəqil ARİMA modeli ilə əldə edilən proqnoz nəticələrinin orta nisbi xətası 13.2%, hibrid ARİMA-Qeyri-səlis modelin proqnoz nəticələrində isə bu qiymət 7.1%-ə bərabərdir. Hesablama nəticələrindən göründüyü kimi, hibrid model müstəqil ARİMA modelinə nəzərən təxminən 2 dəfə çox effektiv nəticə vermişdir.

Nəticə. Nəticə olaraq qeyd etmək lazımdır ki, məqalədə qeyri-müntəzəm sərnəşin aviadaşımalarının proqnozlaşdırılması üçün Reqressiya (ARİMA) modeli ilə qeyri-səlis modelin birlikdə tətbiqi üçün alqoritm verilmişdir. ARİMA modeli əsasında əldə olunan xətlər hibrid model əsasında daha da təkmilləşdirilərək optimal proqnoz nəticələri əldə olunmuşdur. Aparılmış tədqiqat həm aviaşirkətlər həm də hava limanları üçün önəmli hesab edilir. Hibrid model, qeyri-müntəzəm sərnəşin aviadaşımaları üzrə əməliyyatların planlaşdırılması, resursların bölüşdürülməsi və.s bu kimi işlərin icrasında effektiv nəticələri təmin edəcəkdir. Hibrid modelin tətbiqi ilə əldə edilən nəticələr, gələcək tədqiqatlarda maşın öyrətmə metodlarının işlənilməsində baza rolunu oynayacaqdır.

Ədəbiyyat

- [1] Ağayev, N.B, Nəzərli, D.Ş. Qeyri-müntəzəm aviadaşımaların proqnozlaşdırılmasında müasir yanaşmalar və tətbiqlər. Elmi Məcmuə, 2022, Cild 24, №4, səh 13-22. <http://doi.org/10.34826/NAA.2022.24.4.004>
- [2] Ağayev, N.B, Nəzərli, D.Ş. Reqressiya analizi vasitəsilə qeyri-müntəzəm sərnəşin aviadaşımalarının proqnoz modelləri. Elmi Məcmuə, 2023, Cild 25, №4, səh 13-22. <http://doi.org/10.30546/EMNAA.2023.25.4.2> 18
- [3] Nazarli, D. Time series forecasting models of non-scheduled passenger air transportation. Journal of Problems in Computer Science and Information Technologies, 2024, 2(3), 3–10. <https://doi.org/10.26577/jpcsit2024-02i03-01>
- [4] Dashqin Nazarli. Characteristics of the application of ARİMA-SVM methods in the forecasting of non-scheduled passenger air transportation. In: Development Through Research and Innovation - 2024. Editia 5. 2024. Chişinău. pp. 345-349. ISBN 978-9975-167-76-5. DOI: <https://doi.org/10.53486/dri2024.39>
- [5] Aghayev, N., & Nazarli, D. Support vector machines for forecasting non-scheduled passenger air transportation. Problems of Information Technology, 2024, 3-9. <http://doi.org/10.25045/jpit.v15.i1.01>
- [6] Dashqin Nazarli. "Problems of using regression analysis in the construction of forecasting models of non-scheduled passenger air transportation" Проблеми підготовки професійних кадрів з логістики в умовах глобального конкурентного середовища: XXII МНПІК 18-19 жовтня 2024. НАУ, Kiev. ISSN: 2617-7927. https://drive.google.com/file/d/1twgmbceYmJIYvcqdEHADQ-1XO3VPPpnl/view?usp=drive_link

APPLICATION OF HYBRID FUZZY-ARIMA MODEL IN NON-SCHEDULED PASSENGER AIR TRANSPORTATION**Nazarli D.Sh., Aghayev N.B.**

Abstract. In the article, an ARIMA-Fuzzy-based hybrid model is proposed for forecasting time series of non-scheduled passenger air transportation. As it is known, the ARIMA model is applied to identify linear trends and regularities within time series data as well as forecasting. The study of scientific literature shows that the ARIMA model has its own limitations in managing non-linearity and random changes during forecasting. For this reason, the ARIMA model was applied together with the fuzzy model. The hybrid model is based on the autoregression model of ARIMA, and applied together with the fuzzy model of random deviations, it further increases the accuracy of the forecast. The results obtained as a result of the application of the hybrid model show that the model in this form provides more reliable and effective forecasts compared to independent models.

Keywords: non-scheduled air transportation, forecasting, hybrid model, fuzzy model, autoregression model.



LOGİSTİKA ŞİRKƏTLƏRİNDƏ REKLAM STRATEGİYASININ TƏTBİQİNƏ İNNOVATİV YANAŞMA

Mirzəli X.S., Qasımov V.E.

khanim.mirzali@azal.az

“AZAL” sərnişin aviashirkəti, Azərbaycan

Xülasə. Reklam strategiyası rəqabət mühitdə logistika şirkətinin təsir imkanlarını artırmaq üçün güclü bir vasitədir. Məqalədə logistika şirkətlərinin əhatə dairəsini artırmaq üçün reklam strategiyasından necə istifadə edə biləcəyi araşdırılmışdır.

Açar sözlər: logistika reklamı, beynəlxalq daşıma, süni intellekt marketinqi, avtomatlaşdırma texnologiyaları, rəqəmsal marketinq, yaşıl logistika, müştəri cəlb etmə, rəqabətcabiliyyətli strategiya.

Giriş. Dünyada logistika və beynəlxalq daşıma bazarı sürətlə genişlənməkdədir. Beynəlxalq Tədqiqatlar Şurasının məlumatına görə, 2024-cü ildə qlobal logistika bazarının ümumi dəyəri 12 trilyon ABŞ dollarını keçmişdir və hər il təxminən 5% artım gözlənilir. Azərbaycanda da logistika sahəsində rəqabət artır, buna görə də şirkətlər xidmətlərini reklam etmək üçün innovativ yanaşmalar axtarır.

Reklam strategiyası logistika şirkətləri üçün çox önəmli bir vasitəyə çevrilmişdir, çünki bu, onlara yüksək rəqabətli bazarda fərqlənməyə kömək edir. Logistika sahəsində reklam bir neçə səbəbə görə vacibdir.

- *Brend anlayışı:* bazarda güclü marka varlığının yaradılması çox vacibdir. Effektiv reklam logistika şirkətlərinə rəqiblərdən fərqlənməyə və tanınmağa kömək edir.

- *Etibarlılıq:* reklam şirkətin təcrübəsini və müştəri məmnuniyyətini əsas götürməklə inam və etibarlılıq yaratmağa kömək edə bilər.

- *Yeni müştərilərin qazanılması:* məqsədli reklam strategiyaları logistika şirkətlərinə mövcud müştəriləri saxlamaqla yeni müştəriləri cəlb etməyə imkan verir.

Rəqabətə davamlı logistika marketinqinin əsas elementləri kimi hədəf auditoriyasının müəyyən edilməsidir. Hədəf auditoriyasının dəqiq müəyyənləşdirilməsi uğurlu reklam kampaniyasının əsasını təşkil edir. Logistika sahəsində əsas auditoriya aşağıdakı qruplara bölünə bilər: [3]:

- *Biznesdən biznesə (B2B):* hədəf auditoriyası kimi logistika xidmətlərinə ehtiyacı olan istehsalçıları, topdansaşıyıcıları və pərakəndə satıcıları göstərmək olar.

- *Biznesdən istehlakçıya (B2C):* hədəf auditoriyası E-ticarət platformaları və çatdırılma xidmətlərinə ehtiyacı olan istehlakçılardır.

- *İxtisaslaşdırılmış segmentlər:* hədəf auditoriyası xüsusi logistika ehtiyacları ola bilən səhiyyə, avtomobil və ya texnologiya kimi sahələrdir.

Hədəf auditoriyanızı müəyyən etdikdən sonra növbəti addım kimi logistika sahəsində, effektiv reklam strategiyasını hazırlamaqdır. Effektiv reklam strategiyası hazırlanarkən süni intellektdən istifadə, sürətli və təhlükəsiz daşıma, digər rəqiblərdən fərqlilik və effektiv reklam kanallarının seçilməsi çox vacibdir [2].

Süni intellekt (AI) və avtomatlaşdırma. Süni intellekt və avtomatlaşdırma logistika əməliyyatlarında və reklamda inqilab edir. Bu texnologiyalar şirkətlərə reklam metodlarını optimallaşdırmağa və yeni növ təcrübələr təqdim etməyə imkan verir.

Potensial müştərilərlə əlaqə saxlamaq üçün süni intellektlə işləyən chatbot və virtual asistentlərdən istifadə edilməlidir. Məqsədli reklamları doğru zamanda doğru auditoriyaya çatdırmaq üçün avtomatlaşdırmadan istifadə olunur.

Logistika sahəsində reklam strategiyasının qurulması zamanı yaşıl reklam, yəni yaşıl texnologiyalardan, ekoloji cəhətdən təmiz nəqliyyat növlərindən istifadəni təşviq edən reklam növü istifadə olunmalıdır.

Logistikada reklam strategiyası sağlam rəqabət mühitində logistika şirkətinin təsir imkanlarını artırmaq üçün güclü bir vasitədir. Hədəf auditoriyasını başa düşmək, cəlbəedici mesajlar hazırlamaq və düzgün reklam kanallarından istifadə etməklə, logistika şirkətləri xidmətlərini effektiv şəkildə təşviq edə və böyüməyə təkan verə bilirlər. Süni intellektin köməyi ilə logistikada reklam öz yeni inkişaf mərhələsinə başlamışdır. Bu texnologiyadan istifadə güclü tərəfdaşlıq qurmaq və sənaye imkanları baxımından olduqca əhəmiyyətlidir. Belə nəticəyə gəlmək olar ki, yaxın gələcəkdə Azərbaycanda və dünyada süni intellektin bütün sahələrdə, o cümlədən logistikanın reklam strategiyasında tətbiqi gözlənilən və vacibdir.

Logistika şirkətləri düzgün reklam strategiyaları tətbiq etməklə bazar payını genişləndirə bilər. Şirkətlər mütərəqqi texnologiyaları öz strategiyalarına daxil edərək daha möhkəm etibar qazana bilər. Şirkətlərin davamlı reklam və kommunikasiya siyasəti uzunmüddətli müştəri inamı yaratmaq baxımından çox etibarlı alət ola bilər. Bundan başqa, süni intellekt texnologiyaları şirkətlərin reklam strategiyalarını daha hədəfli və effektiv edə bilər. Süni intellekt vasitəsilə potensial müştəri ehtiyacları əvvəlcədən təxmin edilə bilər və daha çox şəxsi reklam həlləri təklif edilə bilər.

Eyni zamanda, yaşıl texnologiyalara investisiya qoymaq və şirkətin ekoloji məsuliyyətliyini vurğulamaq brend imicini gücləndirir. Müvafiq olaraq, karbon izini azaltmaq, ekoloji cəhətdən təmiz logistik yanaşmaları reklam kampaniyalarında qabartmaq müsbət nəticə verə bilər.

Təkliflər:

- Logistikada sahəsində spesifik bazar təhlillərinin daha dəqiq metodlarla aparılması və real vaxt məlumatlarından istifadə.
- Rəqəmsal marketinqdə süni intellekt və avtomatlaşdırma texnologiyalarının geniş tətbiqi.
- Texnologiyaya əsaslanan innovativ yanaşmaları tətbiq edərkən müştərilər üçün fərdiləşdirilmiş həllər təqdim etmək.
- Lokal bazarlarda daha geniş analizlər apararaq, hər regionun spesifik ehtiyaclarına uyğun reklam strategiyaları hazırlamaq.
- Süni intellekt əsaslı proqnozlaşdırma və analitik vasitələrin istifadəsi ilə reklam effektivliyini ölçmək və optimallaşdırmaq.
- Yaşıl texnologiyaların tətbiqi ilə yanaşı, bu sahədə innovasiyaları reklam kampaniyalarında daha çox ön plana çıxarmaq.
- Müştərilər üçün ekoloji cəhətdən təmiz həllərin üstünlüklərini vurğulayan maarifləndirici reklam layihələri həyata keçirmək.
- Yaşıl texnologiyaları reklam və logistika strategiyalarına inteqrasiya etmək.

Logistika şirkətlərində uğurlu reklam strategiyasının qurulmasında süni intellektdən istifadə böyük imkanlar yaradır. Süni intellektin tətbiqinə dair konkret addımlar atılmalıdır. Süni intellekt, avtomatlaşdırma və yaşıl texnologiyalar kimi müasir yanaşmalar şirkətlərin fəaliyyətini yeni mərhələyə yüksəldə bilər. Bu texnologiyalar Azərbaycanda və dünyada reklamın gələcəyini formalaşdırmaq üçün vacibdir.

Ədəbiyyat

- [1] “Reklam haqqında” Azərbaycan Respublikasının 1997-ci il 3 oktyabr tarixli 376-İQ nömrəli Qanunu
- [2] <https://www.linkedin.com/pulse/logistics-advertisement-guide-maximizing-your-reach-advertising-tc5me>
- [3] <https://fulltiltlogistics.com/what-is-a-logistics-company/>

FACTORS FOR CHOOSING THE RIGHT ADVERTISING STRATEGY IN THE MODERN LOGISTICS MARKET

Mirzali K.S., Gasimov V.E.

Abstract. The article examines how logistics companies can use an advertising strategy to increase their reach. Advertising strategy is very important for logistics companies because it helps them stand out in a highly competitive market.

Keywords: logistics advertising, international transportation, AI marketing, automation technologies, digital marketing, green logistics, customer acquisition, competitive strategy, environmental responsibility, target audience.



ASSESSMENT AND MONITORING OF THE PERFORMANCE OF INTERNATIONAL TRANSPORT CORRIDORS

Mustafayeva A.Z., Najafov E.M.

amustafayeva.30891@naa.edu.az

National Aviation Academy, Azerbaijan

Abstract. The article provided offers information about International Trade and Transport Corridors (ITTC), emphasizing the importance and methods of evaluating and monitoring these corridors. Overall, the corridors offer high-capacity transportation systems and services that reduce trade and transport costs for the regions and countries they pass through. ITTC is considered the central hub of economic activity, providing countries with effective land routes to international markets. In an era of increasing globalization, international transport corridors perform significant functions in economic, political, military, cultural, and demographic terms [1]. For this reason, monitoring the performance of transport corridors, identifying the factors influencing these routes, and implementing improvements are considered essential. All of these efforts help to clarify whether the corridor is aligned with its intended objectives.

Keywords: monitoring, corridor, transport, methodology, trade, assessment.

Introduction. Well-planned corridor projects have a significant impact on the development of countries, reducing trade costs and enhancing the competitiveness of regions and nations.

The economic development of any region largely depends on the level of development of its transportation system, with the role of ITTC being crucial in this context. These corridors connect different countries and facilitate economic, cultural, and scientific-technical cooperation. In addition, international transport corridors are essential not only for economic efficiency but also for the security of the state and its long-term successful development [2, 3].

Despite the long history of corridors, there have always been certain shortcomings in the design, identification of infrastructure elements, and monitoring the potential impacts of corridor projects. Against the backdrop of modern tensions, significant threats have emerged for several routes in the Eurasian region [4].

A detailed evaluation and monitoring of the functioning of international transport corridors is a crucial step in identifying their technical indicators, recognizing obstacles in transportation flow, and implementing potential improvement measures.

The evaluation of corridors requires the collection of both quantitative and qualitative data. Monitoring is carried out through discussions with logistics service providers, importers, shippers, and government agencies involved in the transport sector. This process must identify the key data that needs to be collected during the evaluation, including key performance indicators.

The evaluation of corridor performance is considered important for several reasons.

First, corridors have a direct impact on the economies of countries.

Second, a corridor is a system made up of several components, including logistics services, regulations, infrastructure, and transport.

Third, monitoring is related to the management concept of the corridor and involves the engagement of stakeholders in its development.

Several aspects are given special attention during the evaluation of corridors:

- *Defining the objective:* the starting point of the corridor evaluation process is the clear definition of the objective. At this stage, specific goals, such as assessing the economic, social, and environmental

impacts of the corridor, are established. A precise articulation of the objective enhances the effectiveness of the evaluation process and helps focus the outcomes.

- *Evaluation of the infrastructure included in the corridor:* in this stage, highways, railways, ports, and other infrastructure components are carefully examined. The quality, capacity, safety standards, and sustainability of the infrastructure are assessed. Additionally, it is determined whether the infrastructure meets modern requirements, the application of technological innovations, and potential areas for development. This is crucial for enhancing the corridor's effectiveness and planning relevant improvements.

During the corridor evaluation process, various interested parties collect data used in planning models. This data is directly related to the improvement of corridor infrastructure and the assessment of their potential impacts.

The data must be collected across three main aspects of the corridor:

- *Physical characteristics and condition of the infrastructure:* the quality, age, and current usage status of the corridor's elements are examined.
- *Quantitative data for individual components of the corridor:* indicators such as the length of roads, freight transport capacity, and the number of vehicles is collected.
- *Plans for proposed development and maintenance of the infrastructure:* future development projects, maintenance programs, and restoration plans are identified. This data forms the foundation for effective management and decision-making.

The CAREC corridors connect the main economic centers of the region and link the landlocked countries of CAREC to other Eurasian and global markets through a network of six corridors.

The CAREC Program's CPMM (CAREC Regional Economic Cooperation Monitoring Mechanism) is an empirical system designed to evaluate and monitor cargo transport time and costs along the CAREC corridor, covering 11 participating countries: Afghanistan, Azerbaijan, the People's Republic of China (PRC), Georgia, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Mongolia, Pakistan, Tajikistan, Turkmenistan, and Uzbekistan. This system aims to enhance the efficiency of the cargo transport process and strengthen economic cooperation [5].

The existing CPMM methodology is the result of the initial time-cost-distance method. These changes have helped optimize monitoring capabilities to more effectively measure the border crossings and performance of the CAREC corridors over time. This approach aims to provide a more accurate evaluation and improvement of the corridors' performance.

The evaluation and monitoring of corridor performance is an integral part of the management process. The management of a transport corridor includes the monitoring of transport flows, and the results of this process determine several indicators [6]:

- *Intensity:* the density of cargo and passenger movement.
- *Flow density:* the number of vehicles passing through the corridor within a specific time period.
- *Speed:* the movement speed of vehicles along the corridor.
- *Terrain and other parameters of the area the corridor passes through:* the condition of the roads, the impact of the terrain, and other environmental factors.

Border crossings typically reduce the speed by half in most corridors (Tables 1, 2).

Based on the indicators analyzed during the evaluation [7]:

Table 1. Time-consuming activities

ROAD TRANSPORTATION	RAIL TRANSPORTATION
1. Customs activity	1. Changing the width of the railway track
2. Waiting time in line	2. Waiting time in line
3. Loading/unloading	3. Railway safety

Table 2. Most expensive activities

ROAD TRANSPORTATION	RAIL TRANSPORTATION
1. Overloading	1. Changing the width of the railway track
2. Loading/unloading	2. Loading/unloading
3. Customs clearance/customs inspection	3. Overloading

Based on the aforementioned factors, a more detailed analysis of Azerbaijan's transit capabilities can be conducted. Positioned strategically in the Caucasus region, Azerbaijan connects Central Asia with Europe and plays a significant role in facilitating transit transport. The country has a substantial transit potential.

Azerbaijan serves as a key transit country between Georgia, Iran, Turkey, and other Central Asian countries. The Red Bridge border crossing point is an important link between Azerbaijan and Georgia, significantly reducing border crossing time and costs for road freight.

Moreover, recent studies indicate that all estimated indicators have declined. The time and costs for vehicles crossing the border checkpoint have significantly increased. This highlights the need for additional measures to make more efficient use of the transit potential.

Despite the challenges, Azerbaijan maintains close cooperation with countries located along the Caspian Sea to preserve border trade. Our country is intensifying efforts towards adopting a national master plan for trade and logistics, as well as modernizing the new Alat terminal south of Baku to transform it into a transportation hub.

Within the framework of CPMM, the following types of road freight transport passing through Azerbaijan have been recorded:

- Import and export of raw materials used in the production process;
- Delivery of various products and goods to customers;
- Transport of commercial goods, such as manufactured products;
- Transit transport and container shipments.

These shipments not only enhance Azerbaijan's transit capabilities but also strengthen regional economic integration.

Azerbaijan Railways has made significant progress in the reform and commercialization of its national railway system. These advancements include:

- Establishment of the supervisory board: an independent supervisory board, approved by the Cabinet of Ministers, was created in accordance with the corporate governance requirements for state-owned enterprises.
- Implementation of the investment plan: the investment plan, approved by the Cabinet of Ministers, is being implemented in a timely manner by Azerbaijan Railways.
- Approval of performance indicators: key performance indicators for the management of Azerbaijan Railways' operations have been approved.
- Approval of the business plan: the business plan, approved by the Cabinet of Ministers and the Supervisory Board, ensures the achievement of key performance indicators across all of Azerbaijan Railways and facilitates the management of changes related to the implementation of reforms through quarterly internal reporting.
- Implementation of the draft law: the draft law on Azerbaijan Railways has been presented to the government for implementation.
- Cooperation with Georgian railways: cooperation and coordination with Georgian Railways are being deepened in various areas, including marketing and operations.
- Creation of the "Azerbaijan Transport and Communication Holding (AZCON)": a public legal entity has been established, and the list of state-owned enterprises, as well as public joint-stock companies and public legal entities under its management, includes Azerbaijan Railways JSC [8].

These advancements are aimed at increasing the efficiency of Azerbaijan's railway system and strengthening regional transportation links.

In recent years, the most notable development in railway transport has been the sharp increase in the number of fast container trains running from China to Europe and Central Asia. This has led to a growing focus on railway transportation in several member countries of large organizations [7].

Azerbaijan, Georgia, and Kazakhstan are interested in increasing cargo transportation along the China-Europe route using railway transport to promote the use of the Trans-Caspian International Transport Route. This route holds strategic importance as it also serves the transportation needs of Turkey, as well as countries along the Black Sea and Mediterranean coast.

The Trans-Caspian International Transport Route begins in Southeast Asia, starting from China, passes through Kazakhstan, and crosses the Caspian Sea. From there, the route continues through Azerbaijan and Georgia before heading toward Turkey and Southern Europe. This route is a key tool for strengthening the region's economy and boosting international trade.

Azerbaijan's favorable strategic location can provide another route connecting the People's Republic of China (PRC), Turkey, Black Sea coastal countries, and Southern Europe. This route is the Zangezur Corridor, one of the key international transportation projects Azerbaijan is both initiating and participating in. With significant potential, this transportation corridor promises substantial advantages. The Zangezur Corridor is strategically important not only for the Caucasus but also for the broader region.

One of the key factors considered in the monitoring process of transportation corridors is the terrain, which provides favorable conditions for transportation along this route. This indicates that the Zangezur Corridor will transform Azerbaijan, with its considerable economic potential and natural resources, into one of the region's major transportation hubs.

Conclusion. The analysis of all available data shows that the construction and commissioning of the Zangezur International Transport Corridor, which has recently become one of the most relevant topics, will further enhance Azerbaijan's transit potential and promote the expansion and development of its international relations with other countries.

The construction of the Zangezur Corridor, which is the safest and shortest transit route, will ensure the diversification of transport connections between China, Central Asian countries, and Europe. This will create new opportunities for all countries in the region and facilitate trade flows. The Zangezur Corridor will strengthen regional cooperation, positively impacting economic integration and development processes.

References

- [1] Najafov E.M., Mustafayeva A.Z. BEYNELKHALG NEGLİYYAT DEHLİZLERİNİN İNKİSHAF TENDENSİYASI // - Bakı: Milli Aviasiya Akademiyasının Elmi Mejmuesi, 2024. Jild 26, №2, - s. 9-19.
- [2] Isaienko, V.M. International Transport Corridors Functioning Efficiency in the Digital Economy Conditions / V.M. Isaienko, D.O. Bugayko, M.Y. Grygorak [et al.] // Journal of Logistics and Transport, - National Aviation University Kyiv, Ukraine: - 2019. №2, p. 47-55.
- [3] Mustafayeva A.Z., Najafov E.M. Beynəlxalq neqliyyat dehlizlərinin formalashmasının nezeri aspektləri // “Fevral meruzeleri 2024: Aviakosmik meselelerin hellində genclerin yaradiji potensiali” IX Beynəlxalq elmi-praktiki genjler konfransi, - Bakı: Milli Aviasiya Akademiyasi - 8-10 fevral, - 2024, - s. 276-279.
- [4] Trade and Transport Corridor Management Toolkit: [Electronic resource] / C. Kunaka, R. Carruthers.; International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank – Washington DC, April 17, 2014. URL: [https:// www.worldbank.org](https://www.worldbank.org)

- [5] Asian Development Bank: Carec Corridor Performance Measurement And Monitoring Annual Report 2019: [Electronic resource] / Philippines - 2019. URL: [https:// www.adb.org](https://www.adb.org)
- [6] Международные транспортные коридоры и логистические центры / Б. Керимов, Е. Наджафов, Индира Асильбекова [и др.] - Баку: Национальная Авиационная Академия, - 2024. – 176 с.
- [7] Оценка и мониторинг деятельности коридоров: [электронный ресурс] / Группа экспертов ОБСЕ - ЕЭК ООН: 6-я сессия По Евро-Азиатским транспортным путям сообщения. - Алматы, 5-7 июля 2011. URL: <https://www.ECE-TRANS-WP 5-GE2-06-Presentation 04.pdf>
- [8] "Azərbaycan Nəqliyyat və Kommunikasiya Holdinginin (AZCON)" yaradılması və bununla əlaqədar bəzi məsələlərin həll edilməsi haqqında AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI PREZİDENTİNİN FƏRMANI // URL: <https://e-qanun.az/framework/58237>

BEYNƏLXALQ NƏQLİYYAT DƏHLİZLƏRİNİN FƏALİYYƏTİNİN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ VƏ MONİTORİNGİN APARILMASI

Mustafayeva A.Z., Nəcəfov E.M.

Xülasə. Təqdim olunmuş məqalədə Beynəlxalq ticarət və nəqliyyat dəhlizləri (BTND) haqqında məlumat verilmiş, dəhlizlərin qiymətləndirilməsi və monitorinqinin aparılması qaydaları və əhəmiyyəti vurğulanmışdır. Ümumilikdə dəhlizlər, keçdiyi region və ölkələrə ticarət və nəqliyyat xərclərini azaldan yüksək tutumlu nəqliyyat sistemləri və xidmətləri təqdim edir. BTND iqtisadi fəaliyyətin mərkəzi sayılır və ölkələrə beynəlxalq bazarlara effektiv quru yolları açır. Qloballaşmanın getdikcə artdığı bu dövrdə beynəlxalq nəqliyyat dəhlizləri iqtisadi, siyasi, hərbi, mədəni və demoqrafik baxımdan önəmli funksiyalar icra edir. Məhz bu səbəbdən, nəqliyyat dəhlizlərinin fəaliyyətinin yoxlanılması, bu marşrutların hərəkətinə təsir göstərən elementlərin müəyyənəşdirilməsi və təkmilləşdirmə işlərinin həyata keçirilməsi baxımından önəmli sayılır. Bütün bunlar, dəhlizin nəzərdə tutulmuş məqsədlərə uyğun olub-olmadığını dəqiqləşdirməyə kömək edir.

Açar sözlər: monitorinq, dəhliz, nəqliyyat, metodologiya, ticarət, qiymətləndirmə.



AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ LOGİSTİK MƏRKƏZLƏRİNDƏ GÖSTƏRİLƏN XİDMƏTLƏR

Rüstəmov E.X., Kərimov B.Ə.

erustamov.60179@naa.edu.az

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Azərbaycan Respublikasında logistik mərkəzlər müasir nəqliyyat dəhlizlərinin inkişafında mühüm rol oynayır. Bu mərkəzlər geniş çeşidli xidmətlər təklif edir. Əsas xidmətlərə malların saxlanması və anbarlama, nəqliyyat vasitələrinin yüklənməsi və boşaldılması, yük daşımalarının planlaşdırılması və izlənməsi, gömrük rəsmiləşdirilməsi, paketləmə və etiketləmə daxildir.

Logistik mərkəzlər həmçinin məhsulların düzgün yerləşdirilməsini təmin edən təchizat zəncirinin idarə edilməsində əhəmiyyətli rol oynayır. Beynəlxalq nəqliyyat dəhlizlərində strateji mövqedə yerləşən bu mərkəzlər, tranzit yüklərin tez və səmərəli şəkildə emalını həyata keçirir. Onlar idxal və ixrac proseslərini asanlaşdırır, eyni zamanda regionda biznes və ticarətin inkişafına töhfə verir. Texnologiya əsaslı həllər vasitəsilə əməliyyat səmərəliliyi artırılır, xidmətlərin keyfiyyəti yüksəldilir və müştəri məmnuniyyəti təmin olunur.

Açar sözlər: logistik mərkəzlər, təchizat zənciri, nəqliyyat dəhlizləri, müştəri məmnuniyyəti, rəqəmsallaşma, infrastruktur inkişafı, regional əməkdaşlıq.

Giriş. Azərbaycan Respublikası geostrateji mövqeyi və tranzit potensialı ilə regionun mühüm nəqliyyat və logistika mərkəzlərindən birinə çevrilməkdədir. Xəzər dənizi hövzəsində yerləşməsi, Şərq-Qərb və Şimal-Cənub nəqliyyat dəhlizlərində iştirak etməsi, ölkənin beynəlxalq ticarət və tranzit yükdaşımalarda əhəmiyyətini artırır [1]. Bu tədqiqat mövzusu – logistik mərkəzlərdə göstərilən xidmətlərin öyrənilməsi – Azərbaycan iqtisadiyyatında logistika sektorunun inkişaf potensialını araşdırmaq və bu xidmətlərin müasir standartlara uyğun inkişaf etdirilməsinə töhfə vermək məqsədi daşıyır [2].

Bu mövzunun seçilməsi bir neçə əsas amillə bağlıdır. İlk növbədə, ölkədə fəaliyyət göstərən logistik mərkəzlərin xidmət keyfiyyəti və müxtəlifliyi beynəlxalq rəqabət qabiliyyətinin artırılması baxımından önəmlidir [1]. Digər tərəfdən, bu sahədə mövcud problemlərin və perspektivlərin elmi əsaslarla araşdırılması, dövlət və özəl sektorun gələcək inkişaf strategiyalarının təyin edilməsinə imkan yaradır [2].

Tədqiqatlar göstərir ki, Azərbaycanda logistik mərkəzlərin fəaliyyətinə dair mövcud tədqiqatlar hələ də məhdud olmaqla yanaşı, bu sahənin inkişafı üçün geniş potensial mövcuddur. Mövcud tədqiqatlar əsasən nəqliyyat dəhlizlərinin texniki və iqtisadi tərəflərinə fokuslanmışdır [1]. Bununla yanaşı, logistik mərkəzlərin təchizat zəncirindəki rolu, xidmət spektrinin genişləndirilməsi və rəqəmsallaşma imkanlarının öyrənilməsi üçün geniş potensial mövcuddur. Bu boşluğu doldurmaq məqsədilə bu tədqiqat logistik mərkəzlərin göstərdiyi xidmətlərin geniş spektrini və onların ölkə iqtisadiyyatına təsirini təhlil etməyi hədəfləyir.

Əsas diqqət yönəldilən istiqamətlər bunlardır: logistik mərkəzlərdə göstərilən xidmətlərin optimallaşdırılması və müştəri məmnuniyyətinin artırılması üçün yeni metodların və texnologiyaların tətbiqi [3]; logistik xidmətlərin müştəri tələblərinə nə dərəcədə uyğun olduğunu və bunun ölkə iqtisadiyyatına təsirini öyrənmək [4]; logistik mərkəzlərin təchizat zəncirinin müxtəlif mərhələlərindəki funksional rolunun və əlaqələrinin təhlili [5]; müasir texnologiyaların, məsələn, avtomatlaşdırılmış anbar idarəetmə sistemləri və məlumat izləmə texnologiyalarının tətbiqi ilə logistik xidmətlərin səmərəliliyinin artırılması [6]; və logistik mərkəzlərin inkişafı və regiondakı ticarət əlaqələrinə təsiri, bunun iqtisadi

inkişaf, yeni iş imkanlarının yaranması və ölkənin beynəlxalq ticarət əlaqələrinin genişlənməsi ilə bağlı olması [7].

Tədqiqatın aparılmasında istifadə olunan üsul, alət və metodlar müxtəlif mənbələrdən alınmış məlumatlara əsaslanır. Məsələn, tədqiqatın əsas üsulunu keyfiyyət və kəmiyyət metodlarının birləşdirilməsi təşkil edir ki, bu metodlar müştəri məmnuniyyəti və xidmət keyfiyyətini təhlil etmək üçün geniş şəkildə istifadə edilir [3]. Kəmiyyət üsullarından istifadə edilərək logistik əməliyyatların performansını ölçülür və müştəri məmnuniyyəti anketlər vasitəsilə qiymətləndirilir [4].

Alətlər və metodlar arasında SPSS proqramı əhəmiyyətli yer tutur, çünki bu proqram vasitəsilə toplanan məlumatlar təhlil edilir, xüsusilə müştəri məmnuniyyəti və xidmət keyfiyyəti ilə bağlı anket nəticələri qiymətləndirilir [5]. Həmçinin, SWOT analizi və PEST analizi kimi strateji idarəetmə metodları da istifadə olunur, bu metodlar logistik mərkəzlərin bazar şəraitini və güclü zəif tərəflərini təhlil etməyə kömək edir [6].

Məlumatların toplanması prosesində əsasən anketlər və müsahibələr istifadə olunur, burada müştərilərdən, əməliyyat rəhbərlərindən və digər maraqlı tərəflərdən məlumatlar toplanır [7]. Həmçinin, sahə müşahidəsi və iş prosesi təhlili kimi metodlar da geniş şəkildə tətbiq edilir.

Toplanmış məlumatlar SPSS proqramı vasitəsilə emal edilir və müxtəlif statistik analizlər, o cümlədən deskriptiv statistikalar, korrelyasiya analizi və reqressiya analizi tətbiq edilərək təhlil olunur [3].

Son olaraq, tədqiqatın nəticələri qiymətləndirmə göstəriciləri və təkliflər şəklində təqdim olunur, bu nəticələr logistik mərkəzlərin xidmətlərinin inkişafı və optimallaşdırılması üçün strateji təkliflər yaratmağa kömək edir [4].

Cədvəl 1. SWOT , PEST analizi və SPSS proqramının xüsusiyyətlərinin müqayisəsi

Xüsusiyyətlər	SWOT analizi	PEST analizi	SPSS proqramı
Tətbiq sahəsi	Daxili və xarici faktorların qiymətləndirilməsi üçün strateji planlama aləti.	Xarici makro-mühit amillərini analiz etmək üçün istifadə olunur.	Statistik məlumatların emalı və təhlili üçün bir proqram təminatı.
Fokus nöqtəsi	Güclü tərəflər, zəif tərəflər, imkanlar və təhdidlər.	Siyasi, iqtisadi, sosial və texnoloji amillər.	Məlumatların statistik təhlili (deskriptiv statistika, korrelyasiya, reqressiya və s.).
Məqsəd	Şirkətin mövcud vəziyyətini və inkişaf istiqamətlərini müəyyənləşdirmək.	Xarici mühit amillərinin müəssisəyə təsirini anlamaq.	Məlumatların elmi və işgüzar qərarvermə məqsədləri üçün təhlil edilməsi.
Əsas üstünlük	Sadə və tez başa düşülə bilən struktur, qərar qəbul etməyi asanlaşdırır.	Xarici mühitdəki riskləri və fərsətləri erkən aşkar etməyə kömək edir.	Böyük həcmli məlumatlarla iş imkanı və statistik təhlilin müxtəlif üsullarını dəstəkləməsi.
Əsas çatışmazlıq	Çox subyektiv ola bilər və kəmiyyət məlumatları təmin etmir.	Daxili mühitin qiymətləndirilməsini əhatə etmir.	Təhlilin nəticələri istifadəçinin bacarığından asılıdır və daha mürəkkəb analizlər üçün təlim tələb edir.

Bu cədvəl SWOT və PEST analizləri ilə SPSS proqramının əsas xüsusiyyətlərini müqayisə etməyə imkan verir. Hər biri fərqli məqsədlər üçün istifadə olunsada, birlikdə tətbiq edildikdə daha geniş və dəqiq analizlər aparmaq mümkündür.

Nəticə. Azərbaycanın logistik mərkəzləri, ölkənin strateji mövqeyi və inkişaf edən nəqliyyat infrastrukturunun gücü sayəsində iqtisadiyyatda mühüm rol oynayır. Bu mərkəzlər yalnız məhsul və yük daşımaları ilə əlaqəli əməliyyatları deyil, həm də beynəlxalq ticarət və biznes əlaqələrini inkişaf etdirmək məqsədilə geniş xidmətlər təklif edir. Logistik xidmətlərin təkmilləşdirilməsi və müasir texnologiyaların

tətbiqi, bu mərkəzlərin səmərəliliyini artırır, müştəri məmnuniyyətini yüksəldir və Azərbaycanı beynəlxalq logistika bazarında rəqabət qabiliyyətli edir.

Logistik mərkəzlərin təchizat zəncirindəki rolu və xidmət spektrinin genişləndirilməsi ilə bağlı perspektivlər, Azərbaycanın regionda iqtisadiyyatın inkişafını və iş imkanlarının artmasını dəstəkləyir. Bu sahənin inkişafı üçün strateji idarəetmə metodları, məsələn, SWOT və PEST analizi, Azərbaycanın nəqliyyat və logistika sektorunun qarşılaşdığı imkan və çətinlikləri dərk etməyə kömək edir. Həmçinin, müştəri məmnuniyyətinin artırılması və xidmət keyfiyyətinin optimallaşdırılması üçün yeni texnologiyaların tətbiqi önəmlidir.

Bütün bunları nəzərə alaraq təklif edirik ki:

1. Logistika və nəqliyyat mərkəzləri rəqəmsallaşdırılsın;
2. Logistik mərkəzlərin inkişafı istiqamətində xarici investisiyalar cəlb edilsin;
3. Transizit yükdaşımalarının təkmilləşdirilməsi və gömrük prosesləri sadələşdirilsin.

Ümumilikdə, logistik mərkəzlərin inkişafı, yalnız nəqliyyat və ticarət sahəsində deyil, həm də ölkə iqtisadiyyatının ümumi inkişafı baxımından mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Bu sektorda aparılan araşdırmalar, xidmətlərin keyfiyyətinin artırılması və gələcək inkişaf istiqamətlərinin müəyyənəşdirilməsi logistic mərkəzlərin inkişafı üçün əsasdır.

Ədəbiyyat

- [1] Əliyev V. "Azərbaycan nəqliyyat dəhlizlərinin inkişafı və logistik potensialı." Bakı, 2020.
- [2] Azərbaycan Respublikası İqtisadiyyat Nazirliyi: www.economy.gov.az
- [3] İmanzadə R. Z. (2019). Azərbaycanda logistika sektoru və logistik mərkəzlər. Bakı Dövlət Universiteti. (unec.edu.az).
- [4] Məhərrəmov S. M. (2021). Logistika təminatı sahəsində beynəlxalq təcrübənin Azərbaycanda tətbiqi imkanları. AUDİT JURNALI, 4(30), 121-131. (audit-journal.az).
- [5] Əkbərov E. H. (2020). Azərbaycanın regional əhəmiyyətli logistik mərkəzə çevrilməsi yolları. ResearchGate. (researchgate.net).
- [6] Bakı Mühəndislik Universiteti. (2017). Logistika: nəzəriyyə və praktika. Bakı Mühəndislik Universiteti. (beu.edu.az).
- [7] Azərbaycan Respublikası Kənd Təsərrüfatı Nazirliyi (2018). Azərbaycan iqtisadiyyatında dəniz nəqliyyatı. Azərbaycan Respublikası Kənd Təsərrüfatı Nazirliyi. (aak.gov.az).

SERVICES PROVIDED IN THE LOGISTIC CENTERS OF THE REPUBLIC OF AZERBAIJAN

Rustamov E.X., Karimov B.A.

Abstract. Logistics centers in the Republic of Azerbaijan play a crucial role in the development of modern transport corridors. These centers offer a wide range of services. Key services include warehousing and storage of goods, loading and unloading of transport vehicles, planning and monitoring of cargo transportation, customs clearance, packaging, and labeling.

Logistics centers also play a significant role in supply chain management, ensuring the proper placement of products. Strategically located in the international transport corridors, these centers facilitate the quick and efficient processing of transit cargo. They simplify import and export processes while contributing to the development of business and trade in the region. Through technology-driven solutions, operational efficiency is increased, service quality is enhanced, and customer satisfaction is ensured.

Keywords: logistic centers, supply chain, transport corridors, customer satisfaction, digitalization, infrastructure development, regional cooperation.



AVİADAŞIMALARDA “SCHEDULE CHANGE MANAGEMENT” PROQRAMININ TƏTBİQİ

Şahbazova S.A., Əliyev S.İ.

sevda.shahbazova@azal.az

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Məqalədə sərnəşin aviadaşımalarının yerinə yetirilməsi zamanı qeydiyyat və minik əməliyyatları üçün hazırlanan və tətbiq olunan innovativ “Schedule Change Management” proqramının iş prinsipləri haqqında məlumat verilmiş, onun bazasında mövcud olan informasiya sistemi haqqında təhlil aparılmışdır.

Açar sözlər: Schedule Change Management (SCM), Amadeus, aviadaşımalar, cədvəl dəyişiklikləri, uçuş cədvəli, aviasiya texnologiyaları.

Giriş. Amadeus, yalnız aviaşirkətlər üçün deyil, həm də səyahət sənayesinin digər segmentlərində fəaliyyət göstərən bütün maraqlı tərəflər üçün müxtəlif həllər təklif edir. Bu proqramlar və platformalar, əməliyyatların optimallaşdırılması, müştəri xidmətlərinin yaxşılaşdırılması və gəlir artımının təmin olunmasına kömək edir. Amadeusun geniş məhsul portfeli səyahət sənayesindəki bütün iştirakçılara səmərəli və qabaqcıl həllər təqdim edir. Məqalədə Amadeusun cədvəl dəyişikliyi idarəetməsi (*Schedule Change Management-SCM*) proqramının aviaşirkətlərə təqdim etdiyi əsas üstünlüklər və fəaliyyət prinsipləri araşdırılmışdır [1,10].

Amadeus SCM, aviaşirkətlərin uçuş cədvəlindəki dəyişikliklərin idarə edilməsini asanlaşdıran bir proqramdır. Bu proqram, cədvəl dəyişikliklərini sərnəşinlərə vaxtında bildirərək, məlumatların düzgün və effektiv şəkildə çatdırılmasını təmin edir. Cədvəl dəyişiklikləri ilə əlaqədar yaranan anlaşılmazlıqlar və narahatlıqları minimuma endirərək, həm əməliyyat səmərəliliyini artırır, həm də müştəri məmnuniyyətini yüksəldir [14].



Şəkil 1. Uçuş cədvəlindəki dəyişikliklər ilə bağlı verilən informasiyanın idarə edilməsinin üstünlükləri.

Yuxarıda şəkil 1-də uçuş cədvəlindəki dəyişikliklər ilə bağlı verilən informasiyanın idarə edilməsinin üstünlükləri göstərilmişdir. Bu üstünlükləri ətraflı şəkildə nəzərdən keçirək.

1. *Sərnəşinlər ilə əlaqənin yaxşılaşdırılması.* Müştəri əlaqələrinin gücləndirilməsi hər bir aviaşirkət üçün mühüm əhəmiyyət kəsb edir. SCM proqramı vasitəsilə aviaşirkətlər, sərnəşinlərə və turizm

agentliklərinə cədvəl dəyişiklikləri barədə dərhal məlumat verirlər. Bu məlumatlar bir neçə kanal vasitəsilə (e-poçt, SMS, qlobal paylama sistemi (GDS) kimi) göndərilir, sənişinlər isə vaxtında və düzgün məlumat əldə edirlər. Dəyişikliklər barədə aydın bildirişlər təqdim edərək, sənişinlərin əlavə məlumat axtarmasına ehtiyac olmur. Bildirişlər, yenilənmiş uçuş məlumatlarını, alternativ seçimləri və yenidən rezervasiya, geri ödəmə təlimatlarını əhatə edir. Bu, sənişinlərin rahatlığına və etibarına müsbət təsir edir.

2. *Əməliyyat effektivliyinin yüksəldilməsi.* SCM proqramı, cədvəl dəyişikliklərinin idarə edilməsi prosesini avtomatlaşdırır. Bu, aviaşirkətlərə insan səhvlərini minimuma endirərək, daha sürətli və düzgün məlumatların sənişinlərə çatdırılmasını təmin edir. Eyni zamanda, sistemin digər aviaşirkət sistemləri ilə integrasiyası, məlumatların real vaxtda hər bir əlaqəli tərəfə çatdırılmasını təmin edir. Bu, əməliyyatları optimallaşdıraraq, daha az resursla daha çox iş görməyə imkan yaradır [12].

3. *Sənişin məmnuniyyətinin artırılması.* Cədvəl dəyişiklikləri sənişinlər üçün narahatlıq yarada bilər, lakin SCM proqramı vasitəsilə aviaşirkətlər sənişinlərə bu dəyişikliklər barədə vaxtında və effektiv məlumat verir. Bu cür vaxtında məlumatlandırma, sənişinlərə daha yaxşı xidmət təcrübəsi təqdim edir və müştəri məmnuniyyətini artırır. Daha çevik, yenidən rezervasiya və geri ödəmə prosesləri təqdim edərək, sənişinlərə öz planlarına nəzarət etmək imkanı yaradır. Bu da sənişinlərin aviaşirkətə qarşı olan etibarını artırır və onlara daha rahat bir təcrübə təqdim edir [15].

4. *Gəlirlərin idarə edilməsi.* Cədvəl dəyişiklikləri aviaşirkətlər üçün gəlir itkisinə səbəb ola bilər, amma SCM proqramı bu itkini minimuma endirir. Aviaşirkətlər, yenidən rezervasiya təklif edərək, uçuşda iştirak etməyən sənişinlərin sayı və son dəqiqə uçuşdan imtina saylarını azaldaraq, sənişin tutumunu qoruyurlar. Bundan əlavə SCM, sənişinləri daha az tələbat olan uçuşlara və ya alternativ marşrutlara yönləndirməyə kömək edir. Bu, ümumi uçuş rentabelliyyəinə müsbət təsir edir və daha yüksək gəlir əldə etməyə imkan yaradır [8, 17].

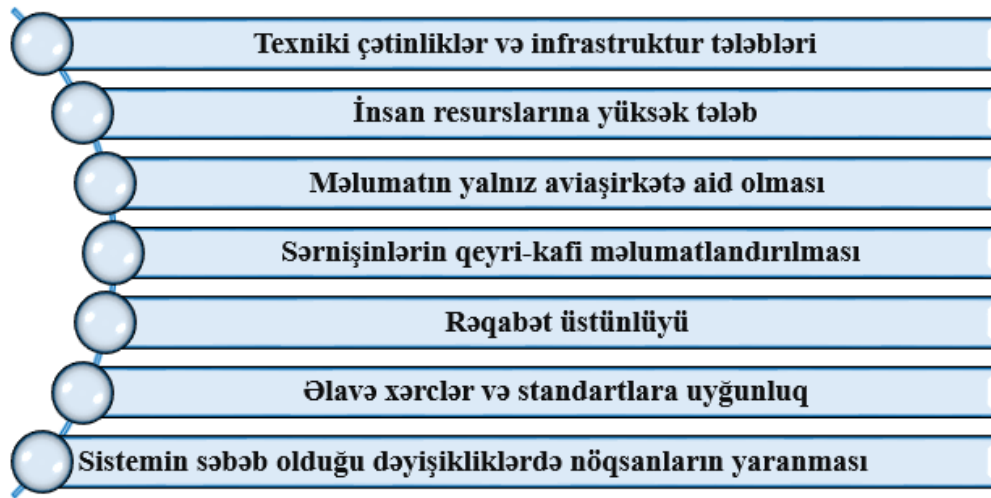
5. *Standart tələblərə uyğunluq.* Aviaşirkətlər müəyyən standart tələblərə riayət etməlidirlər ki, bunlardan da biri cədvəl dəyişiklikləri barədə sənişinləri müəyyən bir müddət ərzində məlumatlandırmaqdır. SCM, bu tələblərə əməl etməyə yardım edir, aviaşirkətlər cərimələrdən “xilas” olma imkanı malik olurlar və nəticədə istehlakçı qarşısındakı öhdəliklərini yerinə yetirə bilirlər.

Eyni zamanda, Amadeus çatdırılan informasiyaların sənədləşdirilməsini təmin edir, bu da mübahisələr və yoxlamalar zamanı vacib amillərdən sayılır [16].

6. *Brendin idarə edilməsi.* Amadeus vasitəsilə cədvəl dəyişikliklərini peşəkar şəkildə və səmərəli idarə edən aviaşirkətlər öz reputasiyalarını (imiclərini) artırır. Sənişinlər aviaşirkətləri etibarlı bir daşıyıcı kimi qəbul edir və bu da brendin yüksəlməsini təmin edir. Proaktiv və aydın ünsiyyət isə şikayətlərin və neqativ rəylərin sayını azaldır, aviaşirkətin ictimaiyyət arasında yüksək nüfuza malik olmasına münbit zəmin yaradır.

7. *Xərclərə nəzarət.* SCM cədvəl dəyişiklikləri bildirişlərinin avtomatlaşdırılmasını təmin edir, bu da aviaşirkətlərin manual informasiya göndərməsinə və telefon zənglərinə çəkilən xərcləri azaldır. Həmçinin, sistem resursların daha yaxşı paylanmasına kömək edir, kompensasiya tələbləri və yenidən rezervasiya xərclərinin qarşısını alınır [18].

8. *Rəqabət üstünlüyü.* SCM, cədvəl dəyişikliklərini asanlaşdırır və bir növ “müştəri dostu” formasında idarə etməyə imkan verir, bu da aviaşirkətlərin rəqiblərindən müsbət cəhətlə fərqlənməsinə səbəb olur. Rəqabətin kəskin olduğu bazarda sənişinlərə daha yaxşı xidmət təqdim etməyə, müştəri loyallığını artırmağa və uzunmüddətli müştəri əlaqələri qurulmasına imkan yaradır [14].



Şəkil 2. Uçuş cədvəlindəki dəyişikliklər ilə bağlı verilən informasiyanın idarə edilməsindəki mənfi cəhətlər

Yuxarıdakı şəkil 2-də uçuş cədvəlindəki dəyişikliklər ilə bağlı verilən informasiyanın idarə edilməsindəki mənfi cəhətlər göstərilmişdir.

SCM proqramı aviaşirkətlərə cədvəl dəyişikliklərini effektiv şəkildə idarə etməklə yanaşı, bəzi mənfi cəhətlərə də malikdir. Bu cəhətlər, proqramın tətbiqi və istifadəsi ilə bağlı bəzi çətinlikləri və potensial riskləri əhatə edir. Aşağıda bu mənfi cəhətlər qeyd olunmuşdur:

1. *Texniki çətinliklər və infrastruktur tələbləri.* SCM proqramı kompleks və güclü bir sistemə əsaslanır. Bu, aviaşirkətlərin mövcud texniki infrastrukturuna inteqrasiyası zamanı çətinliklər yarada bilər. Sistemin düzgün işləməsi üçün müasir texnologiya və müvafiq avadanlıqlar tələb olunur. Bu isə kiçik və orta daşıma həcmində malik olan aviaşirkətlər üçün əlavə xərclərin və vaxt itkisinin yaranmasına səbəb olur.

2. *İnsan resurslarına olan yüksək tələb.* Proqramın effektiv istifadəsi üçün aviaşirkətlərin bu sahə üzrə təlim keçmiş personalı olmalıdır. Bu, əlavə əmək resursları və təlim proqramları tələb edə bilər. Aviaşirkət personalı proqramdan düzgün istifadə etmədikdə informasiyanın yanlış şəkildə ötürülməsi və potensial səhvlər ortaya çıxa bilər ki, bu da öz növbəsində müştəri məmnuniyyətinə mənfi təsir göstərə bilər.

3. *Məlumatın yalnız aviaşirkətə aid olması.* SCM, cədvəl dəyişikliklərini idarə edərkən yalnız aviaşirkətin daxilindəki sistemlərlə işləyir. Lakin, sərnişinlər, turizm agentlikləri və digər tərəfdaş subyektlər bu məlumatları fərqli sistemlər vasitəsilə əldə edirlər. Bu fərqli sistemlər arasında uyğunluq problemi yarana bilər, nəticədə məlumatların gecikməsi və ya düzgün olmaması ehtimalı yarana bilər [18].

4. *Sərnişinlərin tam şəkildə məlumatlandırılmaması.* Proqram vasitəsilə bildirişlər göndərilərsə də, bəzi sərnişinlər texnologiyaya dair bilik və ya uyğun cihazlara sahib olmaya bilər. Nəticədə, bildirişlər onlara çatmaya bilər və ya düzgün anlaşılmaya bilər. Bu, xüsusilə yaşlı və ya texnologiya ilə əlaqəsi az olan sərnişinlər üçün problem yarada bilər [3].

5. *Əlavə xərclər və standartlara uyğunluq.* Amadeus proqramı və cədvəl dəyişikliklərinin idarə edilməsi müəyyən əməliyyat xərcləri tələb edə bilər. Sistemin tətbiqi və gündəlik istifadəsi üçün aviaşirkətlər əlavə texniki dəstək və xidmətlərə ehtiyac duyurlar. Eyni zamanda, müvafiq qanunvericilik və təlimatlara uyğunluğun təmin edilməsi, hüquqi məsələlərə əlavə vaxt və maliyyə sərfiyyatına ehtiyac yarana bilər.

6. *Sistemin səbəb olduğu dəyişikliklərdə nöqsanların yaranması.* Hər hansı bir avtomatlaşdırılmış sistemin fəaliyyəti zamanı baş verən xəta və ya nasazlıqlar bütün prosesə təsir edir və bu da sərnişinlərə

yanlış məlumatların verilməsi ilə nəticələnə bilər. Əgər dəyişikliklər yanlış şəkildə qeyd edilsə və ya məlumatlar vaxtında göndərilməsə, bu vəziyyət müştəri məmnuniyyətinə ciddi şəkildə mənfi təsir göstərəcək [17].

Nəticə. SCM vasitəsilə uçuş cədvəlindəki dəyişikliklər ilə bağlı verilən informasiyanı idarə etmək aviaşirkətlərə müştəri əlaqələrini yaxşılaşdırmaq və məmnuniyyətini artırmaq, əməliyyat səmərəliliyini optimallaşdırmaq, gəlirlərin effektiv idarə edilməsini təmin etmək, standart tələblərə riayət etmək və daha yaxşı qərarların qəbul edilməsi üçün vacib məlumatları əldə etmək imkanı yaradır. Sistemdən istifadə zamanı sərnişinlərə 3 (AZAL timsalında Azərbaycan, İngilis və Rus dillərində) dildə müxtəlif kanallar vasitəsi ilə (e-poçt, SMS, WhatsApp və s.) məlumat verilir. Problem yaranan halda həmin PNR-lar QT (Queue Type) növbəsinə düşür ki, səlahiyyətli əməkdaşlar müvafiq PNR-ı görərək problemin aradan qaldırılması yollarını araşdırır. Bu cür müasir həllər aviaşirkətlərə əməliyyat prosedurlarını daha səmərəli şəkildə yerinə yetirmək və sərnişinlərə yüksək keyfiyyətli xidmət göstərmək imkanı yaradır. SCM proqramı aviaşirkətlərə cədvəl dəyişikliklərini effektiv şəkildə idarə etməyə kömək etməklə yanaşı, bəzi mənfi cəhət və çətinliklərə də malikdir. Bu çətinliklərə texniki problemlər, insan resurslarına olan yüksək tələblər, məlumatın düzgün və vaxtında çatdırılmaması və əlavə xərclər aiddir. Bundan əlavə bazardakı rəqiblərdən gələn təzyiqləri də nəzərə almaq lazımdır. Aviaşirkətlər qeyd edilənləri nəzərə almalı, sistemin istifadəsini daha da optimal şəkildə tətbiq etmək üçün mövcud resurslardan səmərəli istifadə etməlidirlər.

Ədəbiyyat

- [1] Əliyev S.İ., Kərimov C.Ə. Hava limanlarının idarə olunması. Bakı 2018.
- [2] Əliyev S.İ., Ələkbərova G.C. Hava limanında perron xidmətləri Bakı 2022. “Beynəlxalq sərnişin hava daşımalarda yerüstü xidmətin logistik təşkili” mövzusunda magistr dissertasiyası. Şahbazova Sevdə BAKI 2024.
- [3] “Aviadaşımalarda “Timatic Autocheck” proqramının tətbiqi” / “Fevral məruzələri 2023: Aviakosmik məsələlərin həllində gənclərin yaradıcı potensialı” VIII Beynəlxalq elmi-praktiki gənclər konfransı. 1-3 fevral 2023, Bakı, Milli Aviasiya Akademiyası, səh 200-201.
- [4] “Sərnışin aviadaşımalarda tətbiq edilən müasir texnologiyalar” / Heydər Əliyevin anadan olmasının 100-ci ildönümünə həsr olunmuş “Azərbaycanda nəqliyyatın aktual problemləri” mövzusunda XXIV elmi-texniki tələbə konfransıkonfransının materialları. Bakı 04-05 May 2023-cü il, Milli Aviasiya Akademiyası, səh 135-136.
- [5] “Hava nəqliyyatında sərnışinlərin üzləşdiyi problemlər” / “Fevral məruzələri 2024: Aviakosmik məsələlərin həllində gənclərin yaradıcı potensialı” 9-cu Beynəlxalq elmi-praktik gənclər konfransı. 8-10 fevral 2023, Bakı, Milli Aviasiya Akademiyası, səh 290-292. “Hava nəqliyyatı ilə daxili sərnışin daşımalarda səmərəliliyin artırılması”
- [6] Heydər Əliyevin anadan olmasının 101-ci ildönümünə həsr olunmuş “Azərbaycanda nəqliyyatın aktual problemləri” mövzusunda XXV elmi-texniki tələbə konfransıkonfransının materialları. Bakı 07-08 May 2024-cü il, Milli Aviasiya Akademiyası, səh 124-126.
- [7] “Sərnışin daşımalarda yerüstü xidmətin səmərəliliyinin logistik model əsasında artırılması” / Heydər Əliyevin anadan olmasının 101-ci ildönümünə həsr olunmuş “Azərbaycanda nəqliyyatın aktual problemləri” mövzusunda XXV elmi-texniki tələbə konfransıkonfransının materialları. Bakı 07-08 May 2024-cü il, Milli Aviasiya Akademiyası, səh 126-129.
- [8] VIII International Scientific and Practical Conference «Theoretical and practical perspectives of modern science», April 03-04, 2024, Stockholm. Sweden. 133 p.
- [9] VIII International Scientific Conference « Problems faced by passengers in air transport» Beijing. China 04-01.05.2024. Amadeus IT Group. (2023). *Schedule Change Management Solution Overview*.
- [10] European Commission. (2020). *Regulation (EC) No 261/2004 of the European Parliament and of the Council*. Official Journal of the European Union. Əldə olundu: <https://eur-lex.europa.eu>

- [11] IATA (2022). *Passenger Service Systems and Innovations in Air Transport*. International Air Transport Association.
- [12] Miller, T., & Smith, K. (2020). *The Role of Information Systems in Air Transportation: Benefits of Automation in Schedule Change Management*. *Journal of Air Transport Management*.
- [13] Zhang, J., & Lee, Y. (2021). *Optimizing Customer Service through Schedule Change Management in the Airline Industry*. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.03.013>
- [14] Andrews, M., & Daniels, R. (2022). *The Impact of Automation on Airline Operations: A Case Study of Amadeus SCM*. *Aviation Technology Review*.
- [15] Becerra, M. (2021). *Legal Implications of Schedule Changes in Air Travel: The Role of Digital Solutions in Compliance*.
- [16] Williams, S., & Jackson, L. (2019). *Maximizing Airline Revenue through Effective Schedule Change Management*. *Journal of Revenue and Pricing Management*.
- [17] Amadeus IT Group. (2020). *The Future of Air Travel: Automation and Passenger Experience*. *Amadeus Insights Report*.
- [18] Smith, G., & Taylor, J. (2018). *Airline Revenue Management and the Role of Technology in Operational Efficiency*. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*.

IMPLEMENTATION OF THE “SCHEDULE CHANGE MANAGEMENT” PROGRAM IN AIR TRANSPORTATION

Shahbazova S.A., Aliyev S.I.

Abstract. The article provides information on the working principles of the innovative “Schedule Change Management” program, developed and applied for check-in and boarding operations during passenger air transportation, and analyzes the information system based on it.

Amadeus offers various solutions not only for airlines, but also for all stakeholders operating in other segments of the travel industry. These programs and platforms help optimize operations, improve customer service, and ensure revenue growth. Amadeus’s extensive product portfolio provides efficient and advanced solutions to all participants in the travel industry. In the article, we will examine the main advantages that Amadeus’ Schedule Change Management (SCM) program offers to airlines and how it works.

Keywords: Schedule Change Management (SCM), Amadeus, air transportation, schedule changes, flight schedule, aviation technologies.



YÜK TARİFLƏRİNİN HESABLANMASINDA "FREIGHTOS" PROQRAM TƏMİNATININ TƏTBİQİ

Həmidli R.S., Kərimov B.Ə., İsgəndərova S.İ.

rhamidli.60177@naa.edu.az

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Freightos proqram təminatı, beynəlxalq yük daşımalarda tariflərin hesablanması və müqayisə edilməsi prosesini asanlaşdıran və optimallaşdıran bir platformadır. Bu proqram, yükün növü, çəkisi, daşınma növü, marşrut və gömrük prosedurları kimi bir çox amili nəzərə alaraq, ən sərfəli qiymətləri təqdim edir. Freightos, istifadəçilərə müxtəlif daşıyıcıların qiymətlərini və xidmət şərtlərini müqayisə etməyə imkan verir, həmçinin real vaxtda yenilənən məlumatlarla daha doğru və şəffaf qərarlar qəbul etməyə kömək edir. Platforma, istifadəçilərə zaman və maliyyə qənaəti təmin edir, logistika əməliyyatlarını daha səmərəli və əlverişli hala gətirir. Bu, beynəlxalq ticarət və daşımaların idarə edilməsində müasir və effektiv bir yanaşmadır [1].

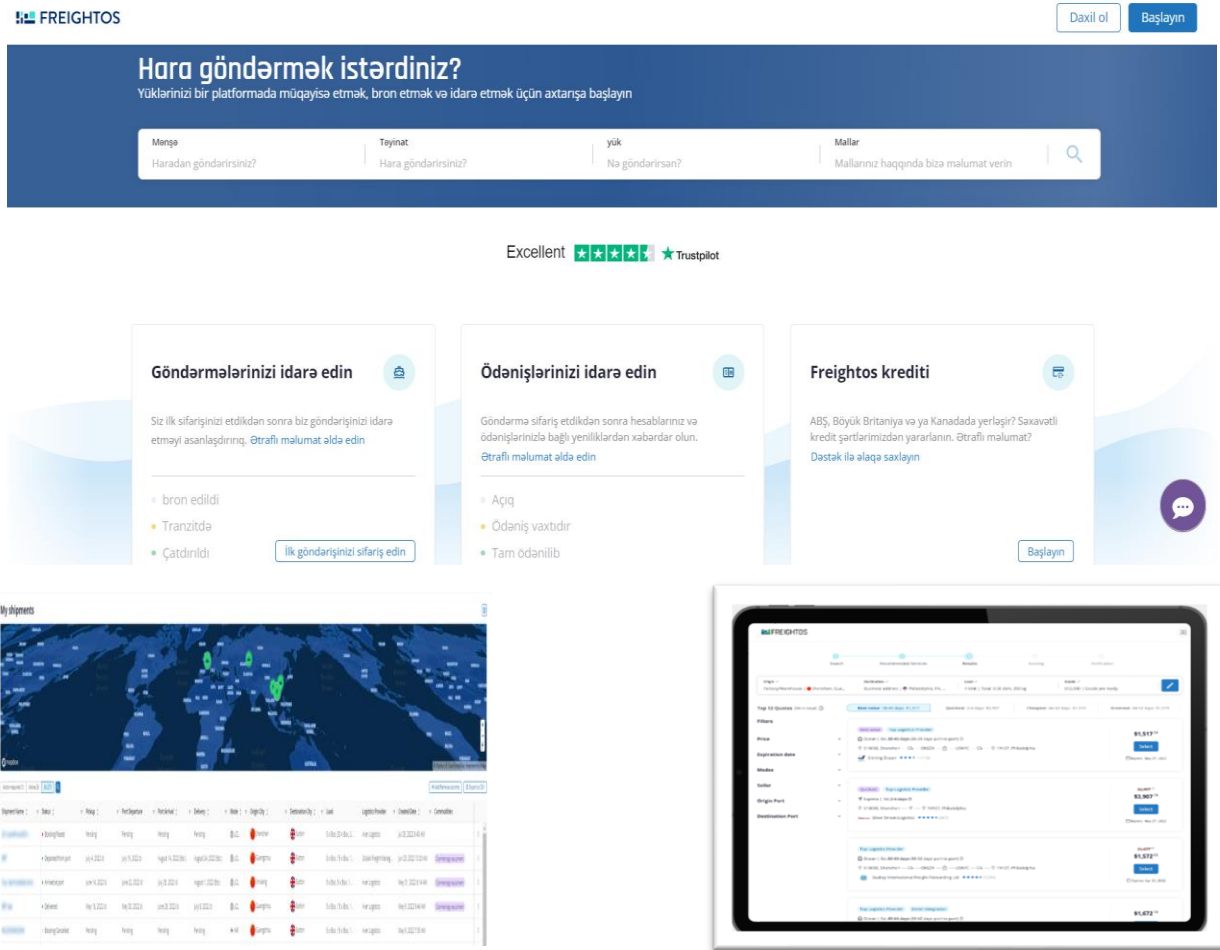
Açar sözlər: Freightos, yük tarifləri, beynəlxalq daşımalar, logistika proqram təminatı, daşınma növləri, sərfəli qiymətlər, gömrük prosedurları.

Giriş. Hal-hazırda beynəlxalq ticarət və logistika sahəsi sürətlə inkişaf edir və bu sahədə effektiv və sərfəli yük daşımalarını təmin etmək hər zaman əsas prioritet olmuşdur. Yük tariflərinin dəqiq və səmərəli hesablanması logistika menecerləri və şirkətlər üçün kritik əhəmiyyət daşıyır. Bu məqsədlə inkişaf etdirilən və geniş istifadə olunan proqram təminatlarından biri Freightos-dur. Freightos, beynəlxalq yük daşımaları üçün tariflərin avtomatik olaraq hesablanması və müqayisə edilməsi prosesini asanlaşdırır və bu sahədə fəaliyyət göstərən mütəxəssislərə daha effektiv qərarlar qəbul etməyə kömək edir [4].

Freightos, beynəlxalq daşımalar üçün bir növ "rəqəmsal yük bazarı" funksiyasını yerinə yetirən bir platformadır. Bu proqram təminatı, müxtəlif daşıyıcıların təqdim etdiyi qiymətləri, xidmətləri və şərtləri müqayisə etməyə imkan verir. Freightos, istifadəçilərə ən sərfəli tarifləri tapmağa kömək etməklə yanaşı, daşınma proseslərinin şəffaflığını artırır və zaman itkilərini azaldır.

Yük tarifləri, bir çox dəyişkəndən asılı olaraq dəyişə bilər. Freightos proqram təminatı, bu dəyişkənləri nəzərə alaraq, istifadəçilərə ən dəqiq qiymətləri təqdim edir. Yük tariflərinin hesablanması zamanı nəzərə alınan əsas amillər aşağıdakılardır [2]:

1. Yükün növü, ölçüsü və çəkisi, tariflərin hesablanması əsas amillərdən biridir. Məsələn, çox ağır və böyük ölçülü yüklərin daşınması daha yüksək xərclərlə nəticələnə bilər. Freightos, bu cür dəyişkənləri avtomatik olaraq nəzərə alır və uyğun qiymətləri təklif edir.
2. Daşımaların havadan, dənizlə, dəmir yoluyla və ya avtomobillə həyata keçirilməsi müxtəlif tariflərə səbəb ola bilər. Freightos, fərqli daşınma növləri üzrə tarifləri müqayisə etməyə imkan verir və istifadəçilərə ən sərfəli və uyğun variantı tapmağa kömək edir.
3. Freightos, müxtəlif daşıyıcıların təklif etdiyi qiymətləri, xidmət müddətlərini və şərtləri müqayisə etməyə imkan verir. Bu, istifadəçilərin öz ehtiyaclarına ən uyğun daşıyıcı ilə işləməsini təmin edir.
4. Təyinat yeri və daşınacaq marşrut, tarifləri müəyyən edən digər mühüm faktorlardır. Çünki bəzi marşrutlar daha təhlükəsiz və ya daha sürətli ola bilər, bu da qiymətə təsir edir. Freightos, bu məlumatları real vaxt rejimində təqdim edərək ən uyğun seçimləri təklif edir.
5. Gömrük rüsumları, vergi ödəmələri və digər ölkə daxili ödənişlər, beynəlxalq yük daşımaları zamanı əlavə xərclərə səbəb ola bilər. Freightos, bu xərcləri də nəzərə alaraq, istifadəçilərə nəqliyyatın tam qiymətini göstərir [3].



Şəkil 1. “Freightos” sisteminin işləmə mexanizmi

Freightosun üstünlükləri

1. Yük tariflərini müxtəlif daşıyıcılardan və nəqliyyat növlərindən müqayisə etmək çox vaxt aparan bir iş ola bilər. Freightos, bu prosesi avtomatlaşdırır və istifadəçilərə ən uyğun variantı bir neçə dəqiqə ərzində təqdim edir.
2. Freightos, istifadəçilərə müxtəlif daşıyıcıların təklif etdiyi xidmətlər, şərtlər və qiymətlər barədə ətraflı məlumat verir. Bu, daha şəffaf və məlumatlı qərarlar qəbul etməyə kömək edir.
3. Freightos, istifadəçilərə qiymətləri müqayisə edərək ən sərfəli təklifləri tapmağa imkan verir. Bu, bizneslərə daşımalar üzrə maliyyə xərclərini optimallaşdırmağa və səmərəliliyi artırmağa kömək edir.
4. Freightos, bazardakı qiymət dəyişikliklərini və xidmət müddətlərini real vaxt rejimində izləyərək, istifadəçilərə hər zaman ən aktual məlumatı təqdim edir.
5. Freightos, digər logistika və ticarət sistemləri ilə inteqrasiya edə bilən bir platformadır. Bu, istifadəçilərə müxtəlif əməliyyatları bir yerdə idarə etməyə və idarəetməni daha sadə hala gətirməyə imkan verir [5].

Cədvəl 1. "Freightos" proqram təminatının istifadəsinin statistikasını

Nö	Statistik kateqoriya	Təsvir	Qiymət/əlavə məlumat
1	Ümumi istifadəçi sayı	Proqramı istifadə edən ümumi aktiv istifadəçi sayı	100,000+ (aylıq)
2	İstifadəçi artımı (aylıq)	Aylıq yeni qeydiyyatdan keçən istifadəçi sayı	5,000+
3	Daşınma növləri üzrə istifadə	İstifadəçilərin hansı daşınma növlərini daha çox seçməsi	Hava yolu: 40%, Dəniz yolu: 30%, Quru yolu: 20%
4	Proqramın ən çox istifadə edildiyi regionlar	Regionlara görə istifadəçi bölgüsü	ABŞ: 25%, Çin: 20%, Avropa: 15%
5	Daşınma cədvəli uyğunluğu	Daşınma cədvəlini izləyən və vaxtında təhvil verən əməliyyatların sayı	95% əməliyyat vaxtında təhvil verilir
6	Mobil tətbiq istifadəsi	Mobil tətbiq vasitəsilə edilən əməliyyatların sayı	70% istifadəçilər mobil tətbiq istifadə edir

Nəticə. Freightos proqram təminatı, beynəlxalq yük daşımalarının idarə edilməsində mühüm bir alət halına gəlmişdir. Yük tariflərinin hesablanması və müqayisə edilməsi prosesi, bu proqramın avtomatlaşdırılmış alətləri ilə daha sürətli və effektiv şəkildə həyata keçirilir. Freightos-un təmin etdiyi şəffaflıq, müştəriyə uyğun həllər və zaman qənaəti, logistika sahəsindəki peşəkarlar və şirkətlər üçün böyük üstünlüklər yaradır. Bu platforma, beynəlxalq ticarət və daşımaların idarə olunmasında müasir və innovativ bir yanaşma təklif edir.

Ədəbiyyat

- [1] Freqos | Onlayn Yük Daşımaları Bazarı & Platform
- [2] Freightos: Qlobal Yük Rezervasyonu və İdarəetməsində inqilabi dəyişikliklər - Çindən 15 illik daşınma agentli
- [3] Logistika və Beynəlxalq Yükəxtərliyi – İlkələr və onların arasından olanlar » Qlobal Logistika Xidmətləri
- [4] Daşınma və logistika | AZPROMO
- [5] trainingxuatnhaphau.com/upload/news/transportation-a-global-supply-chain-perspective-9069.pdf

APPLICATION OF THE "FREIGHTOS" SOFTWARE IN FREIGHT RATE CALCULATION

Hamidli R.S., Karimov B.A., Isgandarova S.I.

Abstract. Freightos is a software platform that simplifies and optimizes the process of tariff calculation and comparison in international freight shipping. The platform takes into account various factors such as cargo type, weight, shipping method, route, and customs procedures, offering the most cost-effective prices. Freightos allows users to compare the rates and service conditions of different carriers, helping them make more accurate and transparent decisions with real-time updated data. The platform saves time and money, making logistics operations more efficient and cost-effective. This is a modern and effective approach to managing international trade and shipments.

Keywords: Freightos, freight rates, international shipping, logistics software, shipping methods, cost-effective prices, customs procedure.



IMPORTANCE OF FUZZY LOGIC FOR AIR TRANSPORTATION

Aghayev N.F., Najafov E.M.

naghayev@naa.edu.az

National Aviation Academy, Azerbaijan

Abstract: Passenger aviation transport has evolved over the years with implementation of new technology. Biometrics, automation and even in recent times AI has been widely used in aviation. Application of fuzzy logic in aviation can help understand passengers in more precise way. Fuzzy logic represents vagueness that is common in any type of service industry, as fluctuations happen often due to nature of unpredicted decisions of human mind. In this work various countries have been analyzed, application of new technology has been inspected and it has been concluded that fuzzy logic can help boost effectiveness. Use of fuzzy logic will be both progressive and innovative for Azerbaijan aviation.

Keywords: fuzzy logic, passenger transport, service, classic logic, air transport management.

Introduction. It is an important task to develop a model for managing passenger air transportation processes using fuzzy logic to improve both accuracy and efficiency of decision making in the presence of incomplete and variable information. The methodology such a model includes the application of fuzzy logic principles while taking into account the uncertainty and complexity of different processes in the aviation industry, while simultaneously analyzing statistical data from official sources. The results of the various studies showed that Azerbaijan has seen a recovery in passenger air transportation volumes, while also displaying an increase in passenger traffic and passenger turnover. The introduction of modern technologies such as artificial intelligence, biometrics and process automation contribute to improving of service quality and increasing operational efficiency. The experience of countries such as the USA, Germany, Japan and Kazakhstan demonstrates successful examples of implementing innovations that should be adapted to improve the efficiency of the aviation industry of Azerbaijan. Model based on fuzzy logic takes into account fluctuations in passenger traffic, weather conditions and operational failures, which allows for more up to date forecasting and real-time decision-making. This increases management flexibility, improves efficiency and helps optimize resources, flight schedules and minimize delays. The aim is to show the effectiveness of fuzzy logic for managing passenger air transportation, which contributes to more accurate planning and optimization of processes in the aviation industry, and can also improve the stability of airlines in the country.

Fuzzy logic in itself has been introduced since 1965 by mathematician Lotfi Zadeh. Fuzzy logic is based on the observation that people make decisions based on imprecise and non-numerical information. This represents vagueness. These models that are present in fuzzy logic help recognize, manipulate, interpret and use data that is vague and lacks certainty. Over the years fuzzy logic has been applied to various fields such as artificial intelligence and theories. Classic logic assumes that conclusions can only be true or false. Fuzzy logic goes beyond that conclusion. Fuzzy logic in control systems can allow for vague rules like – if you are close to destination and moving fast, increase the break speed. Fuzzy logic attempts to solve problems with an open, imprecise spectrum of data and heuristics that makes it possible to obtain an array of accurate conclusions. Fuzzy logic is designed to solve problems by considering all available information and making the best possible decision given the input.

Passenger air transportation plays a key role in the transport system of various countries, including Azerbaijan, where the aviation industry is an important component of the economy. While taking a look at dynamic growth in the number of passengers and many external factors affecting the work of airlines, it is also important to optimize passenger transportation management processes. In this regard, the use of

innovative methods, such as fuzzy logic, with the aim of building adaptive management models capable of dealing with uncertainty and dynamic changes is becoming relevant.

The main problems of such system are the insufficient understanding of how traditional methods of passenger air transportation management which we use to this day, based on fixed models are unable to correctly take into account the variability of factors such as economic changes, passenger traffic and determination of pricing. This leads to inefficient use of resources and lower passenger service quality. The introduction of fuzzy logic methods for managing passenger air transportation in Azerbaijan will improve many aspects such as forecasting accuracy and optimize processes, but the actual implementation of such methods in this industry is still being developed and requires further study.

Reference

- [1] Abdullayev, R., Aslanzadeh, A., Yahyayev, P., Azizov, S., & Huseynov, E. (2024). Improvement of the passenger transportation process in faigoglu company: abstract for the master's degree. Baku: Azerbaijan Technical University. URL: <http://surl.li/mcksxu> (data accessed: 24.11.2024).
- [2] Mızrak, F. (2023). Analyzing Criteria Affecting Decision-Making Processes of Human Resource Management in the Aviation Sector-A Fuzzy Logic Approach. Journal of Aviation, 7(3), 376-387. URL: <https://dergipark.org.tr/en/pub/jav/issue/80293/1331688> (data accessed: 24.11.2024).
- [3] Ali, N. M., Tuhin, M. K. H., Ruddro, R. A., Ahmed, M. E., Alam, M. S., Sharmin, N., & Deb, J. B. (2024). A Fuzzy Inference System for Predicting Air Traffic Demand based on Socioeconomic Drivers. Saudi J Eng Technol, 9(8), 377-388. URL: <http://surl.li/dkfcpc> (data accessed: 24.11.2024).
- [4] Ali, N. M., Tuhin, M. K. H., Ruddro, R. A., Ahmed, M. E., Alam, M. S., Sharmin, N., & Deb, J. B. (2024). A Fuzzy Inference System for Predicting Air Traffic Demand based on Socioeconomic Drivers. Saudi J Eng Technol, 9(8), 377-388. URL: <http://surl.li/dkfcpc> (data accessed: 24.11.2024).

ВАЖНОСТЬ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ ВОЗДУШНЫХ ПЕРЕВОЗОК

Агаев Н.Ф., Наджафов Э.М.

Аннотация. Целью исследования являлась разработка модели управления процессами пассажирских авиаперевозок с помощью нечеткой логики для повышения точности и эффективности принятия управленческих решений в условиях неполной и переменной информации. Методология включает применение принципов нечеткой логики, позволяющих учитывать неопределенность и сложность процессов управления в авиационной отрасли, а также на анализе статистических данных из официальных источников, с фокусом на авиационную отрасль Азербайджана. Результаты исследования показали, что с 2019 по 2023 год в Азербайджане наблюдается восстановление объемов пассажирских авиаперевозок, с увеличением пассажиропотока и пассажирооборота, что подтверждает рост отрасли после спада, вызванного пандемией COVID-19.

Ключевые слова: нечеткая логика, пассажирские перевозки, сервис, классическая логика, управление воздушным транспортом.



AVİASIYA ANBAR LOGİSTİKASINDA TƏTBİQ EDİLƏN MÜASİR TEKNOLOGİYALAR

Bəylərov S.İ.

s.beylarov@swt.az

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Təqdim olunan məqalədə müasir anbar logistikası və onun idarə olunmasında innovativ texnologiyaların rolu vurğulanır. İstehsal və xidmət sahələrində, xüsusilə elektron ticarətdə, anbar əməliyyatlarının optimallaşdırılması və avtomatlaşdırılması önəmlidir. Müasir texnologiyalar, məsələn, Avtomatlaşdırılmış İdarəetmə Sistemləri və Lean yanaşması, xərcləri azaldır və əməliyyatları sürətləndirir. Məqalədə AMASIS və AMOS sistemləri müqayisə olunur, AMOS-un daha effektiv və müasir bir həll olduğu qeyd edilir. Silk Way aviashirkətinin ehtiyaclarına uyğun olaraq, AMOS anbar idarəetməsini optimallaşdırır və təmir xərclərini azaldır, bu da ümumilikdə əməliyyatların səmərəliliyini artırır.

Açar sözlər: anbar, ehtiyat hissələri, inventar idarəçiliyi, avtomatlaşdırılmış sistemlər, müasir texnologiyalar, AMASIS, AMOS.

Giriş. Dünya biznes ekosistemi son illərdə sürətli inkişafı xarakterizə olunur. Rəqəbat üstünlüyü qazanmaq, bazardakı mövqelərini qorumaq və əlavə mənfəət əldə etmək məqsədilə aparıcı dünya korporasiyaları innovativ texnologiya və həllərin potensialından istifadə etməyi düşünürlər. Bu həllər yalnız biznesin idarəetmə metodlarını deyil, həm də son istehlakçıya təklif olunan məhsulun mahiyyətini tez bir zamanda dəyişdirir. Xüsusi diqqətə layiq sahələrdən biri anbar logistikasıdır. Müasir anbarlar, anbar logistikasının ən mühüm komponenti olaraq, kompleks texniki strukturu təmsil edir. Bu struktur bir-biri ilə əlaqəli və bir-birini tamamlayan elementləri əhatə edir ki, bunlar məhsulların toplanması, emalı və son istehlakçılar arasında paylanması funksiyalarını təmin edir.

Anbar logistika zəncirinin ayrılmaz bir hissəsi kimi qəbul edilir və yüksək rentabellik səviyyəsinə nail olmağa imkan verir. Malların anbarda saxlanması və emalı pərakəndə satıcılar, istehsalçılar, distribütorlar və sənaye müəssisələrinin logistika fəaliyyətinin əsas hissələridir. Onların həyata keçirilmə dəyəri ümumi logistika xərclərinin 40%-nə qədərini əhatə edir.

Anbar logistikasının bu gün ən böyük təsirə malik olduğu sahə elektron ticarətin və onlayn satışların təşkili sahəsidir. Müasir anbarlar saxlanma, emal və malların paylanması proseslərini optimallaşdırmağa imkan verir ki, bu da öz növbəsində vaxt itkilərini əhəmiyyətli dərəcədə azaldır və tədarük zəncirinin səmərəliliyini artırır. Anbar sahələrinə tələbin əhəmiyyətli dərəcədə artması müşahidə olunur. Bununla yanaşı, elektron ticarətin və onlayn satışların inkişafı ilə bağlı anbar əməliyyatlarının təşkilində müəyyən problemlər mövcuddur. Bu problemlər arasında anbar logistika prosesinin natamamlığı və sifarişlərin emal sürətinin aşağı olması yer alır. Onlayn satışların inkişafı üçün anbarlaşdırma və paylama sahələrində istifadə olunan ümumi texnoloji yanaşmanı dəyişmək lazımdır. Bu yanaşma müasir və perspektivli innovasiyaların tətbiqinə, həmçinin anbar logistikası sahəsində global trendlərə uyğunlaşdırılmalıdır.

Müasir innovativ texnologiya və həllərdən istifadə etmədən anbar logistikasının inkişafını təsəvvür etmək mümkün deyil. Bu, həm daxili, həm də global bazarların aktiv inkişafı ilə, eləcə də anbar infrastrukturunun (terminal anbarlar, logistika mərkəzləri) sürətli inkişafı ilə bağlıdır. İnnovativ texnologiyalar daxili anbar əməliyyatlarının avtomatlaşdırılmasına, logistika biznes proseslərinin integrasiyasına və hazır məhsulların təhvil verilməsi və paylanması zamanı logistika zəncirinin bütün iştirakçılarının qarşılıqlı əlaqəsinin təmin edilməsinə yönəlib [1].

Steve Hackman “Georgia Tech-də Stewart” Sənaye və Sistem Mühəndisliyi Məktəbində fəxri dosentdir. Dr. Hackman sənaye mühəndisliyi və əməliyyat tədqiqatları üzrə fəlsəfə doktoru və magistr dərəcəsinə və Berklidəki Kaliforniya Universitetində riyaziyyat üzrə magistr dərəcəsinə almışdır. O, Kornel Universitetində Əməliyyat Tədqiqatları və Sənaye Mühəndisliyi üzrə bakalavr dərəcəsi alıb. Oakland, Kaliforniya Dəniz Təchizat Mərkəzində Sənaye Mühəndisi vəzifəsində çalışmışdır. O, bir neçə Fortune 500 şirkətinə anbar məhsuldarlığını necə artırmaqla bağlı məsləhətlər verib. Con Bartholdi Manhattan Associates/Dabbieri-nin sədri və Georgia Tech-də H. Milton Stewart Sənaye və Sistem Mühəndisliyi Məktəbində professor idi. O, həmçinin Georgia Tech Panama Logistics Innovation & Research Center-in icraçı direktoru olub. Bartholdi həm bakalavr, həm də magistratura səviyyələrində və SCL-in peşəkar təhsil proqramında təchizat zənciri məsələlərini və ilk növbədə anbar təsərrüfatını öyrənməyə başladı. Onun tədqiqatları anbar və paylama problemləri üzərində cəmlənmişdi, lakin o, mexanika, siyasət, kompüter elmləri, coğrafiya və biologiya da daxil olmaqla daha geniş maraqları həyata keçirmək üçün bir müddət vaxt ayırdı. Bartholdi 1968-ci ildə B.S. Florida Universitetində riyaziyyat dərəcəsi almışdı. Bartholdi və Hackman birlikdə “Anbar və Paylaşma elmi” (2019) kitabında vurğulayırlar ki, müasir texnologiyalar, o cümlədən avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri, ehtiyat hissələrinin idarəçiliyində sürət və dəqiqliyi təmin edir [2].

Müasir yanaşmalar və texnologiyalar

1. Lean yanaşması:

Ehtiyat hissələrinin saxlanması proseslərində israfın azaldılması üçün Lean metodologiyasından istifadə edilə bilər. Bu metod yığılma, yükləmə və çatdırılma mərhələlərində səmərəliliyi artıraraq, əməliyyat xərclərini optimallaşdırır. Lean hərəkətinin atası kimi geniş qəbul olunan Womack, illərdir ki, dərin müştəri anlayışı ətrafında davamlı innovasiya yolu ilə dəyər yaratmaq haqqında danışır və yazılar nəşr edir. Səksəninci illərin sonlarında o və Dan Jones, MIT-nin Beynəlxalq Avtomobil Araşdırmaları Proqramını (IMVP) idarə edirdilər və bu proqram Toyota-nın inqilabi idarəetmə sistemini təsvir etmək üçün "lean" (incə) terminini təqdim etdi. Bu tədqiqat əsasında Womack, *The Machine That Changed the World* (Macmillan/Rawson Associates, 1990), *Lean Thinking* (Simon & Schuster, 1996), *Lean Solutions* (Simon & Schuster, 2005) və *Seeing the Whole Value Stream* (Lean Enterprise Institute, 2011) kitablarını birgə müəlliflik etmişdir. Birləşmiş Krallıqda Lean Enterprise Academy-nin təsisçisi və sədri olan Daniel T. Jones, Lean Enterprise Institute-nun yüksək səviyyəli məsləhətçisi, idarəetmə düşüncə lideri və lean proses düşüncəsini hər cür biznesə tətbiq etməyə yönəlmiş mentorudur. O, James P. Womack ilə birlikdə istehsalda lean düşüncəsinin prinsiplərini və praktikasını təsvir edən nüfuzlu və məşhur idarəetmə kitablarının müəllifidir: *The Machine that Changed the World* və *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Organization*, həmçinin *Seeing the Whole Value Stream* iş dəftəri. Onların *Lean Solutions: How Companies and Customers Can Create Value and Wealth Together* adlı kitabı bu ideyaları istehlak, təminat və xidmət çatdırılmasına genişləndirir. Womack və Jones birlikdə “Womack, J.P.; Jones, D.T. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Organization*. Simon & Schuster, 1996” əsərlərində Lean metodologiyasının, proseslərin israftan təmizlənməsində və optimallaşdırılmasında əvəzolunmaz olduğunu vurğulayır [3].

2. Avtomatlaşdırılmış sistemlər:

Anbar İdarəetmə Sistemləri (WMS) ehtiyat hissələrinin qeydiyyatı, inventar idarəçiliyi və göndərilməsini avtomatlaşdırmaq üçün istifadə edilə bilər. Bartholdi və Hackman (2019) qeyd edir ki, IoT texnologiyaları ilə birlikdə avtomatlaşdırılmış sistemlərin tətbiqi anbarlarda iş yükünü əhəmiyyətli dərəcədə azaldır və səhvlərin qarşısını alır.

3. Six Sigma yanaşması:

Səhvləri və çatışmazlıqları minimuma endirmək məqsədilə Six Sigma prinsiplərinin tətbiqi, ehtiyat hissələrinin texniki xidmətə vaxtında və problemsiz çatdırılmasını təmin edə bilər. Harry və Schroeder (2000) Six Sigma-nın anbar əməliyyatlarını optimallaşdıraraq xidmət keyfiyyətini artırmaqda mühüm rol oynadığını bildirirlər.

Aviasiya sahəsində ehtiyat hissələrinin anbarlaşdırılması yalnız maddi resursların saxlanması deyil, həm də hava gəmilərinin texniki xidmətlərinin dəqiq və vaxtında təmin edilməsi ilə bağlıdır. Effektiv idarəetmə sistemi, ehtiyat hissələrinin düzgün saxlanması, zərərin və gecikmələrin minimuma endirilməsini təmin edir. Bir çox aviaşirkətlər öz ehtiyat hissələrinin saxlanması, planlaşdırılması və baska əməliyyatları yerinə yetirmək üçün müxtəlif müasir texnologiyalarla təchiz edilmiş sistemlərə müraciət edirlər. Həmin sistemlərə misal olaraq biz “WinAir enterprise”, “Airline suite”, “Qav Aviation Systems”, “Aero one”, “AMOS”, “Amasis client” və başqalarını misal göstərə bilərik. Təbii ki, bu proqramların hər birinin öz üstün və mənfi cəhətləri mövcuddur. Aviaşirkətlər bu sistemlərdən istifadə edərkən, öz aviadonamalarının böyüklüyünə, inventarlarının zənginliyinə və təbii ki, öz maliyyə axınlarına nəzarət edərək müraciət edirlər. Həmin bu sistemlər çox kapital qoyuluşu tələb edən sistemlər olduğu üçün aviaşirkətlər yuxarıda sadaladığım amillərə nəzər yetirərək özlərinə müənsib sistemlərə müraciət edirlər. Gəlin bir neçə bu sistemlərə nəzər yetirək. AMASIS (Aircraft Maintenance and Ehtiyat hissələri İnformasiya Sistemləri) hava gəmilərinə texniki xidmət departamentləri tərəfindən istifadə edilən inteqrasiya olunmuş texniki idarəetmə sistemidir. Bu, hazır kommersiya (COTS) proqram məhsuludur [4].

On üç fərqli və bir-birini tamamlayan modul AMASIS arxitekturasını təşkil edir və fərdiləşdirilmiş sistemin üstünlüklərini təmin edərək, müştərinin ehtiyaclarını ödəmək üçün tədricən həyata keçirilə bilər.

Bunlar:

1. logistika	4. rutin baxım	7. planlı baxım	10. adam-saat
2. əmək	5. montaj/alt montaj	8. qrafik sənədlər	11. barkod
3. avtomatik təminat	6. SB, AD və standart	9. PC	12. idxal - ixrac
			13. texniki kitabxana

AMASIS operatora aşağıdakılar baxımından tələbləri ödəməyə imkan verəcək:

- “Corrective maintenance”
- “Scheduled maintenance”
- “Logistical functions from the provisioning process”

Amasis hava gəmilərinin ehtiyat hissələrinə nəzarət etməkdən əlavə hava gəmilərinə texniki xidmət göstərmək üçün istifadə edilən alətlərin izlənilməsi, nəzarət edilməsi imkanında aviaşirkətlərə təqdim edir. Logistika və Əmək modulları sifariş edilmiş və buraxılmış istənilən tələb olunan hissələrin və texniki xidmət fəaliyyətlərinə sərf olunan vaxtın dəqiq təqibini təmin edir. AMASIS bu məlumatlardan həm materialları, həm də işçi saatlarını özündə birləşdirən texniki xidmət tədbirlərinin dəqiq dəyərini hesablamaq üçün istifadə edir. Rabitə səmərəliliyini maksimuma çatdırmaq üçün AMASIS texniki xidmət prosesində iştirak edən bütün tərəflər tərəfindən tam və etibarlı məlumatdan istifadə edərək sinerji ilə işləməyə imkan yarada bilər. Ancaq bütün bu üstünlüklərdən əlavə AMASIS -in öz mənfi cəhətləri də mövcuddur. Belə ki, AMASIS çox dəqiqlik tələb edən sistemdir. Hal hazırda istənilən sahədə müasir İT istifadəyə üstünlük verilsə də, AMASIS də bu bir qədər belə deyildir. Belə ki, AMASIS-ə mütləq insan nəzarəti lazımdır və AMASIS də edilən bütün işlər müxtəlif işçilər tərəfindən verilən komandalar vasitəsi ilə həyata keçirilir. İstər avia hissələrin sistemdən çıxarılması, istərsə də yeni hissələrin sistemə əlavə edilməsi bir başa manual olaraq xüsusi təlim keçmiş işçilər vasitəsilə yerinə yetirilir. Bu da insan amili nəticəsində yaranan səhv və yanlışlıqlardan qaça bilməmək deməkdir. İşçinin hər hansı adi bir səhvi anbarlarda inventar və avadanlıqların istər sayında istər yerləşməsində olsun müəyyən əskikliklərin əmələ gəlməsi deməkdir. Bu da aviaşirkətlərin ay sonlarında hesabatlarında öz əksini tapır, buna görə də aviaşirkət rəhbərləri mümkün qədər çalışırlar ki, anbar sahəsində insan amilinin az olmaqla sistemlərə müraciət etsinlər. Bütün bu sadaladığımız müasir texnologiyaların tətbiqi, insan əməyinin daha az istifadə edildiyi bir sistem var ki, həmin sistem AMOS adlanır.

AMOS Material İdarəetmə Modulu, bu günkü geniş logistika tapşırıqlarının idarə edilməsi üçün lazım olan bütün funksiyaları əhatə edir. AMOS, təchizat zənciri idarəçiliyi və strateji alış-verişlə bağlı mürəkkəb tələbləri yerinə yetirir, məhsulun mənbədən istifadə nöqtəsinə qədər olan hər mərhələsini idarə

edir. Əsas xüsusiyyətlərə sifariş və qəbul proseslərinin optimallaşdırılması, hissələrin mövcudluğu və komponentlərin istifadə edilməsi, zamanət idarəetməsi, inventar idarəetməsi və tədarükçü qiymətləndirməsi daxildir. Material İdarəetmə modulu həmçinin stokların sərfəli şəkildə idarə olunmasını və istehlakın proqnozlaşdırılmasını təmin edir, eyni zamanda logistika menecerinə əlaqəli bütün iş proseslərini səmərəli şəkildə idarə etməyə imkan verən digər maliyyə baxımından əhəmiyyətli funksiyalar təklif edir. AMOS modullarının digər modullarla yüksək dərəcədə inteqrasiyası sayəsində materialların uzunmüddətli planlaşdırılması və müvafiq təmir hadisələrinə ayrılması təmin edilir.

AMOS-da Mühəndislik Modulu, tənzimləyici aviasiya orqanlarının tələblərini yerinə yetirmək və təmir tapşırıqlarını Davamlı Uçuşa Yararlılıq İdarəetmə Təşkilatının (CAMO) standartlarına uyğun şəkildə idarə etmək üçün nəzərdə tutulmuşdur.

Bu modul mühəndislik şöbəsinə təyyarələrin müxtəlif təmir proqramlarına, müvafiq uçuşa yararlılıq göstərişlərinə və xidmət bülletenlərinə uyğunluğunu əlaqələndirməyə imkan verir, həmçinin redaksiya nəzarətini təmin edir. Daxili mühəndislik əməlləri ilə tövsiyə edilən düzəliş tədbirləri, adi və qeyri-adi tapşırıqlar üçün vəzifə kartlarının idarə edilməsi və modifikasiya sənədlərinin mürəkkəb qarşılıqlı əlaqələrinin idarə olunması, sonrakı təmir hadisələrinin planlaşdırılmasında nəzərə alınır.

EASA və FAA standartlarına uyğun etibarlılıq statistikaları, uğursuzluq halının idarə edilməsi, təyyarə konfigurasiyasının idarə edilməsi və digər inkişaf etmiş xüsusiyyətlər, təyyarənin mövcudluğunu artırmağa, eyni zamanda təmir xərclərini azaltmağa kömək edir.

AMOS-un Planlaşdırma Modulu, planlaşdırılmış və planlaşdırılmamış, qısa və uzunmüddətli təmir hadisələrinin hazırlığını səmərəli idarə etmək üçün mükəmməl bir planlaşdırma alətidir. Bu modul, təyyarə istifadəni maksimum dərəcəyə çatdırmaq üçün lazım olan bütün xüsusiyyətləri təmin edir, eyni zamanda bütün xarici və daxili mühəndislik tələblərini eyni anda nəzərə alır.

Təmir Planlaşdırma sahəsində əsas rolu, gözlənilən təmir hadisələrini proqnozlaşdıran inkişaf etmiş funksionallıq oynayır. Bu alətdə iş paketlərini dəqiq və səmərəli şəkildə yaratmaq və idarə etmək üçün lazım olan məlumatlar mövcuddur – sistemin "mərkəzi" olaraq bütün məlumatların birləşdiyi yer.

Birbaşa faydalar:

- Təmir hadisələrinin diqqətlə əvvəlcədən planlaşdırılması, material və personal təyinatı ilə birlikdə, təyyarələrin yerə qalma vaxtlarını minimuma endirir.
- Yaxşı məlumatlandırılmış iş qərarları nəticəsində insan resurslarının məhsuldarlığı və səmərəliliyi artır, çünki bütün məlumatlar bir düymə ilə ekranda göstərilir.
- Planlaşdırma Modulunun əsas təkmilləşdirilməsi, planlaşdırma üstünlükləri əsasında "nə olarsa" tipli ssenarilərlə bağlıdır. Bunun əsasında, AMOS, tələb olunan limitlər daxilində fərqli təmir imkanlarını göstərir.

AMOS istehsalat modulu, nasazlıqların aradan qaldırılması, xətt və bazada təmir işlərinin icrası və həmçinin təmir planlaşdırma bölməsindən istehsalat bölməsinə iş paketlərinin düzgün şəkildə ötürülməsini uğurla idarə etmək üçün bütün funksiyaları əhatə edir. Təmir işlərinin planlaşdırıldığı şəkildə, əvvəlki şöbələrdən istehsalata sənəd üzərindən (əllə redaktə edilərək) ötürülməsi ənənəvi üsuldən əlavə, AMOS iki daha inkişaf etmiş yanaşma təklif edir, bunlar hər ikisi – istəniləndi təqdirdə – tam elektron ötürməni də əhatə edir: İlk olaraq, zamanın izlənməsi barmaq kodu (barkod) vasitəsilə elektron şəkildə sənədləşdirilə bilər ki, bu da icra olunan işləri real vaxtda qeyd etməyə imkan verir və əl ilə zaman izləməsini əvəz edir. İkincisi, ən səmərəli proses, avtomatik olaraq hərəkət və irəliləyişləri göstərən şablon əsasında işləyir.

"İş vaxtı izləmə" və "İş vaxtı irəliləyişi" proqramları yalnız AMOS istifadəçilərinə hər bir tapşırığı sərf olunan zaman və irəliləyiş baxımından izləməyə kömək etmir, eyni zamanda gələcəkdə təmir tapşırıqlarını daha dəqiq və etibarlı şəkildə proqnozlaşdırmağa imkan verir. Əlavə olaraq, tətbiq olunan proseslərə əsasən, texniki mütəxəssislər birbaşa çıxarılan və quraşdırılan robotlara dair etikətləri qeyd edə bilər və ya anbarlardan hissə tələb etmək üçün pickslip (seçmə tələbini) təqdim edə bilərlər.

AMOS həmçinin elektron imza həlli təklif edir, bu da sürətli və təhlükəsiz kağızsız bir proses üçün rahat bir yanaşmadır. Elektron imza bütün AMOS modullarına problemsiz integrasiya olunduğundan, icra bölmələrindəki istifadəçilər də iş sifarişlərini elektron şəkildə redaktə edə və ya bağlaya, onları PDF/A formatında saxlayaraq əməliyyatları tamamlayırlar. Daxili və ya xarici elektron imza həlli vasitəsilə Swiss-AS, iş proseslərini sadələşdirmək və onları daha vaxt effektiv etmək imkanı təklif edir, eyni zamanda sənaye standartlarına uyğun ən yaxşı təcrübələrdən istifadə edir [5].

Nəticə. Məqalədə AMASIS müştəri və AMOS proqramları ilə bağlı edilən müqayisəyə əsaslanaraq, AMOS-un AMOSIS-ə nisbətən daha müasir və daha geniş imkanlar təqdim edən bir anbar idarəetmə sistemi olduğu aşkar olmuşdur. Bu nəticəyə əsaslanaraq, Silk Way aviaşirkətinin hava gəmisi hissələri və alətlərinin saxlanması üçün AMOS proqramının istifadəsi daha məqsəduyğun və effektiv olacaqdır. AMOS proqramı, hava gəmisi hissələrinin idarə olunmasında yüksək səviyyədə integrasiya və avtomatlaşdırma təmin edir. Bu, sistemin istifadəçilərə real vaxt məlumatları təqdim etməsi, operativ və düzgün qərarlar qəbul etmələrinə kömək edir və beləliklə təmir və inventar idarəetməsini daha səmərəli edir. Həmçinin, AMOS-un tələblərə uyğunluğu, proseslərin izlənməsi və planlaşdırma funksiyaları, Silk Way aviaşirkətinin əməliyyatlarını asanlaşdıracaq və onların material ehtiyatlarını daha yaxşı idarə etməyə imkan verəcəkdir.

Buna görə də, AMOS-un təqdim etdiyi xüsusiyyətlər, xüsusən təyyarə hissələrinin və alətlərinin saxlanması, stokların idarə edilməsi və təmir əməliyyatlarının planlaşdırılması sahəsində Silk Way aviaşirkətinin ehtiyaclarına daha yaxşı cavab verir. Bu sistemin tətbiqi aviaşirkətin əməliyyatlarını daha da optimallaşdıracaq və təmir xərclərini azaltmağa kömək edəcəkdir.

Ədəbiyyat

- [1] <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-innovatsionnye-tehnologii-i-resheniya-v-skladskoy-logistike/viewer>
- [2] Bartholdi. J.J; Hackman. S.T. (2019). *Warehouse & Distribution Science*. Georgia Institute of Technology.
- [3] Womack. J.P; Jones. D.T. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Simon & Schuster.
- [4] <https://www.protect.airbus.com/safety/amasis/>
- [5] Swiss-AS (2020). *AMOS (Aircraft Maintenance and Optimization System): Comprehensive Integration and Automation in Aircraft Maintenance Operations*. Retrieved from: <https://www.swiss-as.com>

MODERN TECHNOLOGIES APPLIED IN AVIATION WAREHOUSE LOGISTICS

Baylarov S.I.

Abstract. This article examines modern technologies and their application in aviation warehouse logistics. It focuses on how automation and innovative systems such as AMASIS and AMOS enhance the efficiency of warehouse operations, particularly in inventory management, maintenance, and logistics within the aviation industry. The comparison between AMASIS and AMOS systems reveals that AMOS provides superior integration and automation capabilities, which are beneficial for improving operational efficiency and reducing costs, particularly for airlines like Silk Way. The article highlights the role of technologies in transforming aviation logistics by enabling real-time data access, streamlined processes, and better decision-making.

Keywords: aviation logistics, warehouse management, AMASIS, AMOS, inventory management, automated systems, lean approach, Six Sigma, modern technologies, operational efficiency, maintenance management, supply chain management



“AZAL” AVIAŞİRKƏTİNDƏ KOD-ŞERİNG MÜQAVİLƏLƏRİNİN TƏTBİQİ VƏ EFFEKTİVLİYİNİN HESABLANMASI

Cəbrayilov R.B., Kərimov B.Ə., Ələkbərova G.C.

rcabrayilov.30239@naa.edu.az

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Kod şerinq aviasiya sahəsində aviaşirkətlərin marşrut şəbəkələrini birləşdirərək, sərnişinlərə daha geniş uçuş seçimi və xidmətlər təqdim etməyə imkan verir. Bu strategiya aviaşirkətlərə əməliyyatlarını optimallaşdıraraq yeni bazarlara daxil olmağa və maliyyə göstəricilərini yaxşılaşdırmağa kömək edir. Səmərəli kod şerinq əməkdaşlığı üçün doğru tərəfdaş seçimi, uyğun xidmət keyfiyyəti, texnoloji integrasiya və effektiv brendləşmə vacibdir. Müştəri məmnuniyyətini artırmaq üçün əlavə xidmətlər, loyallıq proqramları və dinamik qiymət strategiyaları tətbiq olunur. Əməliyyat səhvlərini və riskləri minimuma endirmək üçün aviaşirkətlər arasında koordinasiya və uyğun prosedurlar yaradılmalıdır. Təhlil göstərir ki, kod şerinq aviaşirkətlərin gəlirini artırmaq və sərnişin bazasını genişləndirmək baxımından effektiv bir modeldir. Bu yanaşma həm də aviaşirkətlərə resursları daha səmərəli istifadə etməyə imkan verir, bunun nəticəsində yüksək effektivlik indeksi və mənfəət əldə edilir.

Açar sözlər: aviaşirkət, sərnişin, kod şerinq, müqavilə, effektivlik, indeks.

Giriş. Kod şerinq aviasiya sahəsində, xüsusilə beynəlxalq uçuşlar üçün geniş istifadə olunan və aviaşirkətlərin uçuşlarını bir-biri ilə paylaşmasına imkan verən bir kommersiya əməkdaşlığı strategiyasıdır. Bu strategiya aviadaşıyıcılara öz marşrut şəbəkələrini genişləndirmələrinə, sərnişinlərə daha çox istiqamətə uçuş seçimi təqdim etmələrinə kömək edir. Hər iki tərəfdaşın fəaliyyəti uyğunlaşdırılmalı və müştəri təcrübəsi yaxşılaşdırılmalıdır. Kod şerinqin səmərəli tətbiqi üçün bəzi önəmli strategiyalar mövcuddur ki, bunlar həm aviaşirkətlər, həm də sərnişinlər üçün faydalıdır.

Kod şerinqin uğurla həyata keçirilməsi üçün doğru tərəfdaş seçimi önəmli addımdır. Hər iki aviaşirkətin marşrut şəbəkələri və xidmətləri arasında müəyyən səviyyədə uyğunluq yaradılmalıdır. Bir tərəfdaşın təklif etdiyi uçuşlar digərinin şəbəkəsini genişləndirməli və nəzərdə tutulan qarşılıqlı əlaqələr sərnişinlər üçün daha faydalı olmalıdır. Həmçinin, seçilən aviaşirkətlər arasında xidmət keyfiyyətinin yüksək səviyyədə olması amili də nəzərə alınmalıdır. Hər iki aviaşirkətin operativ yanaşmaları və müştəri xidməti sahəsindəki standartları uyğun olmalıdır ki, sərnişinlər heç bir halda onların bu birgə fəaliyyətindən narazı qalmasınlar. Eyni zamanda, müştəri bazasının uyğunluğuna da diqqət edilməlidir. Bu mövzuda iki aviaşirkət oxşar sərnişin profilinə (sərnişinlərin davranışları, səyahət etmə vərdisləri, maraq dairələri, tələbləri və xüsusiyyətləri (yaş, cins, gəlir səviyyəsi və s.) kimi məlumatlar toplusu) malik olarsa, qarşılıqlı fayda daha çox müşahidə ediləcəkdir. Məsələn, “AZAL” Bakıdan Şərqi Avropa, Orta Asiya və Orta Şərqə uçuşlar təklif edirsə, “Turkish Airlines” isə geniş Avropa, Şimali Amerika və Asiya marşrutlarına malikdir. Bu vəziyyətdə hər iki aviaşirkətin marşrut şəbəkələrinin birləşdirilməsi sərnişinlərə daha çox uçuş variantı və rahat keçid imkanı yaradar. Həmçinin, “AZAL” və “Turkish Airlines” oxşar müştəri bazalarına sahibdirlər, hər iki aviaşirkət biznes səyahətçiləri, turistlər və ümumiyyətlə, daha yüksək gəlir səviyyəsinə malik sərnişinlərə xidmət edir. Bu, onların xidmət keyfiyyətinin yüksək səviyyədə olması, müştəri xidməti sahəsindəki yanaşmalarının uyğunluğu və sərnişinlərin eyni tələblərini qarşılama baxımından önəmli rol oynayır [2].

Kod şerinqin effektivliyini təmin etmək üçün hər iki aviaşirkətin texnoloji sistemlərinin bir-biri ilə uyğunlaşdırılması vacibdir. Sərnişinlərin birgə uçuşlar üzrə asanlıqla bilet alması və əlaqəli xidmətlərdən yararlanma bilməsi üçün hər iki aviaşirkət vahid və sinxronlaşdırılmış bir rezervasiya sistemi yaratmalı və ya mövcud sistemləri əlaqələndirməlidir. Bu, yalnız sərnişinlərin rahatlığını təmin etmir, əməliyyatları da asanlaşdırır. Rezervasiya sistemləri arasında real vaxt məlumat paylaşımı təmin edilməli, eyni

zamanda uçuş dəyişiklikləri, gecikmələr və digər vacib məlumatlar hər iki tərəf arasında koordinasiya edilməlidir. Bu texnoloji integrasiya yalnız sistemlər arasında əlaqələri təmin etmək üçün deyil, həm də müştərilərə asanlıqla xidmət göstərmək üçün əhəmiyyətlidir. AZAL Beynəlxalq Hava Nəqliyyatı Assosiasiyası (IATA) tərəfindən təsdiqlənmiş və qlobal səviyyədə qəbul edilmiş rezervasiya sistemləri və paylama kanallarından (məsələn, qlobal distribüter sistemi - amadeus) istifadə edir. Bu sistemlər, həmçinin uçuş məlumatlarının real vaxtda yenilənməsi və koordinasiya olunması üçün zəruri texnoloji integrasiyanı təmin edir [1].

Kod şerinqin tətbiqi zamanı sərnəşinlərə əlavə dəyər təqdim etmək, onları digər aviaşirkətlər ilə səyahətə təşviq etmək üçün mühüm amildir. Müştərilər yalnız uçuş seçimi ilə deyil, eyni zamanda təqdim edilən əlavə xidmətlərlə təmin edilə bilirlər. Loyallıq proqramı (tez-tez uçan sərnəşinlər üçün proqram) bunun ən yaxşı nümunəsidir. Sərnəşinlər hər iki aviaşirkətlə uçuş etdiyi zaman uçuş xalları və ya millər toplamaq imkanı qazanırlar, beləliklə, səyahət təcrübəsi daha cazibədar və faydalı olur. Eyni alyans tərkibində bu proqram alyansın bütün üzvlərinə şamil edilir, lakin alyans üzvü olmayan aviaşirkətlərlə üzvlər qarşılıqlı razılıq əsasında kod şerinq uçuşlarda sərnəşinlər bu imkandan yararlanırlar. Nümunə kimi "AZAL" aviaşirkətinin "AZAL Miles" proqramını qeyd etmək olar. Bu proqram vasitəsilə sərnəşinlər aviaşirkətlə uçuş yerinə yetirəndə millər qazanaraq mükafatlandırıcı aviabiletlər və ya digər imtiyazlar üçün istifadə edə bilirlər. Bundan əlavə, uçuşlar arasında əlaqəli olan eksklüziv xidmətlər, məsələn, "VIP lounge", "sürətli keçid" və "xüsusi oturmaqlar" təqdim edilə bilər. Müştəri məmnuniyyətinin artırılması üçün, eyni zamanda, yerli nəqliyyat və otel xidmətləri də daxil edilə bilər. Bu cür xidmətlər sərnəşinlərin hava limanında qalmaq və ya şəhər mərkəzinə səyahətə başlamaq prosesini daha rahat şəkildə həyata keçirmələrini təmin edəcəkdir [2,3,4].

Kod şerinqin uğurlu tətbiqi yalnız əməliyyatlar və texnoloji integrasiya ilə bağlı deyil, həm də effektiv brendləşmə və marketinq strategiyalarına bağlıdır. Hər iki aviadaşıyıcının birgə fəaliyyət göstərməsi bazara birgə təqdim edilən marketinq fəaliyyətləri vasitəsilə güclü bir təsir yaradır. Bu, müştərilərə hər iki aviaşirkət arasında uçuşlar və xidmətlər barədə məlumatı asanlıqla çatdırmağa kömək edir. Birgə marketinq fəaliyyəti təkcə reklam vasitəsilə deyil, həm də sosial media və digər rəqəmsal kanallar vasitəsilə də həyata keçirilə bilər. Brend kimliyinin uyğunlaşdırılması və hər iki tərəfdaşın əsas prinsiplərinin müştərilərə aydın şəkildə çatdırılması vacibdir. Kod şerinqin müvəffəqiyyəti üçün həm də müştərilərə müxtəlif güzəştlər, endirimlər və digər təşviqlər təqdim edilərək onların səyahətə marağı artırılmalıdır [1].

Sərnəşinlər üçün uçuş qiymətlərinin əlverişli olması kod şerinqin uğurlu tətbiqi üçün əhəmiyyətli amildir. Hər iki tərəfdaş qiymətləri optimallaşdırmaq və sərnəşinlərə daha sərfəli təkliflər təqdim etmək üçün dinamik qiymət strategiyalarını tətbiq etməlidir. Bu, yalnız mövcud sərnəşin bazasının artmasına deyil, həm də yeni müştərilərin cəlb edilməsinə səbəb olacaqdır. Kod şerinq modelinin sərnəşinlər üçün daha cəlbedici olması üçün təklif edilən qiymət və xidmətlər arasındakı balans çox vacibdir. Həmçinin, kod şerinq vasitəsilə sərnəşinlərə daha çox seçim imkanı yaradılmalı, onların rahatlığı və məmnuniyyəti təmin edilməlidir. Nəzərə almaq lazımdır ki, müştərilər yalnız sərfəli qiymətlərə deyil, yüksək keyfiyyətli xidmətlərə də önəm verir [5].

Kod şerinq müqavilələrinin tətbiqi zamanı qarşıya çıxan risklər və əməliyyat səhvləri müştəri təcrübəsini ciddi şəkildə zədələyə bilər. Uçuş məlumatlarının düzgün paylaşılmasında və əlaqəsiz rezervasiyalar sərnəşinləri narahat edə bilər. Bu riskləri azaltmaq üçün hər iki tərəfdaş arasında uyğun əməliyyat prosedurları yaradılmalı və sıx əlaqə saxlanılmalıdır. Həmçinin, uçuş dəyişiklikləri, ləğv və ya təxirəsalınmalara qarşı müvafiq planlar hazırlanmalı və sərnəşinlərə vaxtında məlumat verilməlidir. Kod şerinqdə iştirak edən hər iki aviaşirkət müştəri məmnuniyyətini təmin etmək üçün əməliyyat proseslərini bir-birinə uyğunlaşdırmalıdır [2].

Kod şerinq uçuşlarının effektivliyini qiymətləndirmək üçün sistemlik bir modelin yaradılması vacibdir. Bu modelin məqsədi aviaşirkətlərin maliyyə performansını artırmaq və resurslardan optimal istifadəni təmin edilməsini müəyyənləşdirməkdir.

Modelin əhəmiyyəti. Kod şərinq aviaşirkətlərin daha geniş marşrut şəbəkəsinə çıxışını təmin etməklə yanaşı, müştəri məmnuniyyətini artırmağa da kömək edir. Bu cür əməkdaşlıq aviaşirkətlərin daha az sərmayə ilə daha çox sənişin cəlb etmələrinə imkan yaradır, lakin kod şərinqin uğurlu olması üçün onun effektivliyinin mütəmadi olaraq qiymətləndirilməsi vacibdir.

Kod şərinqin tətbiqi ilə yerinə yetirilən uçuşun sonda nə dərəcədə səmərəli olmasını hesablamaq üçün xərclərin effektivlik indeksi və ya qısaca effektivlik indeksinin düsturundan istifadə olunur. Burada əsas məsələ kod şərinq müqavilələrinin tətbiqi ilə müəyyən marşrutlarda hava gəmisinin tam yüklənməsinə nail olunmasıdır [7].

Gəlirin hesablanması (qiymətlər şərti olaraq götürülmüşdür):

1. Ekonom sinif:

- Oturacaq qiyməti: 150 AZN
- Sənişin sayı: 192

$$\text{Gəlir: } G_{\text{ekonom}} = N_{\text{ekonom}} \times P_{\text{ekonom}} = 192 \times 150 = 28\,800 \text{ AZN}$$

2. Biznes sinif:

- Oturacaq qiyməti: 600 AZN
- Sənişin sayı: 18

$$\text{Gəlir: } G_{\text{biznes}} = N_{\text{biznes}} \times P_{\text{biznes}} = 18 \times 600 = 10\,800 \text{ AZN}$$

3. Ümumi gəlir:

$$G_{\text{ümumi}} = G_{\text{ekonom}} + G_{\text{biznes}} = 28\,800 + 10\,800 = 39\,600 \text{ AZN}$$

Xərclərin hesablanması:

Xərclər oturmaq sinfinə görə fərqli ola bilər, lakin burada hər sinif üçün ortalama xərcləri nəzərə alaraq, aşağıdakı xərcləri hesablayırıq:

1. Yanacaq xərcləri:

- Ümumi yanacaq xərcləri: 7 000 AZN

2. Ekipaj xərcləri:

- Pilot: 1 500 AZN
- Kabin heyəti: 1 000 AZN

$$C_{\text{ekipaj}} = 1\,500 + 1\,000 = 2\,500 \text{ AZN}$$

3. Baxım və texniki xərclər.

- Uçuşdan sonra baxım: 1 200 AZN

4. Hava limanı ödənişləri.

- Hava limanı haqqı: 1 500 AZN

5. Marketing və reklam xərcləri.

- Marketing xərcləri: 500 AZN

6. İdarəetmə xərcləri.

- İdarəetmə və ofis xərcləri: 300 AZN

Ümumi xərclər:

$$\begin{aligned} C_{\text{ümumi}} &= C_{\text{yanacaq}} + C_{\text{ekipaj}} + C_{\text{texniki}} + C_{\text{aeroport}} + C_{\text{marketing}} + C_{\text{idarəetmə}} \\ C_{\text{ümumi}} &= 7\,000 + 2\,500 + 1\,200 + 1\,500 + 500 + 300 = 13\,000 \text{ AZN} \end{aligned}$$

Xalis mənfəət:

$$M = G_{\text{ümumi}} - C_{\text{ümumi}} = 39\,600 - 13\,000 = 26\,600 \text{ AZN}$$

Effektivlik indeksi:

Effektivlik indeksi aviaşirkətin sənişin daşımalarından əldə etdiyi gəlirin xərclərinə nisbətidir. Bu göstərici aviaşirkətin resursları nə dərəcədə səmərəli istifadə etdiyini göstərir.

Düstur:

$$\begin{aligned} \text{Effektivlik indeksi} &= G_{\text{ümumi}} / C_{\text{ümumi}} \\ \text{Effektivlik indeksi} &= 39\,600 / 13\,000 \approx 3 \end{aligned}$$

Effektivlik indeksinin ideal dəyəri aviaşirkətin fəaliyyətinin səmərəliliyini və rentabelliliyini qiymətləndirmək üçün əhəmiyyətlidir. Ümumiyyətlə, aşağıdakı meyarlara əsasən dəyərləndirilir:

- 1-dən yuxarı: Effektivlik indeksi 1.0-dan yuxarı olduqda, aviaşirkət gəlirlərinin xərclərini aşdığını göstərir. Bu, aviaşirkətin müsbət maliyyə performansına malik olduğunu göstərir.
- 1-ə bərabər: Effektivlik indeksi 1.0 olduqda, aviaşirkət gəlirləri ilə xərcləri arasında bərabərlik olduğunu göstərir. Bu, aviaşirkətin fəaliyyəti üçün riskli bir vəziyyətdir, çünki mənfəət əldə etmir.
- 1-dən aşağı: Effektivlik indeksi 1-dən aşağı olduqda, aviaşirkət xərclərini gəlirləri ilə üstələyir. Bu, zərərli fəaliyyət göstərdiyini və maliyyə problemləri yaşaya biləcəyini göstərir.

Hesablamalarda da göründüyü kimi xalis mənfəət 26 600 AZN təşkil edir, effektivlik indeksi isə təxmini olaraq 3 qeydə alınmışdır, bu da uçuşun maliyyə baxımından uğurlu olduğunu göstərir. Kod şərinq müqaviləsi əsasında həyata keçirilən uçuşların aviaşirkətlərə onların əməkdaşlıq etdiyi aviaşirkətlər sayəsində yenidən fəaliyyət göstərdiyi marşrutlarda tam sənişin yüklənməsi əldə etmək və bunun nəticəsində iqtisadi səmərə qazanmaq imkanı yaradır.

Nəticə. Kod şərinq müqaviləsi aviaşirkətlər üçün əhəmiyyətli biznes faydaları təqdim edir və bu yanaşma sənişinlərin daha geniş marşrut şəbəkələrinə çıxışını təmin edərək həm aviaşirkətlərin, həm də müştərilərin qazancını artırır. Bu əməkdaşlıq strategiyası aviaşirkətlərin resurslardan daha səmərəli istifadə etmələrinə, əməliyyat xərclərini optimallaşdırmalarına və yeni bazarlara daxil olmalarına şərait yaradır. Bununla yanaşı, müştəri məmnuniyyətini təmin etmək üçün uyğun xidmət keyfiyyəti, texnoloji integrasiya və əlavə dəyər təmin edən xidmətlər vacibdir.

Kod şərinq müqavilələrinin uğurlu tətbiqi üçün əməliyyatların düzgün koordinasiyası və risklərin minimuma endirilməsi həm aviaşirkətlərin fəaliyyətinə, həm də müştəri təcrübəsinə müsbət təsir göstərir. Bununla yanaşı, doğru tərəfdaş seçimi və yüksək səviyyədə xidmət keyfiyyəti ilə kod şərinqin səmərəliliyi artırılır, bu da gəlirlərin və mənfəətin artmasına səbəb olur. Effektivlik indeksi bu modelin tətbiqinin uğurlu olub-olmadığını müəyyən etmək və aviaşirkətlərin əməliyyat səmərəliliyini qiymətləndirmək üçün vacib bir göstərici olaraq qalır.

Ümumilikdə, kod şərinq müqaviləsi davamlı inkişafı və müvafiq strategiyaların tətbiqi ilə aviaşirkətlər həm daha geniş sənişin bazası qazanır, həm də maliyyə performanslarını əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşdırı bilərlər. Bu birgə fəaliyyətin potensialı aviaşirkətlərə global və regional səviyyədə rəqabət üstünlüyü təmin edir.

Ədəbiyyat

- [1] Əliyev S.İ., “Aviaşirkətlərin xarici nümayəndəliklərinin işinin təşkili” Dərs vəsaiti. Bakı, (2023)
- [2] Kym Starr, “Code sharing in international aviation: a discussion paper” Australia, (1996)
- [3] <https://pros.com/learn/blog/improve-airline-interline-agreements>
- [4] <https://www.azal.az/az/azal-miles/earn-miles/earn-from-flight/>
- [5] Marco A., Alberto A.G., Claudio A.P. “The effect of code-share agreements on the temporal profile of airline fares” (2014)
- [6] <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1141824/FULLTEXT01.pdf>
- [7] https://logikalprojects-com.translate.google/insights/understanding-the-cost-performance-index-cpi-on-your-project/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=az&_x_tr_hl=az&_x_tr_pto=sc

THE SUCCESSFUL IMPLEMENTATION OF THE CODE SHARING AGREEMENTS AND THE CALCULATION OF ITS EFFECTIVENESS AT AZAL

Jabrayilov R.B., Karimov B.A., Alakbarova G.J.

Abstract. Code sharing in aviation allows airlines to integrate their route networks, offering passengers a broader selection of flights and services. This strategy helps airlines optimize their operations, enter

new markets, and improve financial performance. For efficient code sharing cooperation, selecting the right partners, ensuring service quality, technological integration, and effective branding are crucial. To enhance customer satisfaction, additional services, loyalty programs, and dynamic pricing strategies are implemented. To minimize operational errors and risks, coordination and appropriate procedures between airlines must be established. Analysis shows that code sharing is an effective model for increasing airlines' revenues and expanding their passenger base. This approach also enables airlines to use resources more efficiently, resulting in a high efficiency index and increased profit.

Keywords: Airline, passenger, code sharing, contract, efficiency, index.



СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОБИЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ ВАКУ AIRPORT: ФИНАНСОВЫЙ ПОДХОД И УРОКИ МЕЖДУНАРОДНОГО ОПЫТА

Маилова И.Р., Керимов Б.А.

mayilovainara@gmail.com

Национальная Академия Aviации, Азербайджан

Аннотация. В статье рассмотрены возможности модернизации мобильной платформы Baku Airport с финансовой точки зрения. Проведен анализ текущего состояния приложения, выявлены его недостающие функции и предложены пути развития: интеграция функций монетизации, персонализация и улучшение интерфейса. Приведен успешный опыт Istanbul Airport, где мобильное приложение генерирует значительный доход благодаря расширенному функционалу. Выполнен финансовый расчет затрат на разработку и прогнозируемых доходов, с учетом условий Азербайджана. Сравнительный анализ показал быструю окупаемость проекта (~10 месяцев) и потенциал увеличения доходов. Работа подчеркивает важность цифровой трансформации для повышения конкурентоспособности аэропорта и улучшения качества обслуживания пассажиров. В статье предложен примерный дизайн интерфейса.

Ключевые слова: Baku Airport, мобильное приложение, цифровая трансформация, монетизация, персонализация, пользовательский опыт, финансовая эффективность.

Введение. Современные технологии стали неотъемлемой частью авиационной отрасли, оказывая влияние на многие аспекты работы аэропортов – от операционной эффективности до качества обслуживания пассажиров. В эпоху, когда мобильные приложения играют ключевую роль в повседневной жизни, аэропорты все больше используют их для улучшения пользовательского опыта и увеличения доходов.

Мобильная платформа Baku Airport представляет собой инструмент, который пока что выполняет только базовые функции: предоставление информации о рейсах, терминалах и контактных данных. Однако с учетом опыта других международных аэропортов, таких как Istanbul Airport, становится очевидно, что потенциал таких приложений намного больше. Они могут стать не только удобным помощником для пассажиров, но и значительным источником дохода для аэропорта.

В данной статье мы рассмотрим возможности усовершенствования мобильной платформы Baku Airport, оценим затраты на реализацию этих изменений, сравним ожидаемые результаты с опытом Istanbul Airport и сделаем выводы о финансовой эффективности проекта.

Методы исследования. В рамках исследования для написания статьи был использован комплексный подход, включающий несколько методов. Прежде всего, был проведен анализ текущего состояния мобильной платформы Baku Airport, что позволило выявить ее основные ограничения и недостатки. Это стало отправной точкой для разработки предложений по модернизации. Далее использовался сравнительный анализ, в ходе которого функциональность и финансовые результаты мобильного приложения Baku Airport сопоставлялись с опытом Istanbul Airport. Для обоснования целесообразности изменений применялось экономическое моделирование. Были рассчитаны затраты на разработку, внедрение новых функций, а также прогнозируемые доходы и сроки окупаемости. Эти данные подкрепили финансовую состоятельность предложенного проекта.

Кроме того, в статье использовался метод кейс-стадии, при котором подробно изучен опыт Istanbul Airport. Этот аэропорт был выбран благодаря успешной реализации мобильного приложения, которое стало значимым источником дохода и инструментом повышения

лояльности пассажиров. Особое внимание уделялось проектированию интерфейса. На основе современных принципов UX/UI был разработан примерный дизайн, который демонстрирует, как может выглядеть обновленное приложение.

Результаты и обсуждение. Результаты исследования показали, что модернизация мобильной платформы Baku Airport обладает высоким потенциалом для повышения доходов и улучшения пользовательского опыта. Предложенные функции, такие как бронирование парковки, персонализированные предложения и интеграция коммерческих сервисов, могут обеспечить дополнительный годовой доход в размере 85,000 AZN при относительно низких затратах на разработку (70,000 AZN). Опыт Istanbul Airport подтвердил эффективность подобных решений, продемонстрировав значительный рост доходов и удовлетворенности пассажиров. Анализ показал, что проект может окупиться за 10 месяцев, что делает его экономически выгодным. Внедрение предложений также способствует укреплению имиджа Baku Airport как современного и инновационного транспортного хаба.

Текущее состояние мобильного приложения Baku Airport

На данный момент мобильное приложение Baku Airport ориентировано исключительно на выполнение базовых функций. Пользователи могут проверить информацию о рейсах, узнать расположение терминалов и связаться с аэропортом. Однако этого недостаточно для удовлетворения растущих запросов современных пассажиров, которые ожидают гораздо большего от цифровых инструментов.

Ключевые проблемы текущей версии платформы:

1. *Ограниченная функциональность.* Отсутствуют возможности бронирования услуг, предзаказа товаров из магазинов duty-free или получения персонализированных предложений.
2. *Слабая монетизация.* Приложение не предоставляет возможностей для продажи дополнительных услуг, таких как Fast Track или доступ в бизнес-залы.
3. *Недостаток персонализации.* Пользователи не получают персонализированные рекомендации, основанные на их предпочтениях, что снижает вовлеченность и доверие к приложению.

Международный опыт: Istanbul Airport

Для сравнения обратим внимание на мобильное приложение Istanbul Airport (IGA), которое представляет собой пример успешной реализации цифровых технологий в авиационной отрасли. Приложение предлагает широкий спектр функций, которые значительно улучшают пользовательский опыт и одновременно повышают доходность аэропорта (таблица 1).

Ключевые возможности IGA:

- *Онлайн-бронирование парковочных мест.* Пользователи могут заранее забронировать место на парковке, выбрав подходящий тариф.
- *Оплата услуг через приложение.* Быстрое бронирование и оплата услуг, включая доступ в VIP-зоны и Fast Track.
- *Программа лояльности.* Приложение интегрировано с бонусными программами, позволяя пассажирам накапливать и использовать баллы.
- *Персонализированные предложения.* На основе данных о предпочтениях и маршрутах пользователей приложение генерирует индивидуальные рекомендации.

Таблица 1. Сравнение с Istanbul Airport

Параметр	Istanbul Airport	Baku Airport (после модернизации)
Затраты на разработку	\$150,000	\$41,000 (70,000 AZN)
Прогнозируемый годовой доход	\$12,000,000	\$50,000 (85,000 AZN)
Основные функции	Полный набор	Базовые функции + монетизация

Финансовая эффективность приложения Istanbul Airport:

1. Дополнительный доход от онлайн-сервисов за 2023 год составил 12 миллионов долларов США.
2. Повышение уровня удовлетворенности клиентов, что выражается в увеличении индекса NPS (Net Promoter Score) на 25%. (таблица 2).

Таблица 2. Гистограмма, отображающая финансовую эффективность приложения Istanbul Airport за 2023 год



Возможности модернизации мобильной платформы Baku Airport

На основе анализа текущего состояния платформы Baku Airport и международного опыта можно выделить несколько ключевых направлений для усовершенствования:

1. Введение новых функций монетизации

Мобильное приложение может стать инструментом для генерации дохода, если в него интегрировать следующие функции:

- *Бронирование парковки.* Возможность онлайн-бронирования парковочных мест, с выбором тарифов для краткосрочного и долгосрочного использования.
- *Продажа дополнительных услуг.* Интеграция таких опций, как Fast Track, доступ в бизнес-залы, багажный сервис и т.д.
- *Duty-free и коммерция.* Создание раздела для предзаказа товаров из магазинов аэропорта с возможностью получения скидок при заказе через приложение.

2. Персонализация взаимодействия

Использование анализа данных о поведении пользователей (например, частота полетов, направления, время пребывания в аэропорту) для создания индивидуальных рекомендаций и предложений.

3. Улучшение дизайна и интерфейса

Современный дизайн и удобная навигация помогут сделать приложение более интуитивно понятным для пользователей. Важно учесть мультикультурную аудиторию, обеспечив поддержку трех основных языков: азербайджанского, английского и русского.

Финансовый расчет модернизации

1. Затраты на реализацию:

В условиях Азербайджана стоимость разработки приложения и внедрения новых функций можно оценить следующим образом:

- Анализ и проектирование – 10,000 AZN.
- Разработка и тестирование – 50,000 AZN.

- Маркетинг и продвижение – 10,000 AZN.
Общая стоимость проекта: 70,000 AZN.
- 2. Ожидаемые доходы (в год):
- Доходы от парковки: 50,000 AZN (при загрузке парковочных мест на 60%).
- Продажа дополнительных услуг (Fast Track, бизнес-залы и т.д.): 20,000 AZN.
- Коммерция и duty-free: 15,000 AZN.
- Итого:** 85,000 AZN.
- Срок окупаемости:** ~10 месяцев.

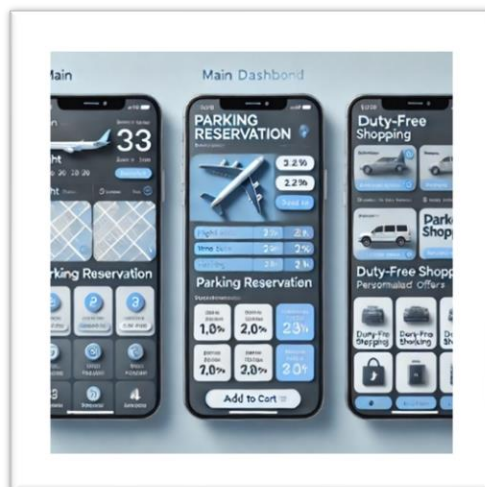


Рисунок 1. Примерный дизайн обновленного приложения

Модернизация мобильной платформы Baku Airport с внедрением функций монетизации и персонализации является финансово оправданным шагом, учитывая быструю окупаемость и потенциал увеличения доходов. Опыт Istanbul Airport демонстрирует, что инновации в цифровых сервисах могут стать мощным инструментом для роста. Данный проект, несмотря на меньший пассажиропоток, позволяет Baku Airport значительно улучшить свою конкурентоспособность и удовлетворенность клиентов.

Литература

- [1]Smith, R. W. (2014). *Airport Finance and Management*. New York: McGraw-Hill Education.
- [2]Murray, G. L. (2020). *Innovation in Aviation: Managing Technology and Investment in Airports*. New York: Routledge.
- [3]Morrison, D., & White, R. S. (2017). *Financial Management for Airports: A Global Approach*. Boston: Pearson.
- [4]Артемьев, С. В. (2015). *Транспортная логистика и развитие инфраструктуры аэропортов*. Санкт-Петербург: Питер.

IMPROVING BAKU AIRPORT'S MOBILE PLATFORM: FINANCIAL APPROACH AND LESSONS FROM INTERNATIONAL EXPERIENCE

Mayilova I.R., Karimov B.A.

Abstract. The article considers the possibilities of modernizing the Baku Airport mobile platform from a financial point of view. The current state of the application is analyzed, its limitations are identified and ways of development are proposed: integration of monetization functions, personalization and

interface improvement. The successful experience of Istanbul Airport is cited, where the mobile application generates significant revenue due to its enhanced functionality. Financial calculation of development costs and projected revenues, taking into account the conditions of Azerbaijan. The comparative analysis showed a quick payback of the project (~10 months) and the potential to increase revenues. The work emphasizes the importance of digital transformation for increasing the competitiveness of the airport and improving the quality of passenger service. A sample interface design is attached.

Keywords: Baku Airport, mobile application, digital transformation, monetization, personalization, user experience, financial efficiency.



AVIAŞİRKƏTLƏRARASI ƏMƏKDAŞLIĞIN YÜKSƏLDİLMƏSİNDƏ “VIRTUAL INTERLINE” SİSTEMİNİN TƏTBİQİ

Hüseynova A.V., Əliyev S.İ.

ahuseynova.60178@naa.edu.az

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Məqalədə, aviaşirkətlər və turizm təşkilatları tərəfindən tətbiq edilən “Virtual Interline” sistemi təsvir edilmişdir. Bu sistem, aviaşirkətlər ilə turizm təşkilatlarının birgə fəaliyyəti nəticəsində, sərnişinlərə daha geniş istiqamət imkanları təklif edən rəqəmsal platforma kimi qiymətləndirilir. “Virtual Interline” sistemi vasitəsilə, sərnişinlər öz marşrut şəbəkəsini daha rahat və səmərəli şəkildə təşkil edə bilərlər.

Açar sözlər: “Virtual Interline” sistemi, aviaşirkətlər, sərnişinlər, IATA, əməkdaşlıq, aviasiya, integrasiya.

Giriş. Aviasiya sənayesində “Virtual Interline” sistemi sərnişinlərə rəsmi tərəfdaşlıqları və ya interline müqavilələri olmayan müxtəlif aviaşirkətlərdən uçuşları birləşdirməyə imkan verən bronlaşdırma metodu kimi xarakterizə olunur. Ənənəvi interline-dan fərqli olaraq, bu sistem vasitəsi ilə aviaşirkətlərin qarşılıqlı şəkildə razılaşdırılmış uçuş cədvəlləri və sərnişinlərin səyahət marşrutları, baqajların emalı və qeydiyyat prosesləri asanlaşdırılır [1].

“Virtual Interline” sistemi, müasir aviasiya sektorunun innovativ texnologiyalarından biri hesab edilir. Bu konsepsiya, birbaşa interline müqavilələrinə (aviaşirkətlər arasında bağlanan ənənəvi interline müqaviləsi) ehtiyac olmadan, aviaşirkətlər və turizm agentlikləri arasında kommersiya sahəsində əməkdaşlıq yaratmaqla yanaşı, onun səmərəli olması üçün əlverişli imkanlar yaradır.

Müasir dövrdə hətta nəhəng aviaşirkət belə, tək bir uçuşla dünyanın bütün hava limanlarına birbaşa uçuşlar yerinə yetirə bilmir. Bu səbəbdən, xüsusilə uzaq məsafələrə səyahət edən sərnişinlərin böyük əksəriyyəti son təyinat məntəqəsinə çatmaq üçün ən azı bir və ya bir neçə transfer məntəqəsindən istifadə etməli olur. Sərnişinlərin “istənilən yerdən istədikləri yerə səyahət etmək” kimi geniş tələblərini qarşılamaq və çox mərhələli uçuşlarla bağlı yaranan narahatlıqları aradan qaldırmaq üçün aviaşirkətlər arasında əməkdaşlıq qaçılmazdır.

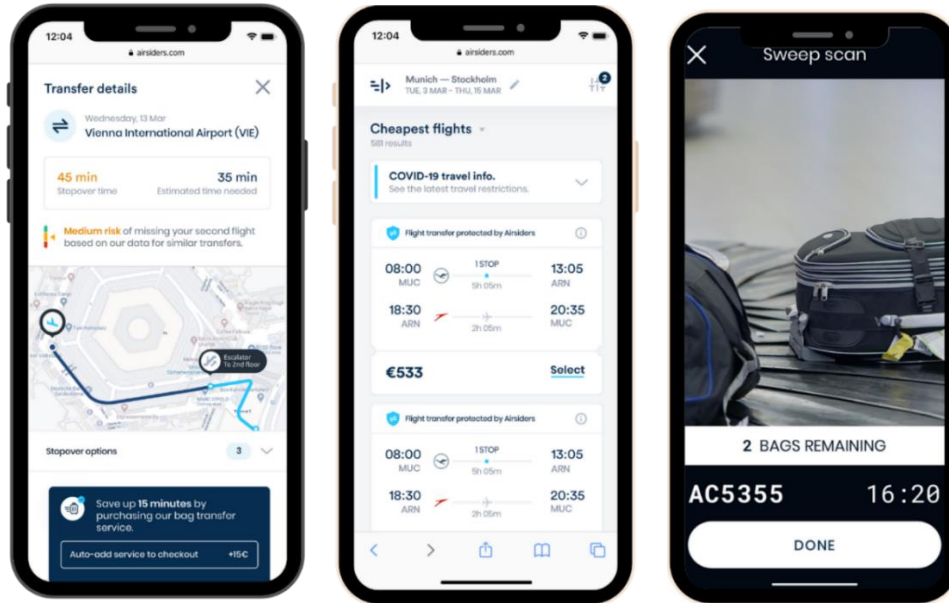
Aviaşirkətlərin birgə fəaliyyəti çərçivəsində müxtəlif növ əməkdaşlıqlar mövcuddur. Bu əməkdaşlıq aviaşirkətlərə daha geniş xidmətlər təklif etməyə və yeni bazarlara daxil olmağa imkan verir. Bununla yanaşı aviaşirkətlər sərnişinlərin rahatlığı üçün daha optimal və effektiv həllər təklif edə bilərlər.

Lakin ənənəvi əməkdaşlıq yaratmaq göründüyü qədər də sadə proses deyil. Əməkdaşlığın qurulması, həm əməliyyat baxımından, həm də hüquqi və texniki aspektlərdən bir sıra çətinliklərlə müşayiət olunur. Ənənəvi əməkdaşlıq, bir çox hallarda o qədər də səmərəli olmur və müxtəlif problemlərlə müşahidə edilir.

Müasir texnologiyaların tətbiqi bu problemlərin həllində mühüm rol oynayır. Yeni sistemlər və yanaşmalar aviaşirkətlərə daha çevik və effektiv əməkdaşlıq mexanizmləri təqdim edir, bununla da həm sərnişin məmnuniyyəti artır, həm də əməliyyatların idarə olunması asanlaşır.

Bu əməkdaşlıq formaları, beynəlxalq miqyasda aviasiya sahəsi üçün əsas baza rolunu oynamış və bu günə qədər Beynəlxalq Hava Nəqliyyatı Assosiasiyası (IATA) tərəfindən idarə olunmaqdadır. Müasir dövrdə hava nəqliyyatı ilə yerinə yetirilən daşımaların 82 faizindən çoxu IATA-ya üzv aviaşirkətlər tərəfindən təmin edilir və bu fakt onun (IATA) qlobal miqyasda aviasiya sahəsində oynadığı strateji rolu vurğulayır. Bu təşkilat hava nəqliyyatı istehlakçıları və aviaşirkətlər üçün kompleks aviasiya xidmətlərini geniş miqyasda optimallaşdıran çoxlu sayda müasir IT texnologiyalar təqdim edir [2].

Qeyd edilən IT texnologiyalarından biri də “Virtual Interline” modelidir. Bu texnologiya ilk dəfə 2012-ci ildə Çexiyanın *Kiwi.com* startapı tərəfindən təqdim edilmişdir. Bu rəqəmsal platforma ənənəvi interline modelinin məhdudiyyətləri və transfer məntəqələrində “reyslərin birləşdirilməsi” arasındakı mövcud olan boşluğu vaxt baxımından minimuma endirmişdir.



Şəkil 1. “Virtual Interline” sisteminin işləmə mexanizmi

Şirkətin süni intellektə əsaslanan alqoritmi, 500-dən çox aviadaşıyıcı və 200-dən çox yerüstü nəqliyyat təminatçısından fərqli marşrutları birləşdirərək sərnəşinlər üçün problemsiz marşrutlar təqdim edir. *Kiwi.com* həmçinin uçuş vaxtı dəyişdirildikdə və ya ləğv edildikdə sərnəşinlərə ödənişlərin geri qaytarılmasını təmin edən xüsusi xidmət təklif edir. “Virtual Interline” ideyası uğurla qəbul edilmiş və digər onlayn bronlaşdırma platformaları, xüsusilə də turizm agentlikləri bu yanaşmanı müştəri xidmətlərini genişləndirən yeni imkanlarla öz fəaliyyətlərinə daxil etmişlər [5].

Cədvəl 1. “Virtual Interline” sisteminin xüsusiyyətləri

Xüsusiyyətlər	Üstünlüklər
Müqavilələr	“Virtual Interline” sistemində heç bir müqavilə mövcud deyil.
İnteqrasiya	API (Application Programming Interface), proqramların və ya sistemlərin qarşılıqlı şəkildə əlaqə qurmasına imkan verən bir vasitədir. Bu sistemin vasitəsilə inteqrasiya asanlıqla həyata keçirilir.
Marşrut tərtibatı	Marşrutlar AI (Süni İntellekt) əsaslı alqoritmlər vasitəsilə qurulur.
Birbaşa qeydiyyat	“Virtual Interline” sistemində birbaşa qeydiyyat mümkün deyil.
Əlavə xidmətlər	Sonsuz sayda əlavə xidmətlər mövcuddur.
Hesablaşma	Dərhal həyata keçirilir.
Əsas amillər	Sərnəşinlər və online turizm agentlikləri (OTAs)

Bu araşdırmada aviaşirkətlərin qarşılıqlı fəaliyyətlərini daha dərinlən öyrənmək məqsədilə həm keyfiyyət, həm də kəmiyyət analiz metodlarından istifadə edilmişdir.

Nəticə. “Virtual Interline” sisteminin istifadəsi, aviaşirkətlər və turizm sahəsində fəaliyyət göstərən agentliklər üçün əhəmiyyətli dərəcədə iqtisadi və strateji faydalar təmin edir. Bu sistem, xüsusilə regional aviaşirkətlər və geniş miqyasda tanınmayan turizm təşkilatları üçün beynəlxalq bazara daxil olma və global marşrut şəbəkələrinə qoşulma imkanı yaradır. Beləliklə, “Virtual Interline”, aviaşirkətlərin daha

da geniş müştəri bazasına xidmət etməsinə, yeni marşrutlar təklif etməsinə və sərfəli qiymətlərlə xidmət göstərməsinə, həmçinin uçuşlar yerinə yetirmədikləri bazarlarda tanınmasına şərait yaradır. Bununla yanaşı, bu rəqəmsal sistem müxtəlif aviasiya və turizm subyektləri arasında sərnişin axınını artırmaqla, hər iki tərəf üçün əlavə gəlir imkanı yaradır.

Sistemin əsas nöqsanı sərnişinlərdən yüksək təcrübə və diqqət tələb etməsidir, çünki, aralıq (transfer) məntəqələrində onların reys dəyişmələri vaxt itirmədən müəyyən çevikliklə təşkil edilməlidir.

Ədəbiyyat

- [1] Əliyev S.İ. Beynəlxalq hava nəqliyyatı sistemi, Bakı, 2023,
- [2] IATA “Virtual Interline” Considerations for Airlines
- [3] <https://www.beumergroup.com/knowledge/airport/virtual-interlining-model/>
- [4] <https://www.altexsoft.com/glossary/virtual-interlining/>
- [5] <https://media.kiwi.com/articles-and-interviews/ten-years-of-virtual-interlining/>

THE IMPLEMENTATION OF THE “VIRTUAL INTERLINE” SYSTEM IN ENHANCING INTER-AIRLINE ALLIANCES

Huseynova A.V., Aliyev S.I.

Abstract. The article describes the “Virtual Interline” system implemented by airlines. This system is considered as a digital platform that offers passengers a wider range of destinations as a result of the joint operations of airlines. Through the “Virtual Interline” system, passengers can organize their route network more easily and efficiently.

Keywords: "Virtual Interline" system, airlines, passengers, IATA, cooperation, aviation, integration.

LOGİSTİKA MƏRKƏZLƏRİNİN OPTİMAL YERİNİN MCDMA METODU İLƏ TƏYİN OLUNMASI



Məhərrəmzadə M.A.

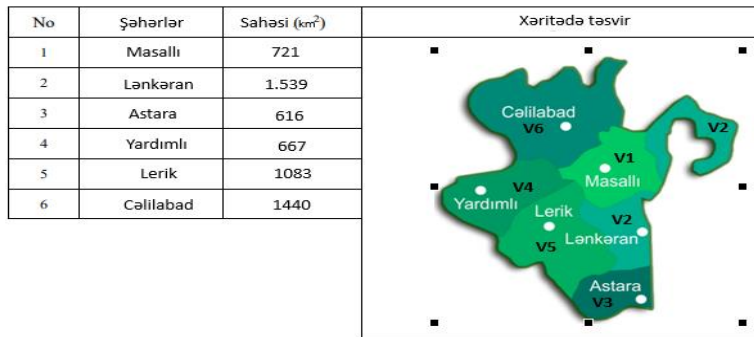
mmaharramzada.32072@naa.edu.az

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Məqalədə logistika mərkəzlərinin optimal yerinin təyin olunmasında MCDMA metodunun 2 əsas mərhələsinin ilkin mərhələsində variantlar üzrə araşdırılmışdır. Nəzərdə keçirilən variantların müxtəlif təsirlərə əsasən göstəricisi hesablanır və ən aşağı və ən yüksək göstəricili olanlar qeyd edilmişdir.

Açar sözlər: logistika mərkəzi, yerləşmə variantları, təsir amilləri, nəqliyyat, optimallaşdırma.

Giriş. Müasir dövrdə texnologiyanın inkişafı sahəsində yeni imkanlar yaranmışdır. Bu imkanlardan ən vacibi kimi süni intellektin tətbiqidir. Süni intellektin köməkliyi ilə logistika mərkəzlərinin seçimində MCDMA metodundan geniş istifadə edilə bilər. Bu hesablama edilməsi üçün müəyyən region üzrə şəhərlər seçilməli və o şəhərlər üzrə müxtəlif variantlar hazırlanmalıdır. Mən bu məqalədə Azərbaycanın cənub zonası üzrə regional logistika mərkəzini təyin etmək üçün bu üsuldən istifadə edəcəm. 6 şəhər üzrə (Masallı, Lənkəran, Astara, Yardımlı, Lerik və Cəlilabad) üzrə variantlar qeyd edək.



Şəkil 1. Variantlar üzrə şəhərlərin xəritəsi

Variant1-Masallı. Masallı rayonu Lənkəran, Lerik, Yardımlı, Cəlilabad, Neftçala rayonları ilə həmsərhəddir. Maksimal hündürlük 917 m, ən aşağı ərazisi Xəzər dənizi sahillərində –26,5 m.dir. İllik yağıntının miqdarı — 600–800 mm arasında dəyişir. Əhali sayı 212min nəfərdir.

Variant2-Lənkəran. İnzibati baxımdan Lənkəran rayonu Astara, Masallı, Lerik inzibati rayonları ilə əhatə olunmuşdur. Ərazisi dağətəyi sahədə 200 metr hündürlükdə, Xəzər dənizi sahilində okean səviyyəsindən 28 metr aşağıda yerləşir. Əhali sayı isə 200 min nəfərə yaxındır.

Variant3-Astara. Şimalda Lənkəran və Lerik rayonları, cənubda İran İslam Respublikası, qərbdə İran İslam Respublikası və Talış dağları, şərqdə Xəzər dənizi həmsərhəddir. Relyefi qərbdə dağlıq (Talış silsilələri), şimal-şərqdə düzənlikdir. Orta hündürlüyü 2000 m-ə yaxındır. Əhali sayı 108 min nəfərdir.

Variant4-Yardımlı. Azərbaycanın cənub-şərq hissəsində, dağlıq ərazidə yerləşir. Yardımlı rayonu İran İslam Respublikası və Azərbaycan Respublikasının Lerik, Masallı və Cəlilabad rayonları ilə həmsərhəddir. Ərazisi əsasən dağlıq relyefdədir. Əhali sayı 62 min nəfərdir.

Variant5-Lerik. Lerik rayonunun ərazisi Talış dağlarının əhatəsindədir. Cənub və cənub-qərbdə Yardımlı, şimal-şərqdə Lənkəran, şimal-qərbdə Masallı, cənub-şərqdə Astara rayonları ilə həmsərhəddir. Şimal tərəfdən İranla həmsərhəddir. Əsasən dağlıq relyefdə yerləşir və əhali sayı 86 min nəfərdir.

Variant6-Cəlilabad. Cəlilabad rayonu şimaldan Biləsuvar, şərqdən Neftçala, cənubdan Masallı, cənub-qərbdən Yardımlı rayonları, qərbdən isə İran İslam Respublikası ilə həmsərhəddir. Ən hündür nöqtəsi 1000 metrə qədər, şərq hissədə bəzi yerləri okean səviyyəsindən aşağıdır. Əhali sayı 230 min nəfərdir.

Bundan başqa, bir neçə əsas amillər var ki, onları da qeyd etmək lazımdır. Bu amillərə nəqliyyat infrastrukturunu (K1), ekoloji inkişaf (K2), investisiya dəyəri (K3), nəqliyyat və logistika cəlbediciliyi əmsalı (K4), sosial mühit (K5), təhlükəsizlik əmsalı (K6) daxildir. Kriteriyalara uyğun cədvəl hazırlanmışdır. Çəkirlərin hesablanması: İkili müqayisə matrisləri qurulduqdan sonra növbəti addım hər bir kriteriyanın və alternativin çəkirlərini hesablamaqdır. Hesablamada süni intellektdən istifadə edərək əsas çəki əmsallarını tapırıq.

Cədvəl1. Çəki əmsalı və limit göstəricisi

		K1	K2	K3	K4	K5	K6
çəki əmsalı	w	7,0	10,0	5,0	8,0	7,0	9,5
	q	10	500	10	1,0	100	1000
limit göstərici	p	30	3500	30	5,0	500	3000
	v	70	7500	100	15,0	2000	7500

Bu, xüsusi vektorun hesablanması ilə ən böyük xüsusi qiymətə uyğun gələn xüsusi vektor və ya çəkirlərini verir. Verilən göstəricilərə və variantlar üzrə matris qururuq və bu matrisi süni intellektin köməkliyi ilə hesablayırıq:

	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6
V_1	1	0.61	0.93	0.01	0.69	0.66
V_2	0.79	1	0.74	0.03	0.73	0.71
V_3	0.77	0.82	1	0.8	0.78	0.7
V_4	0.75	0.57	0.69	1	0.5	0.53
V_5	0.73	0.76	0.76	0.7	1	0.60
V_6	0.6	0.62	0.62	0.76	0.54	1

	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6
V_1	I	P	P	P	P	R
V_2	P	I	P	P	P	R
V_3	P	P	I	P	P	P
V_4	P	P	P	I	P	P
V_5	P	P	P	P	I	P
V_6	R	R	P	P	P	I

Hesablama təcrübələri algoritmi verilmiş göstəricilər üzrə ELECTRE III/IV metodunun kompüter tətbiqi ilə aparılmışdır. Daha sonra üstünlüklərin ümumi modeli müəyyən edilmişdir. Arqumentlərə əsaslanaraq "a b-dən üstün olduğu" iddiasının yerinə yetirilmə dərəcəsini müəyyən edir. Beləliklə, məsələn, V4 və V5 variantlarını götürsək, V-4 qlobal göstəricisi $C(a,b)=0,5$ ilə V-5-dən üstündür. Eyni zamanda V-5-in V-4-ü üstələməsinin tərs göstəricisi $C(b,a)=0,7$ hesablanır. Bu nəticəyə əsasən a, b və b, a göstəricisi 1-ə ən yaxın olanı götürülür. Reytingin aşağı hissəsində iki variant V4 və V5 yerləşdirilib ki, bu da onların öz ərazilərində LC-lərin yerləşdirilməsi üçün ən az arzulanan bölgələri təşkil etdiyini açıq şəkildə göstərir. Bu variantlar həm infrastruktur baxımından, həm də nəqliyyat şəbəkələrinin əlaqəliliyi və ərazi göstəriciləri parametrlərinə görə uyğun deyildir. Təqdim olunan təhlilə əsasən, müəlliflər LC-ni öz ərazilərində yerləşdirmək üçün V2 və ya V3 variantını tövsiyə edirlər.

Nəticə. Qeyd etdiyimiz kimi, logistika mərkəzinin optimal yerinin hesablanması mürəkkəb və çoxmərhələli prosesdir. Məqalədə optimal logistika mərkəzinin yerinin təyin olunmasının ilkin mərhələsində MCDMA metodundan istifadə edilmişdir. Bu üsul digərlərindən fərqli olaraq daha çox riyazi hesablamalara əsaslanır və parametrlər daha dəqiqliklə analiz edilir. Bəzi nəticələr süni intellektin köməkliyi ilə əldə edilmişdir. Ümumilikdə belə nəticəyə gəlinmişdir:

- optimal logistika mərkəzinin yerinin təyin olunması üçün variantlar üzrə araşdırılması daha əlverişlidir;
- regionda logistika mərkəzinin yaradılması olduqca əhəmiyyətlidir və kiçik paylama mərkəzləri əlaqələndirilməlidir;

- logistika mərkəzinin seçilməsi zamanı yaxın gələcəkdə süni intellektin imkanları daha geniş şəkildə istifadə olunmalıdır.

Ədəbiyyat

- [1]The Selection of the Logistics Center Location Based on MCDM/A Methodology-Jacek ŻAK, Szymon WĘGLILSKI,
- [2]Awasthi A., Chauhan S., Goyal S. (2011). A multi-criteria decision making approach for location planning for urban distribution centers under uncertainty. Mathematical and Computer Modelling, 53, 98 – 109. Chen C.L., Yuan T.W., Lee W.C. (2007).
- [3]Business Site Selection, Location Analysis and GIS, New York: John Wiley and Sons.
- [4]“Logistika mərkəzlərinin optimal yerinin təyin olunmasına təsir edən amillər” Məhərrəmzadə M.A., Nəcəfov E.M . Fevral məruzələri-2023
- [5]Кристофер, М. Логистика и управление цепочками поставок. / М. Кристофер; Санкт Петербург, 2004. – 320 с.

DETERMINING THE OPTIMAL LOCATION OF LOGISTICS CENTERS USING THE MCDMA METHOD

Maharramzade M.A.

Abstract. According to the initial plans, the article examines the MCDMA method in two main stages for determining the optimal location of logistics centers. The considered options are assessed based on the various impacts, and those with the lowest and highest levels are identified.

Keywords: logistics center, location options, influencing factors, transport, optimization.



TƏHLÜKƏLİ YÜKLƏRİN EMALINDA RƏQƏMSAL PLATFORMANIN YARADILMASI

Əzimli L.E., İsmayılov P.İ., Nəsirova M.M.

lazimli.60113@naa.edu.az

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Müasir logistikanın ən kritik və çox diqqət tələb edən sahələrindən biri təhlükəli yüklərin daşınması prosesidir. Bu cür yüklərin daşınması zamanı ən kiçik bir səhv və ya nəzarətsizlik böyük fəlakətlərə səbəb ola bilər. Buna görə də, daşınma prosesinin təhlükəsiz və effektiv həyata keçirilməsi üçün müasir texnologiyaların tətbiqi olduqca vacibdir. Bu texnologiyalar, yalnız daşınmanın təhlükəsizliyini artırır, eyni zamanda prosesin səmərəliliyini optimallaşdırmağa, resursları daha effektiv şəkildə istifadə etməyə və nəqliyyatın ekoloji təsirlərini azaltmağa imkan verir. Məqalədə təhlükəli yüklərin emalında istifadə edilən innovativ texnologiyaların rolu, xüsusilə yeni rəqəmsal platformanın yaradılması və bunun logistika sənayesinə, həmçinin cəmiyyətə gətirdiyi faydalar ətrafı şəkildə araşdırılmışdır. Rəqəmsal platformanın yaradılmasında əsas məqsəd, bu sahədə müasir texnologiyaların tətbiqinin zəruriliyini izah etmək və onun təhlükəsizlik, effektivlik və şəffaflıq baxımından təmin edə biləcəyi üstünlükləri nümayiş etdirməkdir.

Açar sözlər: təhlükəli yük, logistika, texnologiya, RFID, GPS, IoT, süni intellekt.

Giriş. Təhlükəli yüklərin emalı və daşınması mürəkkəb, eyni zamanda yüksək riskli bir prosesdir. Bu prosesin effektiv şəkildə idarə olunması üçün müxtəlif texnologiyaların inteqrasiyası və onları birləşdirən vahid bir platformanın yaradılması mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Rəqəmsal platforma təhlükəli yüklərin daşınması zamanı məlumatların real vaxt rejimində izlənilməsi, təhlükəsizlik tədbirlərinin təkmilləşdirilməsi, əməliyyatların sürətləndirilməsi və proseslərin şəffaflığını təmin edir. Belə bir platformanın tətbiqi sənayenin bütün iştirakçıları üçün daha effektiv və təhlükəsiz bir mühit yaradır. Burada əsas məqsəd təhlükəsizlik səviyyəsini artıraraq risklərin izlənilməsi, proqnozlaşdırılması və idarə olunması məqsədilə texnoloji həllər təqdim etmək, proseslərin effektivliyini təmin etmək üçün avtomatlaşdırma, o cümlədən rəqəmsal vasitələrdən istifadə edərək əməliyyatların daha sürətli və qənaətcil şəkildə həyata keçirilməsini təmin etməkdir. Eyni zamanda məlumat mübadiləsində şəffaflığı artırmaq, ətraf mühitə təsirin azaldılması, təhlükəli yüklərin daşınmasında beynəlxalq qaydalara riayət etməklə qanunvericilik və sənaye tələblərinə uyğun həllər təklif etməkdir.

Hava nəqliyyatında təhlükəli yüklərin daşınması bir sıra problemləri özü ilə gətirir. Bu problemlərin ən başlıcası təhlükəsizlik məsələsidir. Təhlükəli yüklər yüksək reaktivlik göstərə bilər, bu da həm daşıma zamanı qəza riskini artırır, həm də ətraf mühit üçün böyük təhdidlər yaradır [1].

Digər tərəfdən, bu yüklərin daşınması ciddi qaydalara uyğun olaraq həyata keçirilməlidir. Beynəlxalq Hava Nəqliyyatı Assosiasiyasının (IATA) təhlükəli yüklər üzrə qaydaları, həmçinin müxtəlif ölkələrin yerli qanunvericilikləri ciddi standartlar müəyyən edir [2, 3]. Bu qaydalara uyğunluq təmin olunmazsa, böyük hüquqi və maliyyə problemləri ortaya çıxa bilər.

Üçüncü problem isə logistika və əlaqələndirmə ilə bağlıdır. Təhlükəli yüklərin daşınmasında müxtəlif maraqlı tərəflərin, o cümlədən yük sahibləri, aviasirkət, gömrük orqanları və təyinat məntəqələrindəki operatorların birgə çalışması tələb olunur. Bu proseslərdəki əlaqəsizlik və ya məlumat axınındakı boşluqlar ciddi kommunikasiya problemləri yaradır.

Hava nəqliyyatında təhlükəli yüklərin daşınmasında texnologiya əsas rol oynayır [4]. Müasir texnologiyalar bu sahədə təhlükəsizlik səviyyəsini artırmaqla yanaşı, prosesləri daha səmərəli həyata keçirmək məqsədi daşıyır.

Texnologiyanın inkişafı təhlükəli yüklərin daşınmasını daha təhlükəsiz və ekoloji cəhətdən uyğun hala gətirir. Bu yeniliklər yalnız riskləri azaltmır, eyni zamanda daşınma prosesini daha sürətli və iqtisadi cəhətdən səmərəli edir. Azərbaycanda və dünya miqyasında bu texnologiyaların geniş tətbiqi təhlükəsiz daşımların həyata keçirilməsində mühüm rol oynayır.

Yuxarıda qeyd edilənləri nəzərə alaraq deyə bilərik ki, təhlükəli yüklərin daşınması sahəsində həm təhlükəsizlik səviyyəsini artırmaq, həm də prosesləri effektiv idarə etmək üçün rəqəmsal platformanın yaradılması olduqca vacibdir. Bu platforma müxtəlif funksiyaları özündə birləşdirən integrasiya edilmiş bir həll olaraq təhlükəli yüklərlə işləyən şirkətlərin fəaliyyətini asanlaşdıracaq. Aşağıdakı komponentlər bu təklifi dəstəkləmək üçün əsas istiqamətləri müəyyən edir:

Real vaxtda izləmə: təhlükəli yüklərin daşınmasında monitorinq və izləmə texnologiyaları böyük əhəmiyyət kəsb edir. Platforma vasitəsilə GPS və IoT texnologiyalarına əsaslanan real vaxt izləmə sistemlərinin birləşdirilməsi təmin olunmalıdır. Yük konteynerlərində quraşdırılmış sensorlar vasitəsilə temperatur, təzyiq və vibrasiya kimi parametrlərə nəzarət edilir. RFID texnologiyası isə yüklərin identifikasiyasını sürətləndirərək məlumatların avtomatik ötürülməsini təmin edir. Bu cür texnologiyalar daşınma prosesinin şəffaflığını artırır və risklərin qarşısını almaqda mühüm rol oynayır.

Marşrut seçimi və planlaşdırma: təhlükəli yüklərin daşınmasında xüsusi əhəmiyyətə malik olan digər bir amil isə düzgün marşrut seçimi və planlaşdırılmanın yerinə yetirilməsidir. Bu platforma yüklərin daha optimal və təhlükəsiz yollarla daşınmasını təmin edir [5]. Burada daşınma zamanı mümkün olan maneələr, o cümlədən yol bağlanmaları və pis hava şəraiti nəzərə alınır. Belə yanaşma risklərin azaldılması ilə yanaşı, daşınma vaxtının optimallaşdırılmasına və logistika xərclərinin azaldılmasına şərait yaradır.

Risklərin idarə olunması modulu: süni intellektə əsaslanan analitik vasitələrin köməyiylə potensial risklərin əvvəlcədən proqnozlaşdırılması və onlara qarşı tədbirlər görülməsi üçün mexanizmlər qurulmalıdır [6]. Süni intellekt əsaslı analiz sistemləri yüklərin vəziyyətini, marşrutda baş verə biləcək potensial təhlükələri təhlil edir və qabaqlayıcı tədbirlər görməyə imkan verir.

Sənədləşdirmə və rəqəmsallaşdırma: rəqəmsallaşdırma və süni intellektin tətbiqi təhlükəli yüklərin daşınmasında inqilabi dəyişikliklərə səbəb olub. Elektron sənədləşdirmə sistemləri daşınma ilə bağlı məlumatların dəqiq və şəffaf ötürülməsini təmin edir. Blockchain texnologiyası bu sahədə şəffaflıq və təhlükəsizliyi artırır, yükün hər mərhələdə izlənməsinə şərait yaradır. Süni intellekt isə sənədləşdirmə ilə bağlı səhvlərin qarşısının alınması üçün istifadə olunur [7].

Təlim və simulyator sistemlərinin integrasiyası: işçilərin təlimi üçün VR/AR əsaslı təlim modulları platformada yer almalıdır. Bu, təhlükəsizliyin təmin edilməsində təlim və simulyatorların da təsiri danılmazdır. Virtual Reallıq (VR) və artırılmış reallıq (AR) texnologiyaları təhlükəli yüklərlə işləyən personalın daha yaxşı peşəkar hazırlanmasını təmin edir. Bu sistemlər işçilərə potensial təhlükəli vəziyyətləri simulyasiya edərək onlarla necə mübarizə aparmaq lazım olduğunu öyrədir. Belə təlim metodları işçilərin bilik və bacarıqlarını artırır, həmçinin personalın real vəziyyətlərə hazırlığını təmin edir və qəza riskini minimuma endirir.

Ətraf mühitin mühafizəsi və uyğunluq monitorinqi: təhlükəli yüklərin daşınması zamanı ətraf mühitə təsir böyük əhəmiyyət kəsb edir. Sızma halları və ya qəza nəticəsində baş verə biləcək çirklənmə ciddi ekoloji problemlərə yol açə bilər. Bu baxımdan, texnologiyalar ətraf mühitin qorunmasına yönəlmiş həllər təqdim edir. Xüsusi izolyasiya texnologiyaları və ekoloji cəhətdən uyğun konteynerlər sızma hallarını minimuma endirir. Platformaya daşınma zamanı ətraf mühitə təsirin azaldılmasına nəzarət edən göstəriciləri daxil etməli, onun milli və beynəlxalq qaydalara uyğunluğu yoxlanılmalıdır.

Təhlükəli yüklərin emalı üçün rəqəmsal platformanın yaradılmasının biznes planı

1. İcra xülasəsi:

Məqsəd: Nəqliyyatda təhlükəli yüklərin daşınmasında təhlükəsizlik, effektivlik və şəffaflığı artıran rəqəmsal platformanın yaradılması.

Missiya: İstifadəçilərin ehtiyaclarını qarşılamaqla daşınma proseslərinin avtomatlaşdırılması və risklərin idarə edilməsi.

Strateji hədəf: İlk iki ildə regional bazarda lider olmaq və beş il ərzində beynəlxalq bazarlara çıxış əldə etmək.

Hədəf bazarı:

- Regionda fəaliyyət göstərən təhlükəli yük daşıyan şirkətlər;
- Beynəlxalq logistika təminatçıları;
- Yük təhlükəsizliyinə yüksək dərəcədə ehtiyac duyan sənaye sahələri.

2. *Məhsul və xidmətlər:*

- Real vaxtda izləmə;
- Marşrut seçimi və planlaşdırma;
- Risklərin idarə olunması modulu;
- Sənədləşdirmə və rəqəmsallaşdırma;
- Təlim və simulyator sistemlərinin integrasiyası;
- Ətraf mühitin mühafizəsi və uyğunluq monitorinqi.

Əlavə dəyərlər:

- Çatdırılma müddətinin azalması;
- Gələcək risklərin proqnozlaşdırılması;
- Xərclərin optimallaşdırılması.

3. *Maliyyə planı:*

1. İlk investisiya (başlanğıc xərclər)

Cədvəl 1. Platformanın inkişaf etdirilməsi üçün lazım olan ilkin investisiya

Xərclər kateqoriyası	Miqdarı (AZN)	İzah
Proqramın hazırlanması	50 000	Platformanın dizaynı, proqramlaşdırılması
Server və texnoloji infrastruktur	10 000	Bulud xidmətləri və texnoloji cihazlar
Marketinq və reklam	15 000	Platformanın tanıtılması üçün reklam kampaniyaları
Hüquqi xidmətlər və lisenziyalar	5 000	Lazımi icazə və lisenziyaların alınması
Digər xərclər (ehtiyat fondu)	10 000	Gözlənilməz xərclər üçün
Cəmi	90 000	

2. Əməliyyat xərcləri (Aylıq)

Cədvəl 2. Platformanın işləməsi üçün tələb olunan aylıq xərclər

Xərclər kateqoriyası	Miqdarı (AZN)	İzah
Server və bulud xidmətləri	1 000	Platformanın işləməsi üçün texniki dəstək
Texniki dəstək heyəti	3 000	İki nəfər texniki dəstək işçisi (hər biri 1500 AZN)
Marketinq	2 000	Abunəçi bazasını genişləndirmək üçün davamlı reklamlar
İnzibati xərclər	1 000	Ofis, kommunikasiya və digər əməliyyat xərcləri
Cəmi	7 000	

3. Gəlirlərin proqnozu (Abunəlik modeli):

Platforma aylıq abunəlik əsasında gəlir əldə edir:

Cədvəl 3. Müştəri sayı və abunə haqqı nəzərə alınaraq proqnoz edilən gəlir

Göstəricilər	İzah
Abunə haqqı	100 AZN
İlkin müştəri sayı	50 müştəri
Aylıq gəlir:	50 x 100 = 5 000 AZN

Aylıq gəlir:

$$G = (N \times P) - K$$

(1)

Burada:

- G: Ümumi aylıq gəlir;
- N: Aktiv müştəri sayı;
- P: Abunə qiyməti (məsələn, aylıq 100AZN);
- K: Əməliyyat xərcləri (server, texniki dəstək və s.).

Gələcək artım proqnozu (2 il ərzində): Müştəri sayı hər ay 10% artarsa, 12-ci ayda müştəri sayı belə hesablanır:

- Müştəri sayı = $50 \times (1 + 0.1)^{12} = 157$ müştəri
- 12-ci aydakı gəlir = $157 \times 100 = 15\,700$ AZN

4. Mənfəət və zərər hesabı (Aylıq)

Cədvəl 4. Gəlir və xərclərin balansı

Göstərici	Miqdarı (AZN)
Ümumi gəlir	5 000
Ümumi əməliyyat xərcləri	7 000
Mənfəət/Zərər	-2 000 (İlk ay)

Proqnoz:

- Müştəri sayı artdıqca, gəlir əməliyyat xərclərini aşır.
- 10-cu ayda mənfəətə çıxmaq mümkündür:
- 100 müştəri = 10 000 AZN gəlir
- Mənfəət = $10\,000 - 7\,000 = 3\,000$ AZN

Cədvəl 5. 3 illik maliyyə proqnozu (cəmi)

İl	Müştəri sayı (orta)	Ümumi gəlir (AZN)	Xərclər (AZN)	Xalis mənfəət (AZN)
1-ci il	100	120 000	84 000	36 000
2-ci il	200	240 000	120 000	120 000
3-cü il	400	480 000	180 000	300 000

- İlk 10 ay ərzində zərər gözlənilir.
- Müştəri sayı və gəlir artımı ilə 1-ci ilin sonu və ya 2-ci ilin əvvəlində mənfəət əldə edilir.
- 3-cü ilin sonunda platformanın mənfəəti əhəmiyyətli dərəcədə artır.

5. Marketing və satış strategiyası

Büdcə: Marketing üçün ilkin büdcə aşağıdakı kimi hesablanı bilər:

$$MB = (İ \times M\%)$$

Burada:

- MB: Marketing büdcəsi;
- İ: İlkin investisiya;
- M%: Marketingə ayrılan faiz (məsələn, 10-15%).

6. Risklərin qiymətləndirilməsi və idarə edilməsi

Risqlərin dəyərləndirilməsi:

Hər risk üçün aşağıdakı düsturla risk indeksi hesablanı bilər:

$$R = P \times T$$

Burada:

- R: Risk dəyəri;
- P: Riskin baş vermə ehtimalı;
- T: Riskin təsir dərəcəsi.

Tədbirlər:

- Yüksək risklər üçün planlı təhlükəsizlik və monitoring həllərinin tətbiqi;
- Təhlükəsizlik üzrə beynəlxalq standartlara uyğunluq (ISO və s.).

Nəticə. Rəqəmsal platformanın yaradılması təhlükəli yüklərin emalı və daşınmasında bir sıra üstünlüklər təmin edir. Bu isə öz növbəsində nəinki riskləri azaltmağa, həm də proseslərin daha effektiv, şəffaf və ekoloji cəhətdən uyğun təşkilinə imkan verir. Belə bir platformanın yaradılması logistika sahəsində inkişafa təkan verərək, təhlükəsizlik və effektivlik baxımından yeni standartlar müəyyən edə bilər.

Azərbaycanda bu cür platformanın yaradılması təhlükəli yüklərin daşınması ilə məşğul olan şirkətlərin rəqabət qabiliyyətini artırmaqla yanaşı, ölkənin beynəlxalq logistika şəbəkəsinə daha etibarlı şəkildə integrasiyasını təmin edəcək. Bu, həm də milli iqtisadiyyatın inkişafına töhfə verəcək strateji bir addım olacaqdır.

Ədəbiyyat

- [1] Recommendations on the Transport Of Dangerous Goods Model Regulations // ST/SG/AC.10/1/Rev.21 (Vol.I) - 2019, 470p.
- [2] IATA Dangerous Goods Regulations., 65 th Edition (English) // Addendum // Posted 30 April 2024
- [3] Hazardous Materials Regulations // Title 49 — Code Of Federal Regulations, DHM-50 Washington 2023, Parts 100 To 185
- [4] D.A.Məmmədov., Nəqliyyat Daşımaları Texnologiyaları // Bakı – 2022., page 180
- [5] “Qarabağda Yeni İqtisadiyyat Quruculuğu: Ağdamdan İnkişaf İmpulsları” “I Beynəlxalq elmi-praktik konfrans”ın materialları // SALMANOV Ceyhun., “Qarabağda İnnovativ İqtisadi Sahələrin İnkişaf Potensialı Və Perspektivləri” // Ağdam-Bakı – 16-17 sentyabr 2021-ci il, 28-31p
- [6] Milli təhlükəsizlik və hərbi elmlər, 2015-ci il, №1 // B.Ş.Quliyev., “Siyasi Təhlükəsizlik – Milli Təhlükəsizliyin Tərkib Hissəsi Kimi”., 194-197p
- [7] <https://www.coupa.com/company/>

CREATING A DIGITAL PLATFORM FOR HANDLING OF DANGEROUS GOODS

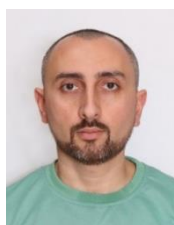
Azimli L.E., Ismayilov P.I., Nasirova M.M.

Abstract. One of the most critical and attention-demanding areas of modern logistics is the process of transporting dangerous goods. Even the smallest mistake or negligence during the transportation of such goods can lead to major disasters. Therefore, the application of modern technologies is crucial to ensure the safe and efficient execution of the transportation process. These technologies not only enhance the safety of the transportation but also optimize the efficiency of the process, enable more effective use of resources, and reduce the ecological impact of transportation. This article discussed the role of innovative technologies in the transportation of dangerous goods, with a particular focus on the creation of a new digital platform for dangerous goods handling, and analyzed the advantages these technologies bring to both the logistics industry and society.

The main goal of the article on creating a digital platform for the handling of dangerous goods is to explain the necessity of applying such technologies in this field and demonstrate the advantages that such a platform can offer in terms of safety, efficiency, and transparency.

Keywords: dangerous goods, logistics, technology, IATA, RFID, GPS, IoT, artificial intelligence.

BÖLMƏ 7. FİZİKA-KİMYA TEXNOLOGİYALARI

CaGa₂S₄-CaS:Eu²⁺ KOMPOZİTLƏRİNİN ALINMA METODLARININ
STRUKTUR VƏ OPTİK XASSƏLƏRƏ TƏSİRİ

Hüseynov İ.T., Ələskərov F.K., Sadıqzadə K.F., Məhərrəməzadə M.A., Prozorov N.İ.

mr.ihuseynov89@gmail.com

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Təqdim olunan məqalədə müasir işıqlandırma sistemlərində ağ işıq diodlarının hazırlanması üçün perspektivli materiallar olaraq ikiqat CaS və üçqat CaGa₂S₄ yarımkeçirici birləşmələrinin qarışıqlarının tədqiqi təqdim olunur. Bu materiallar iki fərqli üsulla — mexaniki qarışım və bərk cisim reaksiyası ilə sintez edilmişdir. Əldə olunan CaGa₂S₄-CaS:Eu²⁺ kompozitlərinin rentgen-faza, həyəcanlanma və şüalanma spektrləri otaq temperaturunda müqayisəli şəkildə analiz edilmişdir. Tədqiqat nəticələri göstərir ki, yeni texnologiyaların işlənməsi ağ işıq diodlarının hazırlanmasında böyük imkanlar yaradır.

Açar sözlər: ağ işıq diod, kompozit birləşmə, nadir torpaq elementi, qələvi torpaq elementi, həyəcanlanma, şüalanma.

Giriş. Müasir texnologiyada ağ işıq diodlar (LED) işıqlandırma sahəsində tətbiqi baxımından insan həyatına birbaşa təsir göstərən elektron cihazlardan birini təmsil edir [1]. Son 20 ildə yüksək effektivli lüminoforlar əsasında LED-lərin yaradılması texnikasındakı inkişaf bərk cisim işıqlandırmasının məqsədinə çatmaq əsas istiqamət olmuşdur. Belə ki, bu mövzu çərçivəsində “enerjiyə qənaət və uzun işləmə müddəti” anlayışı bugünkü texnologiyanın əsas nöqtəsinə çevrilmişdir.

Sənayedə daha səmərəli və ekoloji təhlükəsi olmayan işıq mənbələri tələb olunduğundan, yaxşı optoelektron xüsusiyyətlərə malik yeni yarımkeçirici materialların tədqiqatına maraq əhəmiyyətli dərəcədə artmışdır [2-3].

Hal-hazırda qələvi torpaq tioqallatları əsasında müxtəlif rəngli lüminofor materialların sintezi işıqlandırma sahəsində diqqəti cəlb etmişdir. Bu istiqamətdə nadir torpaq elementləri ilə aşqarlanmış kalsium tioqallatları və qələvi metal sulfidləri (CaS və CaGa₂S₄) üzərində bir sıra tədqiqatlar aparılmışdır [4-7].

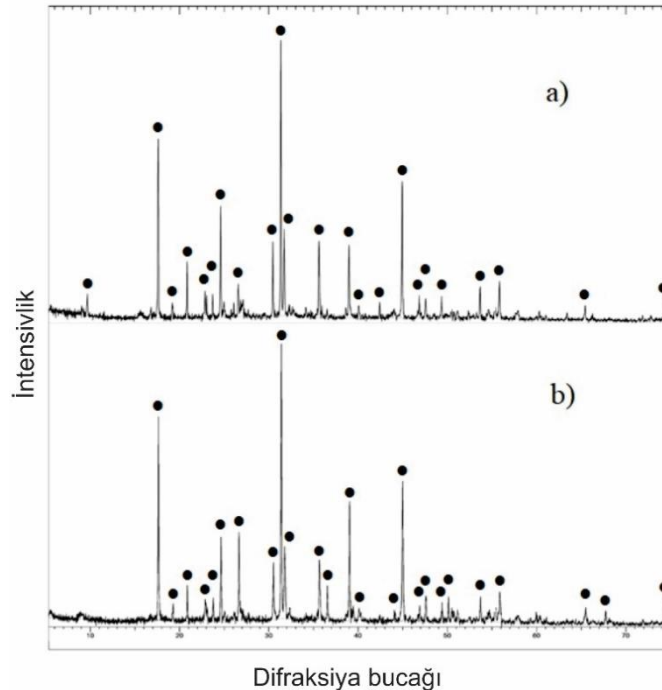
Məqalədə Eu²⁺ nadir torpaq elementi ilə aşqarlanmış CaGa₂S₄ və CaS yarımkeçirici birləşmələrin lüminessent xassələri (həyəcanlanma və şüalanma) və rentgen faza analizləri tədqiq edilmişdir.

Metodlar. Məqalədə Eu²⁺ nadir torpaq elementi ilə aşqarlanmış CaGa₂S₄-CaS kompozit birləşmənin iki metod ilə hazırlanması, bu mürəkkəb birləşmələrin rentgen və lüminessensiya analizləri göstərilmişdir. İlkin olaraq hər bir birləşmə (CaGa₂S₄ və CaS) 5% nadir torpaq elementi ilə 1100°C temperaturda bərk cisim reaksiyası ilə 1 saat müddətində avtomatlaşdırılmış sobada fasiləsiz iş rejimində sintez edilmişdir. Sintez edilən hər iki nümunə Planetary Micro Mill PULVERISETTE 7 dəyirmanında üyüdülmüşdür. Sonrakı mərhələdə üyüdülmüş nümunələr 2:1 nisbətində (CaGa₂S₄ : CaS) götürülərək aşağıdakı iki üsul ilə tədqiq edilmişdir.

1. Birinci üsulda (A) 2 mol CaGa₂S₄: Eu²⁺ və 1 mol CaS:Eu²⁺ nümunələrin ovuntuları mexaniki olaraq qarışdırılmış və analizlər üçün hazırlanmışdır;
2. İkinci üsulda (B) 2 mol CaGa₂S₄: Eu²⁺ və 1 mol CaS:Eu²⁺ nümunələrin ovuntuları kvarts ampulaya yerləşdirilərək 10-4-10-5 mm civə sütunu tərtibində vakuum olunmuşdur. Hazırlanan ampula daha sonra bərk cisim reaksiyası ilə 1100°C temperaturda sintez edilmişdir. Sintezdən alınan kristal maddə üyüdülməklə analizlər üçün hazırlanmışdır.

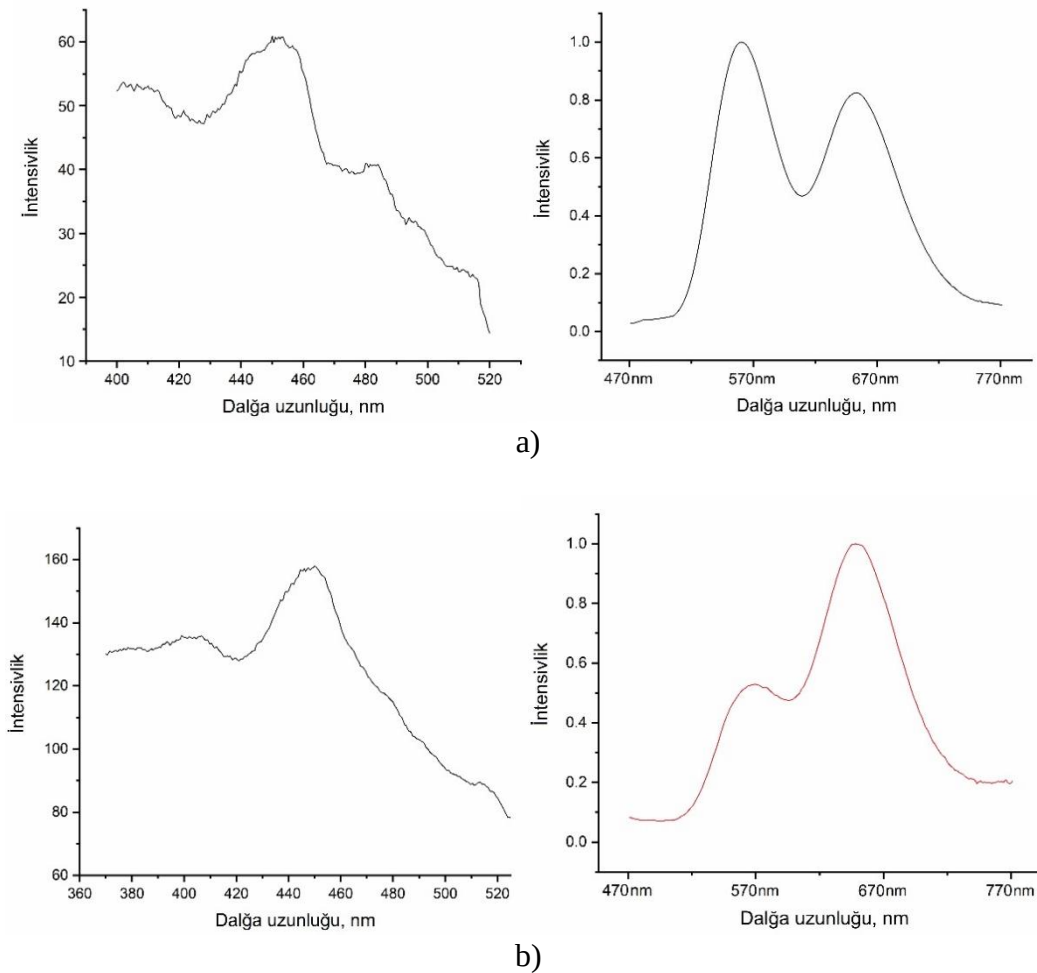
Nümunələrin rentgen-faza və lüminessensiya (həyəcanlanma və şüalanma spektrləri) analizləri otaq temperaturunda aparılmışdır.

Nəticə və müzakirələr. Hər iki üsul ilə hazırlanan $\text{CaGa}_2\text{S}_4\text{-CaS:Eu}^{2+}$ kompozit nümunələrin rentgen-faza analizləri difraktometrə tədqiq edilmişdir. Şəkil 1 (a,b) – də A və B üsul üzrə rentgen spektrləri $10^\circ \leq 2\theta \leq 75^\circ$ bucaq diapazonunda ölçülmüşdür. A və B spektrlərinə diqqət etsək uyğun olaraq 23 və 25 difraksiya piki müşahidə edilir. Rentgen-faza analizlərində yaranmış kiçik fərqlərə əsasən deyə bilərik ki, mexaniki qarışım üsulu ilə hazırlanan nümunədə kristallik quruluş tam formalaşmadığı üçün difraksiya piklərinin intensivliyi nisbətən azdır və defektlərin mövcudluğu daha çoxdur.



Şəkil 1. A (a) və B (b) nümunələrin rentgen-faza analizləri

Tədqiqatın sonrakı mərhələsində A və B nümunələrin həyəcanlanma və şüalanma spektrləri tədqiq edilmişdir. Həyəcanlanma spektri uyğun olaraq A nümunəsində dalğa uzunluğunun 400 – 520nm və B nümunəsində 370 – 520nm oblastını əhatə edən geniş zolaqdan ibarətdir. Spektrdən aydın görmək olar ki, dalğa uzunluğunun bir neçə nöqtələrində maksimumlar müşahidə olunur. Hər iki nümunənin həyəcanlanma spektrində ən intensiv maksimum 450nm – ə uyğun gəldiyinə görə şüalanma spektrinin tədqiqi bu dalğa uzunluğunda aparılmışdır. Maddələrin şüalanma spektrləri dalğa uzunluğunun 470 - 770 nm oblastını əhatə edən və Eu^{2+} ionunun $5d \rightarrow 4f$ keçidləri ilə bağlı olan iki maksimumlu geniş spektrdən ibarətdir. A və B maddələrinin şüalanma spektrinin müqayisəsindən görürük ki, 560 nm dalğa uzunluğunda müşahidə edilən maksimumun intensivliyində nəzərə cəpacaq fərq müşahidə olunur. Müşahidə olunan bu fərq maddənin alınma texnologiyası ilə bağlı olaraq kristal strukturdakı fərqlə bağlıdır. Belə ki, mexaniki qarışıq nəticəsində alınan maddənin kristallik quruluşu tam formalaşmayıb, çünki qarışıq yalnız fiziki olaraq birləşdirilib. Yüksək temperaturda sintez olunmuş nümunədə isə faza keçidləri və homogen kristallik struktur daha yaxşı formalaşmışdır. Bu, həyəcanlanma və şüalanma spektrlərində fərqlərə səbəb olur. Mexaniki qarışıqda defektlərin sayı daha çoxdur, bu da enerji səviyyələrinə əlavə töhfə verir və şüalanmanın intensivliyini artırır. Yüksək temperaturda sintez edilmiş nümunədə isə defektlərin sayı azalır bu da şüalanma intensivliyini bir qədər zəiflədir. Bildiyimiz kimi defektlər kristal strukturda enerji səviyyələri yaradır və bu səviyyələr elektronları tutaraq sonra onları işıq şəklində buraxa bilər. Yəni, daha çox defekt daha çox şüalanma mərkəzi deməkdir. Sintez zamanı defektlərin azalması isə bu mərkəzləri azaldır və işığın yaranma ehtimalını aşağı salır, nəticədə birinci pikin intensivliyi zəifləyir.



Şəkil 2. A və B nümunələrin həyəcanlanma və şüalanma spektrləri

Aparılmış tədqiqat nəticələri göstərdi ki, $\text{CaGa}_2\text{S}_4\text{-CaS:Eu}^{2+}$ kompozitlərinin sintezi üçün mexaniki qarışım və bərk cisim reaksiyası üsulları fərqli struktur və optik xassələr təqdim edir. Mexaniki qarışım üsulu daha yüksək şüalanma intensivliyi təmin etsə də, bərk cisim reaksiyası ilə sintez edilmiş nümunələrdə daha homogen kristal strukturlar formalaşır. Bu, ağ işıq diodlarının hazırlanması üçün perspektivli materialların əldə edilməsində bərk cisim reaksiyası üsulunun üstünlüyünü göstərir. Ağ işıq diodlarının hazırlanmasında materialların homogenliyi və uzunmüddətli stabil optik xassələri vacibdir. Bərk cisim reaksiyası bu tələblərə daha çox cavab verir, çünki mexaniki qarışım üsulu ilə əldə edilən defektli strukturlar zamanla sabitliyini itirə bilər. Alınan nəticələr müasir işıqlandırma texnologiyaları üçün əhəmiyyətli imkanlar yaradır.

Ədəbiyyat

- [1] Fabien Boitier, Chiharu Hidaka, Takeo Takizawa, Enhancement of Mn red emission in CaGa_2S_4 compounds by co-doping rare-earth elements, *Journal of Luminescence*, Volume 129, Issue 5, Pages 554-562, (2009)
- [2] Xiaoxue Huo, Zhijun Wang, Chunjing Tao, Nan Zhang, Dawei Wang, Jinxin Zhao, Zhiping Yang, Panlai Li, Single-component white emitting phosphor $\text{Mg}_2\text{Y}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{12}:\text{Tb}^{3+}, \text{Eu}^{3+}, \text{Tm}^{3+}$ for white LEDs, *Journal of Alloys and Compounds* Volume 902, 163823, (2022)

- [3] I.T. Huseynov, F.K. Alaskarov, I.Z. Sadikhov, M.A. Maharramzade, Application of CaGa_2S_4 -CaS composite compound to white light emitting diodes, 4th International Conference On Innovations In Natural Science And Engineering, 26-30 october, (2022)
- [4] Huseynov I.T., The characteristic analysis of continuous light diodes, Modern Physics Letters B, 2150247, (2021)
- [5] Le Thi Thuy My, My Hanh Nguyen Thi, Hoang Thinh Nhan, Yellow-green emitting $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ phosphor: an application for enhancing the luminous flux of the white light emitting diodes, Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science Vol. 32, No. 1, pp. 90-97, (2023)
- [6] R.L. Nyenge, H.C. Swart, O.M. Ntwaeaborwa, Luminescent properties, intensity degradation and X-ray photoelectron spectroscopy analysis of $\text{CaS}:\text{Eu}^{2+}$ powder, Optical Materials, volume 40, 68–75, (2015)
- [7] I.T. Huseynov, T.G. Naghiyev, U.R. Rzayev, E.M. Huseynov, S.H. Jabarov, Effect of the europium doping on the calcium sulphide: structural and thermal aspects, UNEC Journal of Engineering and Applied Sciences Vol. 2, No. 1, pp. 85-91, (2022)

THE EFFECT OF SYNTHESIS METHODS OF CaGa_2S_4 - $\text{CaS}:\text{Eu}^{2+}$ COMPOSITES ON THEIR STRUCTURAL AND OPTICAL PROPERTIES

Huseynov I.T., Aleskerov F.K., Sadıgzade K.F., Maharramzade M.A., Prozorov N.I.

Abstract. The presented article presents a study of mixtures of double CaS and triple CaGa_2S_4 semiconductor compounds as promising materials for the preparation of white light-emitting diodes in modern lighting systems. These materials were synthesized by two different methods - mechanical mixing and solid-state reaction. The X-ray phase, excitation and emission spectra of the obtained CaGa_2S_4 - $\text{CaS}:\text{Eu}^{2+}$ composites were analyzed comparatively at room temperature. The research results show that the development of new technologies creates great opportunities in the preparation of white light-emitting diodes.

Keywords: white light diode, composite compound, rare earth element, alkaline earth element, excitation, emission.



ZRC NANOHISSƏCİKLƏRİNİN QAMMA ŞÜALANMADAN ƏVVƏL VƏ SONRA İNFRAQIRMIZI SPEKTRLƏRİNİN MÜQAYİSƏLİ ŞƏKİLDƏ ANALİZİ

Muradova G.İ.

gulnar-isgenderova@mail.ru

Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Radiasiya Problemləri İnstitutu

Xülasə. Təqdim olunan işdə nano ZrC birləşməsinin strukturunun öyrənilməsi məqsədilə nümunələrin infraqırmızı spektrləri qamma şüalanmadan öncə və sonra fəza tezliyinin $400-4000\text{ sm}^{-1}$ diapazonunda çəkilməmişdir. Məlumdur ki, infraqırmızı spektroskopiyaya infraqırmızı şüalar vasitəsilə nümunənin tərkibindəki dəyişikliklərin müəyyən edilməsində, nümunənin strukturunu tədqiq etmək üçün istifadə olunur. Spektrlərin analizi nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, ümumi yanışmada şüalanmadan öncə nümunədə yeddi pik meydana gəlir. Zr-C rabitələrinin rəqsini göstərən piklər FTİR spektrlərində uyğun olan dalğa ədədləri ilə təyin olunur. ZrC nümunəsində infraqırmızı piklər aşkar edilmişdir, hansiki C-OH qrupları və C-O rəqslərini xarakterizə edir. Eyni zamanda Zr-O-C rabitələrinin rəqsləri qamma şüalanmanın təsiri və müvafiq dalğa ədədləri ilə izah edilmişdir.

Açar sözlər: nanomaterial, ZrC, FTIR, qamma şüalanma.

Giriş. Nanokristallik ZrC hissəcikləri yüksək davamlı qeyri-üzvi materiallar olmaqla yanaşı, həm də mühüm xüsusiyyətlərə malikdirlər. Bu materiallar $50\text{ m}^2/\text{q}$ ölçüdə böyük xüsusi səth sahəsinə sahibdir ki, bu da onların müxtəlif sahələrdə tətbiq imkanlarını artırır.[5-8] ZrC nanohissəciklərinin yüksək xüsusi səth sahəsi, kimyəvi reaksiyaların daha sürətli baş verməsinə və müxtəlif katalitik proseslərdə effektivliyinin artmasına şərait yaradır. Belə xüsusiyyətlər ZrC-nin yüksək temperatur və sərt şəraitdə, məsələn, yüksək performanslı keramika, sürtünməyə davamlı örtüklər, nüvə reaktorları və qaz turbinləri kimi ekstremal tətbiq sahələrində istifadəsini genişləndirir. ZrC nanohissəciklərinin üçölçülü strukturu onların möhkəmliyini artıran əsas amillərdən biridir. Bu struktur, ZrC-nin mexaniki davamlılığını, yüksək sərtliyini və qırılma gücünü təmin edir. Bununla yanaşı, ZrC-nin yüksək termal sabitliyi və oksidləşməyə qarşı müqaviməti onu aerokosmik mühəndislik və nüvə texnologiyasında ideal material halına gətirir. Məsələn, ZrC-nin yüksək ərimə nöqtəsi (təxminən $3,550^\circ\text{C}$) və aşağı termal genişlənmə əmsalı onu yüksək temperaturlu mühitlərdə istifadəyə uyğun edir.

ZrC-nin reaktor materialı kimi geniş tətbiqi isə xüsusilə diqqətəlayiqdir. Nüvə reaktorlarında istifadə olunan materialların ionlaşdırıcı şüalanmaya qarşı davamlı olması mühüm əhəmiyyət daşıyır.[1-3] ZrC-nin bu mühitlərdə sabitliyini qoruyub saxlaması onun təhlükəsiz və effektiv bir material kimi seçilməsinə səbəb olur. İonlaşdırıcı şüalanma, materialların kristal strukturunu dəyişdirərək onların mexaniki və kimyəvi xassələrinə təsir edə bilər. Buna görə də, ZrC nanomateriallarının şüalanmaya məruz qaldıqda necə davrandığını öyrənmək və bu təsirlər nəticəsində baş verən dəyişiklikləri müəyyənləşdirmək kritik önəm daşıyır.

Metodlar. Tədqiqatda xüsusi səth sahəsi $70\text{ m}^2/\text{q}$ və ölçüsü 20 nm olan nano ZrC tozu istifadə olunmuşdur. Bu cür nanohissəciklər, yüksək səth sahəsi və kiçik ölçüləri ilə seçilir, bu da onların fiziki və kimyəvi reaksiyalar zamanı daha çox aktivlik göstərməsinə səbəb olur. ZrC nanohissəciklərinin kubik modifikasiyası, onların yüksək mexaniki dayanıqlığı və istilik sabitliyini təmin edir. Bu nano hissəciklər nano ölçülü materialların daha geniş tətbiqlərdə istifadə olunmasına şərait yaradır. Tədqiqatda istifadə olunan nano ZrC hissəciklərinin nano formasının sıxlığı 0.08 q/sm^3 , həqiqi sıxlığı isə 6.1 q/cm^3 -dir ki, bu da onların poroz strukturu və yüksək sıxlıqlı quruluşunu göstərir. İnfraqırmızı (İQ) təcrübəsi üçün nümunələr, KBr ilə qarışdırılaraq (1:100 nisbətində) bərk fazada hazırlanmışdır. Bu qarışıq, İQ spektroskopiyası üçün standart bir metod olaraq qəbul edilir və İQ şüalarının nümunədən asanlıqla keçməsinə imkan yaradır. Qarışıqdan hazırlanmış nümunələr diametri 7 mm və hündürlüyü 1 mikrometr

olan silindrik forma verilmişdir. Bu nümunələr $0,5 \text{ kN/sm}^2$ təzyiq altında presləmə prosesi ilə formalaşdırılmışdır ki, bu da nümunənin sıxlığını artıraraq, spektral analiz üçün daha dəqiq nəticələr əldə etməyə imkan verir. Nümunələr (AMEA) Radiasiya Problemləri İnstitutunun “Şüalanma Mərkəzi”ndə şüalandırılmışdır. Burada nümunələr Co-60 mənbəyi ilə otaq temperaturunda şüalanma prosesinə məruz qalmışdır. Nümunələrə müxtəlif şüalanma dozaları tətbiq edilmişdir: 5Mrad, 15Mrad, 50Mrad və 150Mrad. Bu fərqli dozalar, ZrC nanohissəciklərinin radiasiyaya qarşı davranışlarını öyrənmək və şüalanma nəticəsində baş verən dəyişiklikləri qiymətləndirmək üçün seçilmişdir. İnfraqırmızı spektr ölçmələri “Varian 640 FT-IR” cihazında, $400 - 4000 \text{ cm}^{-1}$ dalğa ədədi diapazonunda həyata keçirilmişdir. Bu cihaz, yüksək dəqiqliyə malik olmaqla, nümunələrin İQ spektrlərini dəqiq ölçməyə imkan verir. Əldə edilən spektrlər nümunələrin molekulyar və kimyəvi strukturunu təhlil etmək üçün istifadə olunmuşdur. Bu təhlillər, şüalanma nəticəsində nümunələrdə baş verən dəyişikliklərin müəyyən edilməsi üçün vacibdir. Bu tədqiqat ZrC nanohissəciklərinin şüalanmaya qarşı davamlılığını və bu təsirin onların fiziki və kimyəvi xassələrinə necə təsir etdiyini anlamaq üçün əhəmiyyətlidir.

Nəticə və müzakirələr. ZrC nanohissəciklərinin FTİR spektrinin təhlili nəticəsində qamma şüalanmadan əvvəl əldə edilən nəticələrə görə, Zr-C rabitələrinin vibrasiyasını izah edən piklər 1010 cm^{-1} və 1380 cm^{-1} dalğa ədədlərində aşkar olunmuşdur. Eyni zamanda, 970 cm^{-1} və 1600 cm^{-1} dalğa ədədlərindəki piklər Zr-O-C rabitələrinin vibrasiyasını göstərir.[4] ZrC nanohissəciklərinin səthinin aktiv olması səbəbindən, C-OH və C-O qruplarının vibrasiyalarını xarakterizə edən infraqırmızı piklər də bu təhlildə müəyyən edilmişdir. Bu nəticələr, şüalanmadan əvvəlki təhlilin əhəmiyyətini və ZrC nanohissəciklərinin kimyəvi strukturlarını izah edir. Qamma şüalanmasının təsiri nəticəsində ZrC nanohissəciklərində C-O əlaqələrinin və C-OH qruplarının xarakterizə olunduğu infraqırmızı piklər müəyyən qədər daha kəskinləşir. Ümumi təhlilə əsasən, qamma şüalanmanın yüksək dozalarında (50 Mrad və 150 Mrad) ZrC nanohissəciklərində müəyyən dərəcədə amorflaşma prosesi baş verir. Bu nəticələr şüalanmanın ZrC-nin kimyəvi və struktur xüsusiyyətlərinə təsirini göstərir.

Ədəbiyyat

- [1] S.Pellegrino et al. Radiation effects in carbides:TiC and ZrC versus SiC, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, 327 (2014).
- [2] A., V.A.Gupta, O.P.Pandey. Efficient photodegradation of methylene blue (MB) under solar radiation by ZrC nanoparticles, Advanced Powder Technology, 29 (2018) 2231-2242.
- [3] M.Jiang et al. A comparative study of low energy radiation responses of SiC, TiC and ZrC, Acta Materialia, 110 (2016) 192-199.
- [4] S.M.El-Sheikh, Z.I.Zaki, Y.M.Z.Ahmed. Insitusynthesis of ZrC/SiC nanocomposite via carbothermic reduction of binary xerogel, Journal of Alloys and Compounds, 613 (2014) 379-386.
- [5] S. Liu, W. Hu, J. Xiang, F. Wen, B. Xu, D. Yu, J. He, Y. Tian and Z. Liu, Ceram. Int. 40 (2014).
- [6] A. A. Mahday, M. Sherif El-Eskandarany, H. A Ahmed and A. A Amer, J. Alloys Compd.299 (2000).
- [7] D. Craciun, G. Socol, E. Lambers, E.J. McCumiskey, C.R. Taylor, C. Martin, N. Argibay, 16-8. B. Tanner and V. Craciun, Appl. Surf. Sci. 352 (2015) 28.

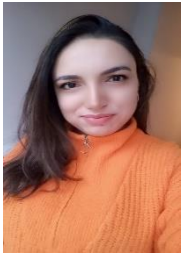
COMPARATIVE ANALYSIS OF INFRARED SPECTRA OF ZRC NANOPARTICLES BEFORE AND AFTER GAMMA IRRADIATION

Muradova G.I.

Abstract. In this study, infrared spectra of ZrC nanocomposite samples were recorded before and after gamma irradiation in the spatial frequency range of $400-4000 \text{ cm}^{-1}$ to investigate their structure. It is well known that infrared spectroscopy is used to detect changes in the composition of a sample and to study its structure through infrared radiation. The analysis of the spectra revealed that seven peaks appear in

the sample before irradiation. The peaks corresponding to the vibrations of Zr-C bonds were identified by the respective wavenumbers in the FTIR spectra. Infrared peaks characteristic of C-OH groups and C-O bonds were observed in the ZrC sample. Additionally, the vibrations of Zr-O-C bonds were explained by the effects of gamma irradiation and the corresponding wavenumbers.

Keywords: nanomaterial, ZrC, FTIR, gamma radiation.



METAL İONLARI İLƏ İNTERKALASIYA OLUNMUŞ GaSe KRİSTALINDA ELEKTRİK KEÇİRİCİLİYİNİN TƏYİNİ

Sadıqlı L.E.¹, Mədətov R.S.^{1,2}, Məmişova R.M.¹, Xəlqzadə A.Ş.¹

l.sadigli@irp.science.az

¹ Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

² Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Radiasiya Problemləri İnstitutu

Xülasə. Yarımkəçirici xüsusiyyətli GaSe laylı yarımkəçirici monokristalında interkalasiya Cu ionları ilə elektrokimyəvi üsulla 4 %-li məhlulda, qaranlıq və işıqlanma rejimində aparılmışdır. Alınmış strukturun elektrofiziki parametrlərində (elektrik keçiriciliyi, konsentrasiya və s.) müşahidə edilən dəyişikliklər interkalasiyadan öncəki qiymətlərlə müqayisəli təhlil edilmişdir. İnterkalasiya zamanı yaranan Cu-Se rabitəsi laydaxili Ga-Se rabitələrinin zəifləməsinə gətirib çıxarır ki, bu da öz növbəsində kristalın elektrofiziki parametrlərinin böyük temperatur intervalında ($T=77-300K$) mühüm dəyişikliklərə səbəb olur.

Açar sözlər: interkalasiya, fotointerkalasiya, yarımkəçirici, monokristal, elektrik keçiriciliyi, konsentrasiya.

Giriş. GaSe laylı monokristalı, yüksək fotohəssaslığıyla unikal bir struktura malik olub, strukturunda kovalent, Van-der-Vaals və zəif ion rabitələrinin qarşılıqlı təsiri ilə xarakterizə olunan perspektivli A^3B^6 qrupuna aid yarımkəçirici birləşmələrdən biridir [1-3].

Materialların (kristal, struktur və s.) xüsusiyyətlərini idarə etməklə onların tətbiq sahələrini genişləndirmək müasir fizikanın aktual problemlərindən biridir. Bu məqsədlə müxtəlif metodikalardan istifadə olunur. İnterkalasiya kristalın laylı quruluşundan irəli gələn zəif Van-der-Vaals rabitələri vasitəsilə xarici atomların və ya molekulların laylar arasına daxil edilməsinə imkan yaradır. Bu, kristalın elektrik, optik və struktur xüsusiyyətlərini dəyişdirərək yeni funksional materialların yaradılmasına və geniş tətbiqlərinə şərait yaradır. İnterkalasiya prosesi həmçinin GaSe kristalının fotohəssaslığını artırmaq və yeni fiziki effektləri öyrənmək üçün istifadə olunur [4-9].

İnterkalasiya metodu, işçi rejimlərin düzgün seçilməsi ilə kristalın strukturuna zərər vermədən laylar arasına molekul, atom, ion və digər hissəcikləri daxil etməyə və bununla da onun fiziki və kimyəvi xüsusiyyətlərini məqsədyönlü şəkildə tənzimləməyə imkan yaradır. Laylı kristallarda interkalasiya proseslərinin öyrənilməsinə dair elmi məlumatların məhdudluğu səbəbindən bu kristallarda baş verən elektron prosesləri üçün dəqiq modellər yaratmaq çətindir [5-9]. Bu işdə isə müxtəlif texnoloji rejimlərdə (qaranlıq və işıqlanma), $t=6$ saat müddətində interkalasiya olunmuş GaSe monokristalının elektrik xüsusiyyətlərinin tədqiqindən əldə edilmiş nəticələr təqdim edilmişdir.

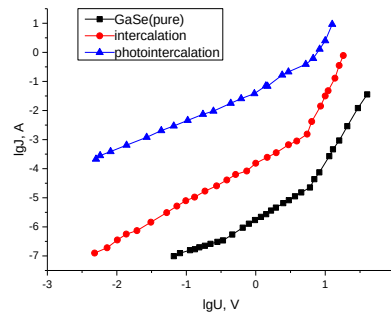
Metodika. Tədqiq olunan laylı quruluşa malik yarımkəçirici GaSe monokristalı Bricmen-Stokbergerin istiqamətlənmiş kristallaşma metodu ilə yetişdirilmişdir [2]. Bu metodikanın seçilməsinə səbəb homogen quruluş və yüksək kristal keyfiyyəti, böyük ölçülü monokristalların alınması, kristalın kimyəvi və fiziki xüsusiyyətlərinin idarə edilə bilməsidir.

Tədqiqat üçün lay istiqamətində (0001) skan edilmiş, güzgü səthə malik nümunələr hazırlanmışdır. Alınmış kristalın tərkibi XRD və DTA vasitəsilə həyata keçirilir və alınan kristal parlaq qırmızı rəngdə GaSe olması müəyyən edilmişdir.

p tip GaSe monokristalında interkalasiya prosesi elektrokimyəvi interkalasiya metodu ilə $U=1V$ sahənin təsiri altında $l=2.5$ sm məsafə, $t=6$ saat müddətində 2 fərqli rejimdə (ışıqlanma və qaranlıq) aparılmışdır. Elektrokimyəvi interkalasiya metodu laylı kristallarda xarici ion və molekulların daxil edilməsində geniş istifadə olunan üsuldur. Elektrokimyəvi metod ionların və molekulların interkalasiyasını dəqiq idarə etməyə imkan verir. Potensialın və cərəyanın dəqiq tənzimlənməsi ilə interkalasiya dərinliyini və daxil edilən maddənin miqdarını asanlıqla nəzarətdə saxlamaq mümkünlüyü,

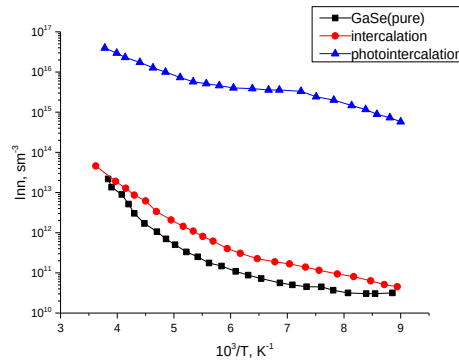
eyni zamanda kristalın əsas strukturunu zədələmədən, yalnız laylar arasına təsir edərək, maddələrin daxil edilməsinə imkan yaradır. Bu, laylı materialların təbii xüsusiyyətlərini qoruyur. Bu üstünlüklər elektrokimyəvi interkalasiya metodunu həm elmi araşdırmalarda, həm də texnoloji tətbiqlərdə geniş istifadə olunan effektiv bir vasitəyə çevirir. GaSe kristalında interkalasiya 4%-li mis kuporosu məhlulunda ((CuSO₄·5H₂O)+ H₂O (distillə edilmiş)) aparılmış, daha sonra T=77-300 K temperatur intervalında və sabit cərəyan rejimində elektrofiziki parametrlər öyrənilmişdir.

Nəticə və müzakirələr. Şəkil 1-də müxtəlif rejimlərdə interkalasiya edilmiş GaSe kristallarının Volt-Amper Xarakteristikası verilmişdir. Görünüyü kimi interkalasiyadan əvvəl GaSe kristalının VAX-sı üç hissədən omik, kvadratik və kəskin qalxma hissələrindən ibarətdir (qara əyri). İnterkalasiya zamanı VAX-da kvadratik və kəskin qalxma oblastı müşahidə olunur. İnterkalasiyanın qaranlıq mühitdə aparılması zamanı alınan nəticələr göstərir ki, kristaldan keçən cərəyanın interkalasiya müddətindən asılı olaraq artması laylar arasındakı nüfuz edən Cu⁺ ionlarının konsentrasiyasının artmasına səbəb olur. Bu zaman Se-Cu-Se rabitələrinin yaranması hesabına keçiricilikdə iştirak edən yükdaşıyıcıların konsentrasiyası artır. Işıq şüasının təsiri ilə məhlulda baş verən elektroliz hadisəsi (fotointerkalasiya) sürətləndiyindən p-GaSe (anod) üzərində toplanan maddə miqdarı artır və uyğun olaraq laylar arasındakı nüfuz edən Cu⁺ ionlarının miqdarı artır. Bu isə kristaldan keçən cərəyanın artmasına səbəb olur. Fotointerkalasiyaya məruz qalan GaSe kristalının VAX-da qaranlıq şəraitdə alınan kristallarda olduğu kimi, interkalasiya müddətinin artması ilə omik hissədən kvadratik hissəyə keçid gərginliyinin qiyməti artır.



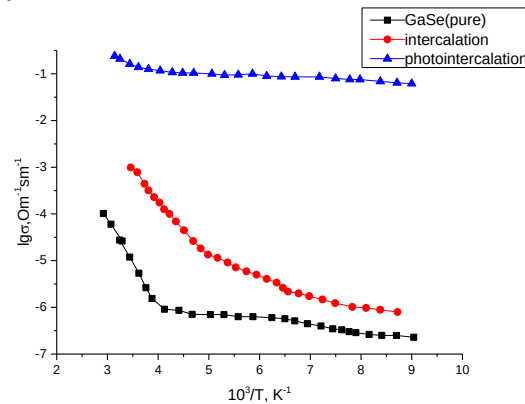
Şəkil 1. GaSe kristalının Volt-Amper Xarakteristikası

Şəkil 2-də qaranlıq və işıqlanma rejimlərində Cu atomu ilə interkalasiya olunmuş GaSe monokristalında yükdaşıyıcıların konsentrasiyasının temperaturdan asılılığı verilmişdir. Qaranlıqda və işıqda interkalasiya edilmiş GaSe monokristallarının konsentrasiyalarının temperatur asılılıqları müəyyən temperatur intervalında (140-300 K) araşdırılmışdır. Müəyyən olunmuşdur ki, temperaturun artması ilə konsentrasiya da uyğun olaraq artır.



Şəkil 2. GaSe kristalının konsentrasiyasının temperaturdan asılılığı

İnterkalasiya zamanı konsentrasiya $10^9-10^{15} \text{ sm}^{-3}$, fotointerkalasiya zamanı isə konsentrasiya $10^{13}-10^{18} \text{ sm}^{-3}$ intervalında dəyişir.



Şəkil 3. Elektrik keçiriciliyinin temperaturdan asılılığı

Şəkil 3-də interkalasiya edilmiş GaSe monokristallarının elektrik keçiriciliyinin temperaturdan asılılığı 100-300 K intervalında interkalasiya və fotointerkalasiya edilmişdir. İnterkalasiyadan əvvəl $lg\sigma \sim 1/T$ asılılığında 100-250 K temperatur intervalında tam ionlaşmış oblast, 250-300 K oblastında isə aktivləşmə enerjisi 0,4 eV olan lokal səviyyənin termik ionlaşması hesabına keçiriciliyin artması müşahidə olunur. İnterkalasiya olunmuş GaSe kristalında isə 100-250 K temperatur intervalında aktivləşmə enerjisi 0,2 eV və 250-300 K oblastında isə aktivləşmə enerjisi 0,4 eV olan lokal səviyyələrin termik ionlaşması hesabına keçiricilik müşahidə olunur. Fotointerkalasiya olunmuş kristallarda fotokeçiricilik 100-300 K temperatur intervalında interkalasiya müddətinin artması ilə eksponensial qanunla artır və bu zaman müşahidə olunan lokal səviyyənin energetik vəziyyəti dəyişmir. Belə ki interkalasiya zamanı keçiricilik $10^{-8}-10^{-4} \frac{A}{V \cdot sm}$, fotointerkalasiya zamanı isə keçiricilik $10^{-4}-10^{-6} \frac{A}{V \cdot sm}$ intervalında dəyişir.

Deyilənləri nəzərə alaraq aşağıdakı nəticələr alınmışdır:

İnterkalasiya olunmuş mis (Cu) ionlarının bir hissəsi donör kimi zəif Van-der-Vaals rabitəsi səbəbindən rombik sinqoniyaya daxil olur və keçirici zonada sərbəst elektronlar yaradır. Bu səbəbdən temperaturun artması ilə konsentrasiya və uyğun olaraq elektrik keçiriciliyi artır. Fotointerkalasiya zamanı işıqlanma bütün spektrləri əhatə etdiyi üçün kristal yüksəkəmlu hala keçir və bu da öz növbəsində həm konsentrasiya, həm də elektrik keçiriciliyinin qiymətlərinin qaranlıq rejimə nisbətən 3-4 tərtib artmasına səbəb olur. Rombik quruluşda interkalasiya olunmuş ionların əhəmiyyətli bir hissəsi Van-der-Vaals boşluğunda yerləşsə də termodinamik səbəblərdən kristaldan deinterkalasiya edilə bilməz. İnterkalasiya prosesi bu rabitəni tamamilə qırmağa imkan vermir.

Ədəbiyyat

- [1] N.N.Kolesnikov, E.B. Borisenko, D.N.Borisenko, V.K.Gartman, Influence of growth conditions on microstructure and properties of GaSe crystals, Journal of Crystals Growth, Volume 300, Issue 2, p.294-298 (2007).
- [2] A.Z.Abasova, R.S.Madatov, V.İ.Stafaev, "Radiation-stimulated processes in chalcogenide structures", Baku – «Elm» - 2011, p.349.
- [3] G.B.Sakr, Optical and electrical properties of GaSe thin films, Materials Science and Engineering: B, Volume 138, Issue 1, p. 1-6. (2007).
- [4] R.S.Madatov, T.B.Tagiev, R.M.Mamishova, L.E.Sadigli, Initial electrical properties of intercalated and photointercalated GaSe layered single crystal at room temperature, AJP Physics, Volume XXVIII №3, section: Az, p.34-36 (2022).

- [5] J. Zhou, Z. Lin, H. Ren, X. Duan, I. Shakir, Y. Huang, X. Duan, Layered Intercalation Materials, *Advanced Materials*, Volume 33, Issue 25, June 24 (2021).
- [6] V.B.Boledzyuk, Z.D.Kovalyuk Z.D., Kudrynskyi Z.R., Pyrlya M.N, Feshak T.N, Shevchenko A.D., Electrochemical, optical and magnetic properties of $\text{Ni}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Se}$ ($0 < x \leq 1$) intercalation compounds, *Inorganic Materials*, 51(11), p.1086–1089 (2015)
- [7] C.Zhou, Y.Yu, X. Zhang, Y. Cheng, J.Xu, Y.Lee, B.Yoo, O. Cojocaru-Mirédin, G. Liu, S.Cho, M.Wuttig, T.Hyeon, I.Chung, Cu intercalation and Br doping to thermoelectric SnSe_2 lead to ultrahigh electron mobility and temperature-independent power factor, *Advanced Functional Materials*, Volume 30, Issue 6, 1908405 (2020).
- [8] Z.Muhammad, K.Mu, H.Lv, C.Wu, Z.Rehman, M.Habib, Z.Sun, X.Wu, L.Song, Electron doping induced semiconductor to metal transitions in ZrSe_2 layers via copper atomic intercalation, *Nano Research*, Volume 11, p.4914–4922, (2018).
- [9] I. V. Stasyuk, I. I. Grygorchak, O. V. Velychko, Intercalation induced electret effect in GaSe and InSe crystals: Experiment and Theory, *Ferroelectrics*, 362:1, 115-122 (2008).

DETERMINATION OF ELECTROPHYSICAL PROPERTIES IN GASE CRYSTALS INTERCALATED WITH METAL IONS

Sadıqlı L.E., Madatov R.S., Mamışova R.M., Khalıgzade A.Sh.

Abstract. The intercalation of Cu ions into the semiconducting layered GaSe single crystal was carried out electrochemically in a 4% solution, under both dark and illumination conditions. Changes observed in the electrophysical parameters of the obtained structure (electrical conductivity, concentration, etc.) were analyzed comparatively with the values prior to intercalation. The Cu-Se bond formed during intercalation leads to the weakening of the Ga-Se bonds within the layers, which in turn causes significant changes in the crystal's electrophysical parameters over a wide temperature range ($T = 77\text{-}300\text{K}$).

Keywords: intercalation, photointercalation, semiconductor, monocrystal, electrical conductivity, concentration.



ÜZVİ YARIMKEÇİRİCİ SENSORUN ATMOSFER ÇİRLƏNMƏLƏRİ PROBLEMLƏRİNİN HƏLLİNDƏ ROLU

Mustafayev M.M., Zeynalova Ş.H.

mirsedimustafayev@gmail.com

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Ətraf mühitin çirklənməsi problemi bu gün də öz aktuallığını qoruyur. Bu problemin həlli üçün davamlı inkişaf metodlarına ehtiyac duyulur. Sözsüz ki, nanotexnologiyanın sürətlə inkişaf etdiyi dövrə qədər ənənəvi qaz sensorları (MOY, elektrokimyəvi əsaslı) aşağı konsentrasiyaya malik ÜUB-nin (üzvü uçucu birləşmə) aşkarlanmasında selektivlik, sabillik, reaksiya müddəti və həssaslıq baxımından bir sıra məhdudiyyətlərlə üzləşmişdir. Bu səbəblərdən yaranan ehtiyacların qarşılınması və həlli üçün müasir texnologiyalara əsaslanan və innovativ üsulların tətbiq edildiyi yeni növ sensorlar səmərəli çıxış yolu hesab olunur. Məqalədə hibrid əsaslı üzvi sensorun tətbiqi ilə aşağı konsentrasiyaya malik ÜUB-in və zəhərli tip qazların aşkarlanması məsələsinə toxunulmuşdur. Bu tip qaz sensorlarından sayılan PANİ-SWCNT hibrid sensoru, xüsusi özəllikləri sayəsində aşağı konsentrasiyaya malik qaz kütlələrinə qarşı (ÜUB) yüksək həssaslıq və selektivliyi təmin edir. Bununla yanaşı, daraqvari elektrod konfigurasiyanın seçilməsi sensorun reaksiya müddətini və səth-həcm nisbətini artırır.

Açar sözlər: üzvü uçucu birləşmə, sensor, konsentrasiya, atmosfer, keçirici tip polimer.

Giriş. Sürətlə artan ətraf mühitin çirklənməsi, habelə, atmosfərə buraxılan tullantılar, zəhərli qaz kütlələri günümüzün global probleminə çevrilmiş və mümkün zaman ərzində dayanıqlı həllərin araşdırılmasına və tapılmasına yol açmışdır. Digər tərəfdən isə, bu istiqamətdə aparılan fasiləsiz tədqiqatlar (monitorinqlər) prioritet sahəyə çevrilmişdir. Şübhəsiz ki, azot əsaslı birləşmələr, aromatik, (NO_x), kükürd dioksidi (SO_2), amonyak (NH_3), üzvi uçucu birləşmələr (ÜUB) və karbon monoksit (CO) kimi zəhərli qazlar havanın keyfiyyətinin pozulmasına əhəmiyyətli dərəcədə təsir edir və iqlim dəyişikliyi, münbit təbiətin məhvində gətirib çıxarır.

Bu sıradan yer alan uçucu üzvi birləşmələrin tədqiqi və təyini mühüm problemlər yaradır və iki böyük qrupda (antropogenik və təbii) cəmləşir. Belə tip birləşmələrin böyük əksəriyyəti aşağı konsentrasiyaya, yüksək buxar təzyiqinə və aşağı həll olma qabiliyyətinə malikdir. Bunlar həmçinin atmosferin müəyyən bir nöqtələrində dəqiqliklə ölçmək üçün yüksək həssaslığa malik mobil cihazlar tələb edir. ÜUB-in konsentrasiyası müəyyən lokasiyalarda, müxtəlif hava şəraitlərində (rütubət, küləkli hava, temperaturun yuxarı və aşağı olması) və zaman aralıqlarında dinamik xarakter daşıya bilər və öz tərkibi xüsusiyyətlərini transformasiya edə bilər. Əlavə məlumat kimi qeyd edə bilərik ki, üzvi uçucu birləşmələr günəş şüalarına, əsasən ultrabənövşəyi şüalara məruz qaldıqda, konsentrasiyaları əhəmiyyətli dərəcədə aşağı düşür və fotokimyəvi reaksiyalara uğrayırlar. Günəş enerjisi birləşmələrdə molekullararası rabitəni qırır və NO_x tipli birləşmələrlə reaksiya nəticəsində miqdardan çox (troposfer təbəqəsində) ozon qazının formalaşmasına səbəb olur.

Bu tip qazların və birləşmələrin təyin edilməsi, onların zərərli effektlərini minimuma endirmək və kompensasiya etmək, müasir dövrün əsas məsələlərindən biridir. Bu da, ətraf mühitdə monitorinqlərin aparılması, çirklənmənin daim nəzarətdə saxlanılması üçün müasir tip qaz sensorlarının inkişafına təkan vermişdir.

Metodlar. Qaz sensorları atmosferdə yer alan kimyəvi buxarların, aromatik tipli birləşmələrin və müxtəlif tip qazların sürətli, selektiv, səmərəli və həssas şəkildə aşkarlanmasını həyata keçirən müxtəlif ölçülü cihazlardır. Sözügedən sensorların inkişafı, etibarlılığı və həcmi ölçülər baxımından kiçilməsi tədqiqat sahəsində böyük maraq doğurur. Müasir dövrə qədərki zaman diapazonunda

(nanotexnologiyanın sürətlə inkişafı və tətbiqi dövrünə qədər) bir sıra texnologiyalarla, məsələn, MOY (metal-oksidi yarımkeçirici), elektrokimyəvi üsullarla hazırlanan qaz sensorlarını misal göstərə bilərik.



Şəkil 1. Qaz sensorlarının tərkibi, strukturu və tətbiqi sahələri

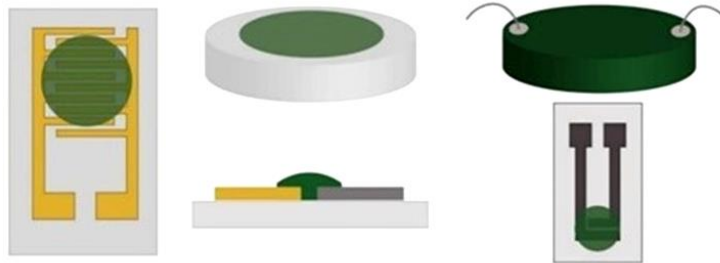
Bu tip sensorların selektivlik, reaksiya müddəti, yüksək enerji sərfiyyatı və digər texniki göstəricilərinin müəyyən zaman ərzində kəskin atmosferik şəraitlərdə arzuolunan səviyyədə olmaması ölçmələrin aparılmasına əngəl törədir. Aşağı temperaturalarda qaz molekulları metal-oksidi təbəqə üzərindən udulur, udulma prosesində səthdə oksigen molekulları ionlara bölünür və bu da oksid materialın qaz molekulları ilə reaksiyası nəticəsində keçiriciliyinin dəyişməsinə gətirib çıxarır. Bu proses sensorun normal şəraitdə işləmə prinsipidir. Əsasən, CO, NO_x, NH₃ kimi qaz birləşmələrinin təyin edilməsi üçün əlverişlidir.



Şəkil 2. ÜUB-lər, onların ətraf mühitdə yayılma və yaxud fəaliyyət prosesi, yaratdığı problemlər ardıcılığı (mexanizmi)

Yüksək temperaturalarda isə (300~500°C) oksigen molekulları termal enerji sayəsində səthdən sürətlə qopub çıxır və səth reaktiv hala düşür. Bu da sensorun elektrik parametrlərinə mənfi təsir göstərir. Digər tərəfdən isə, vaxtaşırı olaraq aparılan ölçmələr (yüksək temperaturalarda) oksid təbəqəsinin köhnəlməsi və yaxud dağılması kimi hallara yol açır. Qeyd etdiyimiz hallar, metal-oksidi yarımkeçirici əsaslı sensorların istifadəsini praktiki tətbiqlər üçün yararsız hesab edir. Yuxarıda qeyd edilən sensorların digər qüsurlardan biri də, ÜUB-rə (aşağı konsentrasiyaya malik) qarşı həssaslığının və selektivliyinin arzuolunan səviyyədə olmamasıdır. Buna səbəb, həmin sensorların funksionallığının, yüksək temperaturalarda əməliyyat prinsipinə görə siqnal-küy nisbətinin aşağı olmasıdır. Bütün ortaya çıxan çatışmazlıqları aradan qaldırmaq və kompensasiya etmək üçün son 10-15 ildə ətraf mühitdə çirklənməsini analiz etmək üçün bir sıra yeni növ sensorlar işlənilib hazırlanmışdır. Belə tip sensorlar sinergetik-komplimental effektlərə qarşı davamlıdır. Buna misal olaraq, PANİ əsaslı hibrid qaz sensorunu göstərə bilərik.

PANİ əsaslı hibrid qaz sensoru. Ümumiyyətlə, PANİ əsaslı hibrid qaz sensorlarının istifadəsi və istismarı yüksək potensiala malikdir və həmçinin perspektivlidir. Bu tip sensorlar yüngül çəkiyə malikdir, istehsalı isə nisbətən asan və ucuz başa gəlir. Polimer tipli materiallar metallara bənzər elektron, maqnit və optik kimi unikal xüsusiyyətləri özündə cəmləşdirir və bu da onları sensor tətbiqləri üçün ideal edir. Buna əsas kimi, keçirici polimerlərin elektrik cərəyanını keçirtmək üçün aşqarlanma və ya kimyəvi modifikasiya edilə bilməsi və onların ətraf mühitdəki dəyişikliklərə (məsələn, qazlara məruz qalma) qarşı həssaslığını göstərmək olar. Metal-oksit əsaslı sensorlarla müqayisədə, qeyd edilən materiallar arzuolunan metroloji xarakteristikalara – yüksək həssaslıq, cəld reaksiya müddətinə malik, fiziki və kimyəvi aşınmalara qarşı dayanıqlıdır. Digər tərəfdən isə keçirici tip polimerlərdə π rabitəsinin olması və yaxud konyuqə edilmiş sistem uzun karbon zəncirində elektronun sərbəst hərəkətini təmin edir. Başqa sözlə, delokallaşmış vəziyyət yaranır ki, polimerdə elektrik keçirmə qabiliyyəti baş verir. Habelə onların aşağı elektroneqativliyə malik olması, bu tip polimerlərdə elektronların boş orbitini və deşiklərlə zəngin mühitini yaradır. Buna görə də, bir çox keçirici tip polimerlər p-tip keçiriciliyə malikdir. PANİ əsaslı polimer də bu sıradan hesab edilir. Keçiriciliyi oksidləşmə dərəcəsi vasitəsilə modulyasiya edilə bilər. Belə hal üçün üç mexanizm mövcuddur: a) tam oksidləşmiş b) yarı oksidləşmiş c) tam reduksiya etmiş. Misal üçün, emeraldin struktura malik PANİ otaq temperaturunda yüksək stabilliyi ilə seçilir və yarımkeçirici kimi klassifikasiya edilir. Lakin, ətraf mühitdə monitorinqin aparılması üçün əlverişli deyil. Yəni, rütubətə qarşı davamsızdır. Bunun üçün üzvi sensorlara təklif edilən həssas materiallar arasında sözügedən keçirici tip polimer qrafen, metal nanohissəcikləri və d tip materiallar yer tutur. Bunlar, atmosferdə müəyyən buxar həcmə malik qaz kütlələrinə müvafiq həssaslıq, selektivlik, reaksiya müddəti kimi texniki göstəriciləri artırmaq üçün kombinə edilir, yəni hibrid formata salınır. Məsələn, PANİ/SWCNT kompozisiyasından təşkil olunmuş qaz sensoru. Bu sensorun texniki göstəriciləri ammonyak qazının (NH_3) aşkar edilməsinə hesablanıb. Əsasən də bu hesablanma aşağı konsentrasiyalarda aparılır. Tədqiqatın aparılmasının vacibliyinin birinci tərəfi ondan ibarətdir ki, ammonyak uçuçu tip birləşmədir, yüksək reaktivliyə və zəhərli təsirə malikdir. Digər tərəfdən isə, ammonyak atmosfərə atılan digər zərərli və nanoölçülü aerozollarla (turşu qalıqları ilə) reaksiyaya gedərək, havanın ikiqat çirklənməsinə yol açır. Bu amilləri aradan qaldırmaq üçün PANİ/SWCNT tipli sensor idealdir. Quruluş etibarı ilə sensorlar altıq üzərinə çökdürülmüş həssas PANİ/SWCNT təbəqədən təşkil olunur. SWCNT tək qatlı karbon nanoboru tipli materialdır ki, elektronların yürüyüklük qabiliyyətini artırır. Altıq kimi isə çox zaman şüşə tipli materiallardan (bir silikat) istifadə olunur. Bu da öz növbəsində istifadə sahəsinə və qarşıya qoyulan tələblərə görə dəyişir. İş prinsipi isə həssas təbəqənin qaz molekulları ilə qarşılıqlı təsiri zamanı səthdə baş verən oksidləşmə-reduksiya reaksiyaları sayəsində onun elektrik keçiriciliyinin dəyişməsinə əsaslanır. Elektrik keçiriciliyinin dəyişməsi sayəsində həssas təbəqənin müqaviməti dəyişir. Buna görə də, qeyd edilən cihaz rezistiv tip sensordur. Bunun müqabilində də cihazda baş verən kiçik dəyişikləri qeyd etmək üçün müasir tip üzvi yarımkeçirici əsaslı sensorlar üçün daraqvarı formaya malik elektrodlar geniş istifadə olunur. Bu, sensorun səthi sahəsinin və həcmi nisbətləri əlaqəsi baxımından böyük bir hissəsini əhatə edir və həssaslıq baxımından sensorun performansını artırır. Qazların konsentrasiyasını ölçmək üçün isə elektrodlara kiçik cərəyanlar üsulu tətbiq edilir və müvafiq olaraq mütəmadi ölçmələr aparılaraq qeydedici cihazda əks etdirilir.



Şəkil 4. PANİ/SWCNT əsaslı qaz sensorunun tərkib hissələri

Nəticə. Tədqiqat işində, NO_x, SO₂, NH₃ və UÜB kimi toksik qazların səbəb olduğu ekoloji çirklənməni aradan qaldırmaq üçün müasir qaz sensorlarına olan ehtiyac vurğulanmışdır. Geniş istifadə olunmasına baxmayaraq, ənənəvi metal oksid əsaslı sensorlar həssaslıq, davamlılıq və sərt şəraitdə performans baxımından məhdudiyyətlərə malikdir və müasir monitoring tələblərinə cavab verə bilmir.

Xüsusi olaraq göstərilən PANİ/SWCNT kimi hibrid dizaynı üzvi yarımkeçirici əsaslı sensorlar yaranan qüsurların aradan qaldırılması üçün həll yolu kimi göstərilmişdir. Bu sensorlar yüksək həssaslıq, selektivlik və reaksiya müddəti kimi arzuolunan göstəriciləri özündə cəmləşdirərək, real zaman ərzində çirkləndiricilərin, xüsusən də az konsentrasiyalarda ammoniakın aşkarlanması üçün ideal seçimə çevrilmişdir. Digər tərəfdən isə, bu hibrid sensor etibarlı, erqonomik və davamlı ekoloji monitoring üçün əlverişlidir.

Aparılan tədqiqatlar təqdim edilən innovativ materiallar ətraf mühitin çirklənməsi ilə mübarizədə davamlı texnologiyaların inkişafında öz əhəmiyyətini vurğulayır. Bu mövqedə gələcək tədqiqatlar üçün sensorların stabilliyinin artırılması və atmosferdə böyük miqyasda yayılan çirkləndiricilərin aşkarlanması qabiliyyətinin genişləndirilməsi məqsəduyğundur.

Ədəbiyyat

- [1] <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3756721/>
- [2] <https://www.intechopen.com/chapters/70113>
- [3] Fratoddi, I.; Venditti, I.; Cametti, C.; Russo, M.V. Chemiresistive polyaniline-based gas sensors: A mini review. *Sens. Actuators B Chem.* 2015, 220, 534–548.
- [4] Kukla, A.L.; Shirshov, Y.M.; Piletsky, S.A. Ammonia sensors based on sensitive polyaniline films. *Sens. Actuators B Chem.* 1996, 37, 135–140.
- [5] Zhang, Z., & Xu, Y. (2021). "Recent Progress in MOF-Based Gas Sensors for Environmental Monitoring." **Environmental Science & Technology**, 55(6), 3421-3434.

THE ROLE OF ORGANIC SEMICONDUCTOR SENSORS IN SOLVING ATMOSPHERIC POLLUTION PROBLEMS

Mustafayev M.M., Zeynalova Sh.H.

Abstract. The problem of environmental pollution remains relevant today. To solve this problem, continuous improvement methods are needed. It goes without saying that until the rapid development of nanotechnology, traditional gas sensors (MOS, electrochemical-based) faced a number of limitations in terms of selectivity, stability, reaction time and sensitivity in the detection of low-concentration VOC (a member volatile compound). For these reasons, new types of sensors based on modern technologies and using innovative methods for meeting and solving the needs that arise are considered an effective way out. The article addresses the issue of detecting low-concentration VOC and toxic type gases with the introduction of a hybrid-based organic sensor. The PANİ-SWCNT hybrid sensor, which is one of the gas sensors of this type, provides high sensitivity and selectivity to low concentration gas masses (VOC) due to its special features. Along with this, choosing a comb-like electrode configuration increases the response time of the sensor and the surface-to-volume ratio.

Keywords: volatile organic compound, sensor, concentration, atmosphere, conducting polymer.



KRİSTALLİK ƏSASLI ($\text{CaGa}_2\text{S}_7:\text{Eu}$) ÜZVÜ BİRLƏŞMƏLİ NAZİK TƏBƏQƏLİ LÜMİNEFORLU İNDİKATORUN ELEKTROLÜMİNİSENSİYA XARAKTERİSTİKASI

Cəlilova N.A., Mədətov R.S.

narmin.calilova@azalsecurity.az

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Elektrolüminisensiya elektrik sahəsinin təsiri ilə materialların işıq saçması hadisəsidir və müasir texnologiyanın müxtəlif sahələrində geniş tətbiq olunur. Bu fenomen işıq mənbələrinin enerji effektivliyini artıraraq daha uzunömürlü, ekoloji təmiz və innovativ həllər təqdim edir. Elektrolüminisensiya xüsusilə işıqlandırma, displey texnologiyası, tibb, avtomobil sənayesi, reklam, aviasiya və hərbi sahələrdə mühüm rol oynayır.

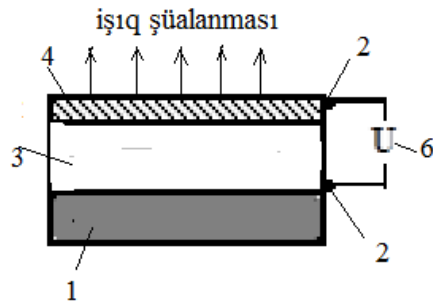
Açar sözlər: lüminofor maddə, kristallik maddə, lüminisensiya, elektrolüminesent, elektrolüminisensiya, polikristal.

Giriş. Optik cihazların, o cümlədən işıq saçan diodların, fotodiodların, indikatorların və s. effektivliyini artırmaq məqsədi ilə yüksək işıqvermə qabiliyyətinə malik lüminofor materiallardan istifadə edilir. Işıqlandırma texnologiyasında elektrolüminisensiyaya əsaslanan LED lampalar ənənəvi işıq mənbələrinə nisbətən daha az enerji sərf edir, uzunömürlüdür və ekoloji baxımdan təmizdir. Bu texnologiya yeni cihazların və sistemlərin yaradılmasına şərait yaradır və müasir cəmiyyətdə innovasiyanın əsasını təşkil edir [1].

Texnikanın müxtəlif sahələrində, xüsusən informasiya texnologiyasında və təsvirlərin canlandırılmasında, istifadə edilən optik örtülər lüminessensiya hadisəsinə əsaslanmışdır [2]. Belə cihazlar arasında yüksək effektivliyə malik yarımkeçirici əsaslı elektrolüminesent cihazlar xüsusi maraq doğurur. Bu cihazlar yüksək parlaqlıq, ayırdetmə qabiliyyətinə malik olmasına baxmayaraq, onların spektral şüalanma spektri dar, şüalanma intensivliyinin temperatura və xarici təsirlərə qarşı həssas olmasıdır. Qeyd olunan xüsusiyyətlər materialın təbiətindən asılı olduğu üçün yeni yarımkeçirici lüminofor materialların alınması və tətbiqi elmi və praktiki cəhətdən əhəmiyyətlidir.

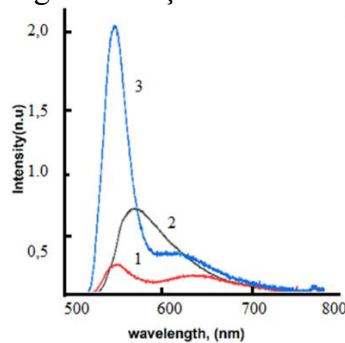
Metodlar. Təqdim edilən işin məqsədi də yeni tərkibli lüminofor materialın alınmasına və optik xassələrin tədqiqinə həsr edilmişdir. İşçi material olaraq polikristal quruluşa malik $\text{CaGa}_2\text{S}_7:\text{Eu}$ bərk məhlulu seçilmişdir. Bu birləşmələr yüksək işıqvermə qabiliyyətinə malikdir [3], alınma texnologiyası energetik cəhətdən aztutulmudur. Onun şüalanma spektri *Eu*-aktivatorunun təbiətindən asılıdır və alınma texnologiyasından asılıdır. Bu texnologiya Milli Aviasiya Akademiyasının Tədqiqat İnstitutunun əməkdaşları tərəfindən işlənmişdir. Qeyd olunan kristalların şüalanma spektrini genişləndirmək və intensivliyini artırmaq məqsədi ilə toz şəkilli kristallik hissəciklər (~50 mkm) neft tərkibli üzvü birləşmədən alınmış doldurucu ilə mexaniki qarışıqından istifadə edilmişdir [4]. Alınmış suspenziya şüşə üzərinə müxtəlif qalınlıqlarda (50 -100 mkm) çökdürülmüş və 50°S də 1 saat müddətində saxlanmışdır. Qeyd olunan texnoloji rejimlə hazırlanmış lüminesent indikatorun quruluşu şəkil 1-də göstərilmişdir.

SnO_2 elektrodlu şüşə altlıq üzərində çökdürmə yolu ilə $\text{CaGa}_2\text{S}_7:\text{Eu}$, sonra daha şəffaf metal elektrodu çəkilir. Alınmış strukturda lüminofor qatının qalınlığı isə ~50 mkm təşkil edir. Metal elektrodlar arasında yerləşdirilən lüminefora elektrik sahəsi tətbiq edilir. Bu zaman baş verən elektrolüminessensiya prosesi nəticəsində şüalanma müşahidə olunur.



Şəkil 1. $\text{CaGa}_2\text{S}_7:\text{Eu}$ bərk məhlulu əsasında hazırlanmış lüminessent indikatorun quruluş sxemi. 1- SnO_2 örtüklü keçirici şüşə, 2- elektrik kontaktı, 3- lüminefor, 4- yarı şəffaf elektrik kontaktı, 5- cərəyan mənbəyi

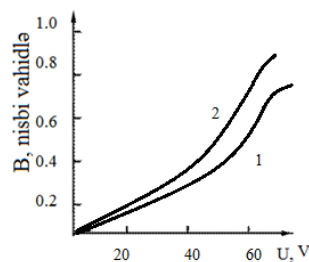
Lüminessent indikatora elektrolüminessensiya spektri [5] – işdə verilən metodika əsasında aparılmış və şəkil 2-də şüalanma spektri göstərilmişdir.



Şəkil 2. $\text{CaGa}_2\text{S}_7:\text{Eu}$ bərk məhlulu əsasında hazırlanmış lüminessent indikatorunun elektrolüminessensiya spektri: 1- neft tərkibli üzvü birləşmə; 2- təmiz $\text{CaGa}_2\text{S}_7:\text{Eu}$ bərk məhlul; 3- $\text{CaGa}_2\text{S}_7:\text{Eu}^+$ üzvü birləşmə

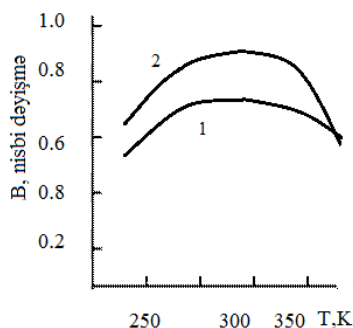
Şəkil 2-dən görünür ki, üzvü neft tərkibli aktivatorun əlavə edilməsi $\text{CaGa}_2\text{S}_7:\text{Eu}$ bərk məhlulunun elektrolüminessensiya spektrində $\lambda=550$ mkm dalğa uzunluğunda maksimum şüalanma müşahidə olunur. Qrafiklərin müqayisəsindən görünür ki, lüminefor $\text{CaGa}_2\text{S}_7:\text{Eu}$ kristalına üzvü birləşmənin daxil edilməsi zamanı şüalanma spektri qısa dalğa uzunluğu oblasına tərəf sürüşür. Bu isə üzvü birləşməli bərk məhlulda elektrik sahəsinin təsiri nəticəsində yaranan rekombinasiya şüalanmasının aktivator mərkəzləri arasındakı qarşılıqlı təsiri nəticəsində baş verdiyini göstərir.

Şəkil 3-də ilkin $\text{CaGa}_2\text{S}_7:\text{Eu}$ və üzvü birləşməli bərk məhlulunda $\lambda=550$ mkm müşahidə olunan elektrolüminessensiya şüalanmasının intensivliyinin elektroda tətbiq edilən gərginlikdən asılılığı verilmişdir. Şəkil 3-də göstərilən qrafiklərin müqayisəsindən görünür ki, tətbiq edilən gərginliyin artması ilə şüalanmanın intensivliyi eksponensial qanunla artır və yüksək qiymətlərdə intensivliyin azalması müşahidə olunur.



Şəkil 3. İlkin $\text{CaGa}_2\text{S}_7:\text{Eu}$ və üzvü birləşməli bərk məhlulunda $\lambda=550$ mkm müşahidə olunan elektrolüminessensiya şüalanmasının intensivliyinin elektroda tətbiq edilən gərginlikdən asılılığı: 1- ilkin kristal; 2- $\text{CaGa}_2\text{S}_7:\text{Eu}^+$ üzvü birləşməsi

Şəkil 4-də ilkin $\text{CaGa}_2\text{S}_7:\text{Eu}$ və üzvü birləşməli bərk məhlulunda $\lambda=550$ mkm müşahidə olunan elektrolüminessensiya şüalanmasının intensivliyinin müxtəlif gərginliklərdə temperaturdan asılılığı göstərilmişdir. Qrafiklərin müqayisəsi əsasında demək olar ki, üzvü birləşməli $\text{CaGa}_2\text{S}_7:\text{Eu}$ nazik təbəqəsində maksimum şüalanmanın intensivliyi temperaturdan asılıdır. Temperaturun artması ilə şüalanma intensivliyi eksponensial qanunla artır və temperaturun ~ 340 K –dən yüksək qiymətlərində azalma müşahidə edilir. Bu, isə yüksək temperaturlarda aktivator mərkəzləri arasında qarşılıqlı təsirin zəifləməsi ilə izah oluna bilər.



Şəkil 4. İlkin $\text{CaGa}_2\text{S}_7:\text{Eu}$ və üzvü birləşməli bərk məhlulunda $\lambda=550$ mkm müşahidə olunan elektrolüminessensiya şüalanmasının intensivliyinin temperaturdan asılılığı: 1- $U=20$ V; 2- $U=50$ V

Nəticə və müzakirələr. Beləliklə, $\text{CaGa}_2\text{S}_7:\text{Eu}$ əsaslı üzvü birləşməli nazik təbəqəli lümineforlu indikatorun elektrolüminessensiya xarakteristikaları araşdırılmış və aşağıdakı nəticələr əldə edilmişdir:

- müəyyən edilmişdir ki, neft tərkibli komponentdən doldurucu kimi istifadə zamanı $\text{CaGa}_2\text{S}_7:\text{Eu}$ birləşməsində müşahidə olunan elektrolüminessensyanın intensivliyi artır və şüalanma zolağı kiçik dalğa oblastına tərəf sürüşür;

- müəyyən edilmişdir ki, indikatorun şüalanma intensivliyi temperaturdan və tətbiq edilən elektrik sahə intensivliyindən asılıdır.

Ədəbiyyat

- [1] Shinar, J. - Organic Light-Emitting Devices;
- [2] Sze, S. M., & Ng, K. K. - Physics of Semiconductor Devices;
- [3] Journal of Luminescence - Photoluminescence properties of rare-earth doped sulfides;
- [4] Ю.Федотов, Р.А.Соколова. Исследования спектров флуоресценции нефтяных загрязнений. Известия высших учебных заведений, физика, Т. 55, № 9/2, 2012, 106-108с.
- [5] А.В. Белоножко, Р.А. Соколова. Исследование люминофорных покрытий для полупроводниковых источников света с целью повышения их эффективности. г. Томск, ТУСУР.

ELECTROLUMINESCENCE CHARACTERISTICS OF A CRYSTAL-BASED ($\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}$) THIN-FILM LUMINESCENT INDICATOR WITH ORGANIC COMPOUNDS

Jalilova N.A., Madatov R.S.

Abstract. Electroluminescence is the phenomenon of light emission from materials under the influence of an electric field and is widely applied in various fields of modern technology. This phenomenon enhances the energy efficiency of light sources, providing longer lifespan, environmental friendliness, and innovative solutions. Electroluminescence plays a crucial role, especially in lighting, display technologies, medicine, the automotive industry, advertising, and military sectors.

Keywords: phosphor material, crystalline material, luminescence, electroluminescent, electroluminescence, polycrystal.



METAL VƏ KOMPOZİT AEROKOSMİK MATERIALLAR ÜÇÜN AKTİV İSTİLİK NƏZARƏT ÜSULUNUN İŞLƏNMƏSİ VƏ TƏTBİQ SAHƏLƏRİNİN ARAŞDIRILMASI

Allahverdiyev K.N., Əhmədov E.Ə.

kallahverdiyev.60169@naa.edu.az

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Bu məqalədə, yüksək texnologiyalı sənaye sahələrində, xüsusən Aerokosmik sahədə kompozit və metal materialların aktiv istilik nəzarət (İN) üsulunun işlənməsi məsələlərinə baxılmış, onun tətbiq sahələri araşdırılmışdır. Məqalədə, həmçinin metal materialların İN-in çətinlikləri, yeni üsulların tətbiqi perspektivləri müzakirə olunmuş, üçölçülü İN tapşırığının analitik və hesabi həlləri müqayisə edilərək material itkisi və defekt ölçülərinin temperatur siqnallarına təsiri araşdırılmışdır. Hesablamalar xüsusi seçilmiş (ThermoCalc-6L) proqram vasitəsilə aparılmış və analitik həllərlə müqayisə edilərək nəticələrin düzgünlüyü təhlil edilmişdir.

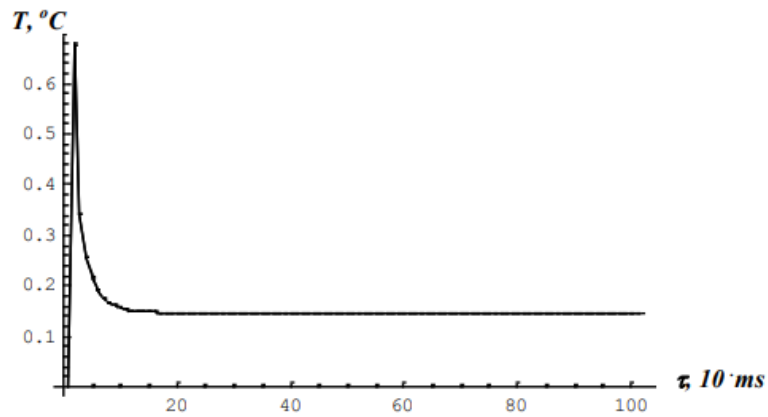
Silindrik məhsulların istilik nəzarəti üçün laboratoriya sisteminin tətbiqi və infraqırmızı kameralarla yoxlama prosedurları da detallı şəkildə izah edilmişdir. Nəticə etibarilə, bu tədqiqat, materialların istilik təsiri ilə defektlərin aşkarlanmasında yeni yanaşmaların tətbiqinin vacibliyini zəruri edir.

Açar sözlər: istilik nəzarət üsulu (İN), aktiv istilik nəzarət üsulu, kompozit materiallar, metal materiallar, ultrasəs texnologiyaları.

Giriş. Məlum olduğu kimi son zamanlar defektoskopiya sahəsində defektlərin aşkarlanması üzrə aparılan tədqiqat işlərində yüksək texnologiyalı sənaye sahələrində istifadə edilən kompozit və metal materiallarda istilik nəzarət (İY) üsullarının tətbiqi və inkişafı geniş vüsət almışdır. Bu mövzu, aerokosmik, hərbi texnika və digər sahələrdə məhsulun keyfiyyətinin təmin olunmasında materialları məhv etmədən yoxlama üsullarının vacibliyi ilə əlaqədardır. İstilik nəzarəti, materialdakı defektləri aşkarlayaraq keyfiyyəti artırmaq üçün mühüm rol oynayır. Eyni zamanda, metal materialların İY-sində yeni üsulların tətbiqi ilə ortaya çıxan problemlər də mövcuddur. Hazırda kompozit materialların İN-in tətbiqi sahəsində böyük irəliləyişlər müşahidə olunmuş, xüsusilə ThermoWave Imaging şirkətinin defektoskopiya cihazlarının istehsalı diqqət çəkir. Lakin metal materialların istilik yoxlamasında radiasiya əmsalının aşağı olması və istilik keçiriciliyinin yüksək olması kimi çətinliklər mövcuddur.

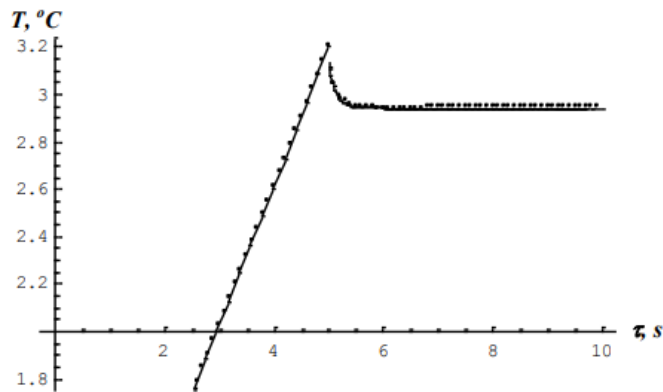
Bu tədqiqatda, həmçinin istilik nəzarəti üsullarının üçölçülü tapşırıqları və defekt ölçülərinin istilik siqnallarına təsiri araşdırılır. Nəticədə, bu sahənin gələcək inkişafı üçün yeni yanaşmalar təqdim edilir.

Metalik məhsullarda korroziya üçün istilik nəzarətinin üsulu və avadanlığı. Bu tədqiqat mərhələsində üçölçülü İY tapşırığının həlli ilə bağlı xüsusiyyətlər, analitik və hesabi həllərlə müqayisə edilmişdir, həmçinin temperatur siqnallarının zamanla inkişafının xüsusiyyətləri araşdırılmışdır. Material itkisi δ , defektlərin ölçüləri D , D_x , D_y və qızma müddəti T_h ilə fərqlənən 100-ə qədər defektli vəziyyətlər hesablanmışdır. Yuxarıda qeyd olunan hesablamalar üçün xüsusi seçilmiş proqram olan ThermoCalc-6L kompüter proqramından istifadə olunmuşdur, bu proqram TPU-nun Elm İnstitutunda hazırlanmış və çoxqatlı cisimlərdə gizli defektləri olan qeyri-stasionar istilik keçiriciliyi məsələlərini üçölçülü həll etməyə imkan verir[7]. Hesablamaların düzgünlüyünün təhlilində xüsusi diqqət yetirilmişdir və bu, bir neçə üsulla araşdırılmışdır. "Defektsiz" temperaturlar adiabatik plitə üçün düzbucaqlı impuls ilə istiləşmə üçün analitik həll ilə müqayisə edilmişdir. Verilənlərin maksimum fərqi bir neçə faizdən çox olmamışdır (Şəkil 1). Dəyərlərin fərqi sonsuz defektlər üçün 3%-i keçməyib (Şəkil 2) və sonlu ölçülü defektlər üçün isə 6%-ə qədər olmuşdur (Şəkil 3), burada sonuncu halda defektlərin formalarının fərqi, kvadratin dekart koordinat sistemində və dairənin silindrik koordinat sistemində eyni sahədə olması ilə əlaqəli müəyyən rol oynamış ola bilər.



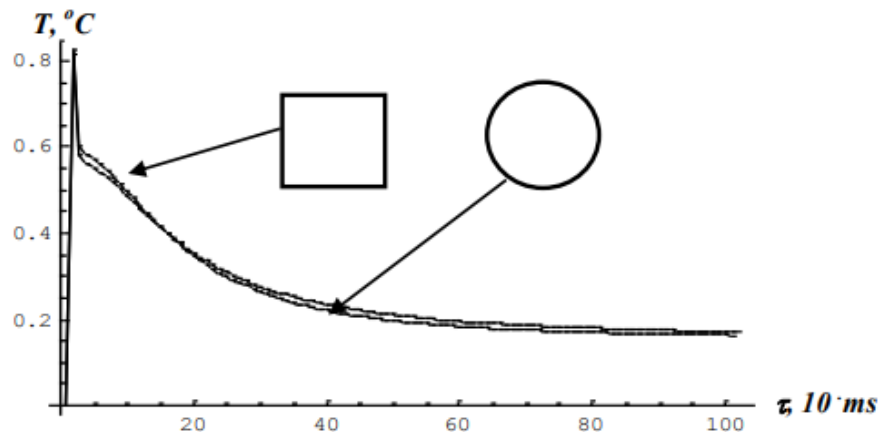
Şəkil 3. Adiabatik plitənin səthində zamanla temperaturun dəyişməsi

Şəkil 1-də qalınlığı 2 mm olan AISI (austenite) 1010 poladdan hazırlanmış adiabatik plitənin səthində zamanla temperaturun dəyişməsi (istilik gücü 105 Vt/m^2 , müddəti 10 ms); analitik və ədədi həllər üçün iki əyri verilmişdir; praktiki olaraq heç bir fərq yoxdur);



Şəkil 4. 5 mm qalınlığında polad plitənin üzərində temperaturun zamanla dəyişməsi

Şəkil 2-də AISI 1010 poladından hazırlanmış 5 mm qalınlığında plitənin üzərində temperaturun zamanla dəyişməsi, çarpaz istiqamətdə sonsuz defekti olan halda (istilik gücü 105 Vt/m^2 , müddət 5 s); analitik həll üçün bir düz xətt və hesablamalı həll üçün nöqtələr verilmişdir.

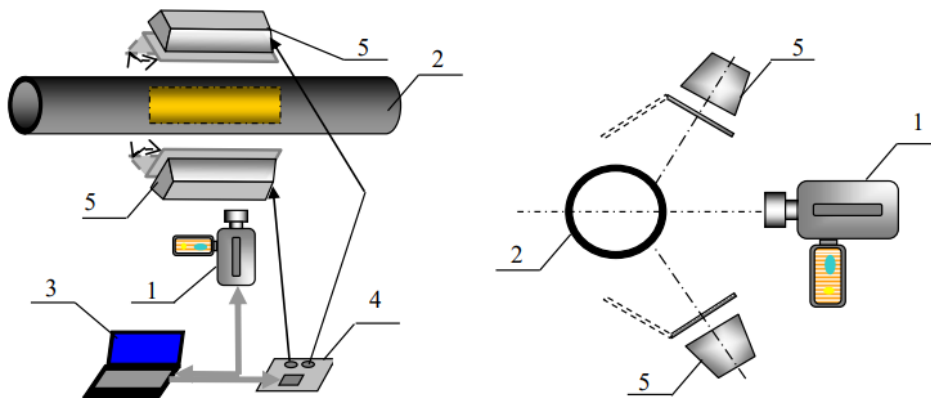


Şəkil 3. 2 mm qalınlığında polad plitənin üzərində temperaturun zamanla dəyişməsi

Şəkil 3-də defektli AISI 1010 poladından hazırlanmış 2 mm qalınlığında plitənin üzərində temperaturun zamanla dəyişməsi (istilik gücü 105 Vt/m^2 , müddət 10 ms, material itkisi 75%, defekt sahəsi 36 mm^2); ThermoCalc-2D və ThermoCalc-6L[8]. proqramları ilə əldə edilmiş hesabi həllərin iki əyrisi təqdim edilmişdir.

Gizli korroziyanın modelləşdirilməsi zamanı defektlərin konfigurasiyasının iki vaxt anı üçün temperaturun yayılmasına təsirinin analizi aparılmışdır. Aydınlaşdırılmışdır ki, istilik difuziyasının çapraz təsiri xüsusilə kiçik ölçülü defektlər üçün nəzərəçarpandır.

Silindrik məhsulların istilik nəzarəti sistemi. Laboratoriya sisteminin ümumi sxemi, silindrik məhsulların (kompozit və metal) istilik nəzarətinə tətbiqi ilə əlaqədar olaraq Şəkil 4-də verilmişdir. Silindrik obyekt üfüqi vəziyyətdə nəzarətə yerləşdirilir (şaquli yerləşdirmə də mümkündür). Silindrin üfüqi yerləşməsi, infraqırmızı kameranın görmə bucağından optimal istifadə üçün üstünlük təşkil edir, çünki cihazın adi vəziyyətdə görmə bucağı üfüqi istiqamətdə uzanır. Bir dəfəlik nəzarət sahəsi, istifadə olunan istilik mənbəyinin növünə görə dəyişən istilik sahəsinin ölçüləri ilə müəyyən edilir. Əsas istilik mənbəyi olaraq, 2 kVt gücündəki borulu rezistiv istilik cihazı və ya $2 \times 6 \text{ kVt}$ ümumi gücə malik halogen lampalı xüsusi istilik cihazı istifadə edilir. Alternativ istilik mənbəyi olaraq isə, hər biri 2 kVt olan sənaye fenləri istifadə olunur. İstilik mənbələrindən obyektə məsafəsi təxminən 0,4 m-dir və uyğun gücün təmin edilməsi halında bu məsafə artırıla bilər. Çox vaxt məhsul tərəfindən udulmuş güc sıxlığında bu məsələ təxminən 10 kVt/m^2 təşkil edir. Tipik istiləşmə vaxtı, tətbiq edilən lampaların gücündən və obyektə məsafədən asılı olaraq 5-20 saniyə arasındadır. Halogen lampalar və fenlərdən istifadə zamanı əsas məqam, uyğun idarəetmə signalı gəldikdən sonra şüalanma axınının tez bir zamanda örtülməsi üçün qeyri-şəffaf pərdələrin istifadəsidir. Silindrik məhsulların infraqırmızı kamerayla nəzarəti zamanı silindrin faktiki olaraq yarısı eyni anda görünürsə də, ən yaxşı nəticələr silindrin dairəvi səthinin $1/6$ və ya $1/8$ hissəsinin təhlilində əldə edilir. Başqa sözlə, silindrin bütün səthini nəzarət etmək üçün 6-8 müxtəlif baxış bucağı tələb olunur. Silindrik məhsulların istilik nəzarəti ilə yoxlanılması zamanı faktiki olaraq silindrin yarısı eyni anda görüntülənir, lakin ən yaxşı nəticələr silindrin $1/6$ və ya $1/8$ hissəsinin analizi zamanı əldə olunur. Başqa sözlə, silindrin bütün səthini yoxlamaq üçün 6-8 baxış bucağı tələb olunur. Silindrik məhsulların istilik nəzarəti tipik prosedura aşağıdakı şəkildə işləyir. İstilik kameraları 1 mühit temperaturunda yoxlama obyektinin 2 istilik şəkilini qeydə alır, sonra kompüter 3-ün signalı ilə idarəetmə bloku 4 istilik cihazlarını 5 işə salır (məsələn, 10 saniyə üçün), burada istilik şəkillərinin davamlı rəqəmsal qeydi kompüter 3-ə edilir və həm istiləşmə, həm də soyuma prosesi boyunca davam edir (əlavə 20 saniyə). Beləliklə, ümumi qeydə alma müddəti 30 saniyə və ya daha çox ola bilər. Standart qeydləmə tezliyi 10 Hz olduqda, hər bir baxış bucağı üçün bir neçə yüz istilik şəkilindən ibarət ardıcılıq olacaqdır. Sonra qeydə alınan ardıcılıq üzərində analiz aparılır, bununla yanaşı, məkan və zaman filtirləməsi və seçilmiş optimallaşdırılmış məlumat emalı alqoritməsi tətbiq edilir.



Şəkil 4. Silindrik məhsulların aktiv birtərəfli istilik sisteminin sxemi

Nəticə. Məqalədə qoyulan məsələlərin tələblərinə uyğun olaraq kompozit və metal materialların mövcud istilik nəzarət (İN) üsulları təhlil edilmiş, metal və kompozit aerokosmik materiallar üçün aktiv istilik nəzarət üsulu işlənmiş, onun tətbiq sahələri araşdırılmışdır. Aktiv istilik nəzarət üsulunun defektlərin aşkarlanmasında effektiv olması, kompozit material və məmulatlar üçün ölçmələrin daha keyfiyyətli aparılmasına imkan verir. Metal materialların İY-sində qarşılaşılan çətinliklər, xüsusilə radiasiya əmsalının aşağı olması və istilik keçiriciliyinin yüksək olması yeni üsulların tətbiqini vacib edir. Üçölçülü İN tapşırığının analitik və hesabi həlləri müqayisə edilərək material itkisi və defekt ölçülərinin temperatur siqnallarına təsiri araşdırılmışdır. Hesablamalar və analitik həllərin müqayisəsi, bu üsulların dəqiqlik və etibarlılığını təsdiqləyir. Silindrik məhsulların istilik yoxlaması üçün tətbiq edilən laboratoriya sisteminin effektivliyi praktiki nəticələrlə sübut olunmuşdur.

Nəticədə, istilik yoxlaması texnologiyalarının inkişafı, gələcək araşdırmalar üçün mühüm istiqamətlər təqdim edir və bu sahədəki tədqiqatların daha da irəliləməsi üçün əsaslı zəmin yaradır.

Ədəbiyyat

- [1] <https://www.thermalwave.com/>
- [2] D. L. Balageas, J. C. Krapez and P. Cielo, "Pulsed Photothermal Modelling of Layered Materials," Journal of Applied Physics, Vol. 59, No. 2, 1986,
- [3] Вл Review of pulsed thermal NDT: Physical principles, theory and data processing
- [4] Vladimir P. Vavilov, Modeling and characterizing impact damage in carbon fiber composites by thermal/infrared non-destructive testing
- [5] Будадин, Олег Николаевич, Тепловой метод неразрушающего контроля и диагностики технического состояния материалов, изделий и конструкций
- [6] Вавилов В.П. Инфракрасная термография и тепловой контроль.
- [7] Вавилов В.П., Горбунов В.И., Елифанцев Б.Н. Двумерная задача тепловой дефектоскопии при конвективном теплообмене изделия с окружающей средой. – Дефектоскопия, 1974
- [8] Чулков А.О. Экспериментальное определение коррозии в стальных изделиях методом активной инфракрасной термографии. - Международный научно-исследовательский журнал. 2014.

DEVELOPMENT OF ACTIVE THERMAL CONTROL METHODS FOR METAL AND COMPOSITE AEROSPACE MATERIALS AND INVESTIGATION OF THEIR APPLICATION AREAS

Allahverdiyev K.N., Ahmadov E.A.

Abstract. This article examines the development of active thermal control (TC) methods for composite and metallic materials in high-tech industries, especially in the aerospace sector, and explores its application areas. The article also discusses the difficulties of TC of metallic materials, the prospects for the application of new methods, and compares analytical and computational solutions to the three-dimensional TC task, and investigates the effect of material loss and defect sizes on temperature signals. The calculations were performed using a specially selected program (ThermoCalc-6L) and the accuracy of the results was analyzed by comparing them with analytical solutions.

The application of a laboratory system for thermal control of cylindrical products and inspection procedures with infrared cameras are also explained in detail. As a result, this study highlights the importance of applying new approaches to the detection of defects in materials under the influence of heat.

Keywords: thermal control method (TC), active thermal control method, composite materials, metallic materials, ultrasonic technologies.



FUNDAMENTAL UDMA OBLASTINDA TLINSE₂(1-X) S_{2x} (X=0,1,0) SİSTEMLİ BƏRK MƏHLULLARININ OPTİK XASSƏLƏRİ

Məmmədova G.E.^{1*}, Sərdarlı R.M.^{1,2}, Əliyeva N.Ə.^{1,3}, Rəsulova A.Ə.¹, Məmmədov R.A.¹

gultekin.m_ova@mail.ru

¹ Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Radiasiya Problemləri İnstitutu

² Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

³ Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti, Azərbaycan

Xülasə. 400-1100 nm spektral oblastda TlInSe₂(1-x) S_{2x} (x=0,1,0) bərk məhlul sistemi üçün buraxma və əks etdirmə spektrləri tədqiq edilmişdir. Fundamental udma oblastında bərk məhlulların bütün kristalları üçün düz və çəpinə keçidlərin enerjiləri hesablanmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, TlInSe₂(1-x) S_{2x} (x=0,1,0) bərk məhlulunda tərkib artdıqca həll olma oblastında kristalların qadağa zonasının enidə də artır.

Açar sözlər: udma spektrləri, düz və çəpinə keçidlər, qadağan olunmuş zona, bərk məhlul.

Giriş. Tl xalkogenidlər qrupuna daxil olan TlGaSe₂, TlGaS₂, TlInS₂, TlInSe₂ və TlInTe₂ kristallarında kationlar və anionlar arasında əvəzlənmə aparmaq mümkündür və bu hal konsentrasiya intervalına uyğun olaraq kəsilməz sıranı formalaşdırıb bərk məhlul əmələ gətirir. Son illərdə bərk məhlul birləşmələri həm fundamental tədqiqatlar, həm də potensiallığı böyük olan texnoloji tətbiqlər üçün əhəmiyyət kəsb edir, çünki bu nümunələrin kristal qəfəslərinin qeyri-sabitliyi müxtəlif növ faza keçidlərinin əmələ gəlməsinə səbəb olur. Ən çox öyrənilən TlInS₂ və TlInSe₂ kristalları bu sistemin materialları arasına daxildir.

TlInS₂ - TlInSe₂ sisteminin hal və tərkibi-xassə diaqramları [1] işdə öyrənilmişdir. Sistem xəlitələrini tədqiq etmək üçün DTA və RFA metodlarından istifadə edilmişdir. Uyğun olaraq tədqiq olunan TlInS₂-TlInSe₂ sisteminin xəlitələrinin termik analizinin nəticələri göstərmişdir ki, bu sistemdə geniş bərk məhlul oblastları mövcuddur. Beləliklə, TlInS₂ - TlInSe₂ sisteminin 70,0-80,0 mol% konsentrasiya intervalında iki növ bərk məhlulun (a+b) birgə mövcudluq oblastı olduğu ehtimal edilir: burada a-bərk məhlulların monoklin TlInS₂, b- isə bərk məhlulların tetraqonal TlInSe₂ quruluşunda kristallaşdığı güman olunur.

Təqdim olunan işdə məqsəd TlInS₂(1-x)Se_{2x} (x=0,1,0) birləşmələrinin otaq temperaturunda fundamental udma oblastında optik xassələrin öyrənilməsindən ibarətdir.

Metodlar. Absorbsiya spektrlərinin tədqiqatları təzə parçalanmış (001) səthlərdə aparılmışdır. Emissiya spektri 400-1100 nm spektral diapazonda spekord 210 plus spektrofotometrindən və E^Λ C qütbləşmə metodundan istifadə edilərək hesablanmışdır. Ölçmələr otaq temperaturunda yerinə yetirilmişdir. Spektrometrin ölçmə dəqiqliyi ±3 nm təşkil edir. Buna əsasən, E_g daha böyük ±0,0004 eV dəqiqliklə hesablanmışdır.

Nəticələr. TlInSe₂(1-x) S_{2x} (x=0,1,0) sistemi bərk məhlul nümunələrinin otaq temperaturunda udma və buraxma spektrləri öyrənilmişdir. Udma əmsalı aşağıdakı ifadə ilə təyin edilir [2].

$$\alpha = \frac{1}{d} \ln \left(\frac{(1-R)^2 + \left[(1-R)^4 + 4R^2 T^2 \right]^{\frac{1}{2}}}{2T} \right) \quad (1)$$

Burada R- əksolunma (0,2605), A- optik sıxlıq, a - optik udma sürəti, d -nümunənin qalınlığıdır. R-in otaq temperaturundakı qiymətindən istifadə etməklə optik udma dərəcəsi müəyyən edilmişdir. Təbii laylardan alınan nümunələrdə ad>>1 -ə uyğun olan hissələrə bölünərək əks etdirmə ölçmələri aparılmışdır. Bir sıra yansımaları və müdaxilələri aradan qaldırmaq üçün kristalın üzərinə düşən işıq kristala bir qədər bucaq altında daxil edilir. Çox saylı əksolunma və interferensiyanı aradan qaldırmaqdan ötrü kristala düşən işığı kiçik bucaq altında kristala daxil edirik.

Təcrübədə istifadə olunan nümunələrin qalınlığı $d \gg 300$ mm civarında götürülmüşdür. Əksər yarımkeçiricilərdə əsas udma dərəcəsi $\alpha\hbar\omega = B(\hbar\omega - E_g)^n$ bərabərliyə təbə olur [3]. Burada - $\alpha\hbar\omega$ udma dərəcəsi, $\omega = 2\pi\nu$ -bucaq tezliyi, n -sabitdir ($n = 1/2, 3/2, 2, 3$ qiymətlərini ala bilər). asılılığın xarakteri elektron keçidin udma spektrindən asılıdır. Spektrin yüksək enerjili oblastında $n=1/2$ icazə verilən düzünə keçid, $n=3/2$ qadağan olunmuş düzünə keçidi, spektrin aşağı enerjili hissəsində isə $n=2$ icazə verilən cəp keçid, $n=3$ qadağan edilmiş cəp keçiddir [3].Təcrübə nəticələrinə əsasən müəyyən edilmişdir ki, 300 K temperaturda $\text{TlInSe}_{2(1-x)}\text{S}_{2x}$ ($x=0,1,0$) sistemli bərk məhlullarında udma intensivliyi 5 sm^{-1} və 120 sm^{-1} intervalında dəyişir. Tədqiq edilmiş $\text{TlInSe}_{2(1-x)}\text{S}_{2x}$ bərk məhlulunun nümunələri üçün qadağa zonasının udma enerjisinin düzünə və cəpinə optik keçidi müəyyən edilmişdir. Bu keçidlər müvafiq olaraq $(\alpha^{1/2}-\hbar n)$ və $(\alpha^2-\hbar n)$ asılılıqlarından istifadə etməklə düz xəttin aşağı fragmentar hissəsini $\alpha^2=0$ və $\alpha^{1/2}=0$ qiymətlərinə ekstrapolyasiya etməklə əldə edilir. Tədqiq olunan bərk məhlullarda $\text{TlInSe}_{2(1-x)}\text{S}_{2x}$ ($x=0,1,0$) düzünə qadağan olunmuş zolağın eni $E_{gd} = 1,33\text{ eV}$, $2,32\text{ eV}$ və cəpinə qadağan olunmuş zolağın eni $E_{gid} = 1,19\text{ eV}$, $2,28\text{ eV}$ intervalında dəyişir.

Beləliklə, $\text{TlInSe}_{2(1-x)}\text{S}_{2x}$ ($x=0,1,0$) sisteminin bərk məhlullarında otaq temperaturunda 400–1100 nm spektral oblastda əksolunma və buraxma spektrlərinin düzünə və cəpinə optik keçidlərin konsentrasiyasından asılılığı müəyyən edilmişdir. Göstərilmişdir ki, $\text{TlInSe}_{2(1-x)}\text{S}_{2x}$ ($x=0,1,0$) sisteminin bərk məhlullarında konsentrasiyanın artması ilə qadağa zonasının eni artır.

Ədəbiyyat

- [1] Э.М.Керимова. Кристаллофизика низкразмерных халькогенидов Баку « ЕЛМ». 2012. С 708.
- [2] Ilisavskii Yu V, Sternin V M, Suleimanov R A, Seidov M Yu and Salaev F M 1991 Ultrasonic studies of phase transitions in layered TlInS_2 and TlGaSe_2 crystals Sov. Phys.—Solid State 33 104–9 Moss T.S., Optical Process in Semiconductors. Butterworths, London. 1959, 247.
- [3] Laiho R, Levola T and Sardarly R M 1987 Brillouin scattering study of phase transitions in TlInS_2 Solid State Commun. 63 1189–92.

OPTICAL PROPERTIES OF SOLID SOLUTIONS OF $\text{TlInSe}_{2(1-x)}\text{S}_{2x}$ ($X=0,4,1,0$) SYSTEM IN FUNDAMENTAL ABSORPTION REGION

Mammadova G.E., Sardarly R.M., Aliyeva N.A., Rasulova A.A., Mammadov R.A.

Abstract. The emission and reflection spectra of the solid solution system $\text{TlInSe}_{2(1-x)}\text{S}_{2x}$ ($x= 0.4; 0.5; 0.6; 0.7; 0.8; 0.9; 1$) were studied in the spectral region of 400-1100 nm. The energies of direct and indirect transitions were calculated for all crystals of solid solutions in the region of optical absorption spectra. It was found that as x increases, the width of the band gap of crystals in the solubility region of the solid solution also increases.

Keywords: absorption spectra, direct and indirect transitions, forbidden zone, solid solution.



PREDICTING NUCLEAR DEFORMATION PROPERTIES WITH MACHINE LEARNING: A FOCUS ON RARE EARTH ISOTOPES

Guliyev H.I.^{1,2*}, Naghiyeva F.I.¹, Guliyev A.A.², Guliyev E.A.³

huseynqulu@yahoo.com

¹ Azerbaijan State Economics University, Azerbaijan

² National Aviation Academy, Azerbaijan

³ State Agency for Nuclear and Radiological Activity Regulation, Azerbaijan

Abstract. In this study, the deformation properties of rare earth isotopes were analysed using Random Forest Regression, one of the artificial intelligence methods. The machine learning process was based on the deformation data of rare earth isotopes in the article by Raman (2001). For isotopes missing in the literature, the prediction of attributes such as $B(E2)$, β_2 and quadrupole moment was successfully performed. This method has contributed to the creation of a complete data set and provides a solid foundation for future nuclear physics research.

Keywords: deformation properties, rare earth isotopes, Random Forest, machine learning, quadrupole moment.

Introduction. Atomic nuclei are a dense system of protons and neutrons and can exhibit different characteristics in terms of shape. Most nuclei have a spherical geometry in the ground state; however, some heavy isotopes deviate from spherical symmetry by deformation. This deformation can cause the nucleus to have a prolate (longitudinal ellipsoid) or oblate (flat ellipsoid) structure. This deformation of deformed nuclei significantly affects their energy levels, electromagnetic transition probabilities and physical behaviour [1, 2].

Deformation properties are described in particular by quantities such as the electromagnetic transition probability ($B(E2)$), the quadrupole moment (Q_0) and the deformation parameter (β_2). These parameters play a critical role in understanding the shape of the nucleus and in the development of theoretical models. The electromagnetic transition probability $B(E2)$ in deformed nuclei is used as an important indicator in the study of the collective motions of the nucleus. However, for many isotopes these parameters have not been measured experimentally or the data are missing in the literature [1, 2].

The deformation parameters of nuclei play a critical role in understanding the dynamics of the nuclear structure and electromagnetic transition properties. These parameters have been investigated through both experimental studies and theoretical models. However, the limitations of experimental data increase the need for new prediction methodologies. In this study, it is aimed to predict the deformation parameters using the Random Forest regression model. Thus, the deformation properties of rare earth region isotopes are analysed and the properties such as $B(E2)$, β_2 , Q_0 , and quadrupole moment, which are missing in the literature, are estimated. The model developed on the basis of the deformation data taken from Raman (2001) [2] article provided an effective approach to complete the missing data and contributed to the creation of a new data set in this field.

Methods. In this study, the Random Forest (RF) algorithm method is used. RF, an algorithm developed by Breiman [3], has been widely applied in various fields due to its high performance in classification and regression problems. In the RF approach, the entire dataset is divided into subsets, and multiple decision trees are created within each subset. Each tree is trained with randomly selected features. This method allows RF, an ensemble learning technique, to influence the final model result with specific weights from each tree [4]. Moreover, in the RF model, the fact that each tree is trained with randomly selected features and each tree dataset is formed from a subset avoids the overfitting problem [5].

The experimental parameters $B(E2)$, β_2 , Q_0 , were obtained from Raman et al. [2]. The data set is composed of proton number, neutron number, mass number, first excitation energy, $B(E2)$, half-life,

quadrupole deformation parameter and quadrupole moment values. In this context, machine learning was performed for seven rare earth nuclei with 59 isotopes (including proton, neutron number) measured in Raman 2001 with 2^+ , BE (2), β_2 , Q_0 values. The performance of the model was tested by cross-validation. Missing values in Raman et al. were removed by interpolation and standardisation techniques to ensure consistent data quality [6].

Results and discussion. In this study, the relationship between the mass number (A) and the quadrupole deformation parameter (β_2) was investigated for isotope chains in the rare-earth region (Ce, Nd, Sm, Gd, Dy, Er, and Yb). Machine learning models were trained using data from Raman et al. (2001), and the predictions obtained from the model were compared with experimental results reported in previous studies [1, 2]. These comparisons are presented in Figure 1.

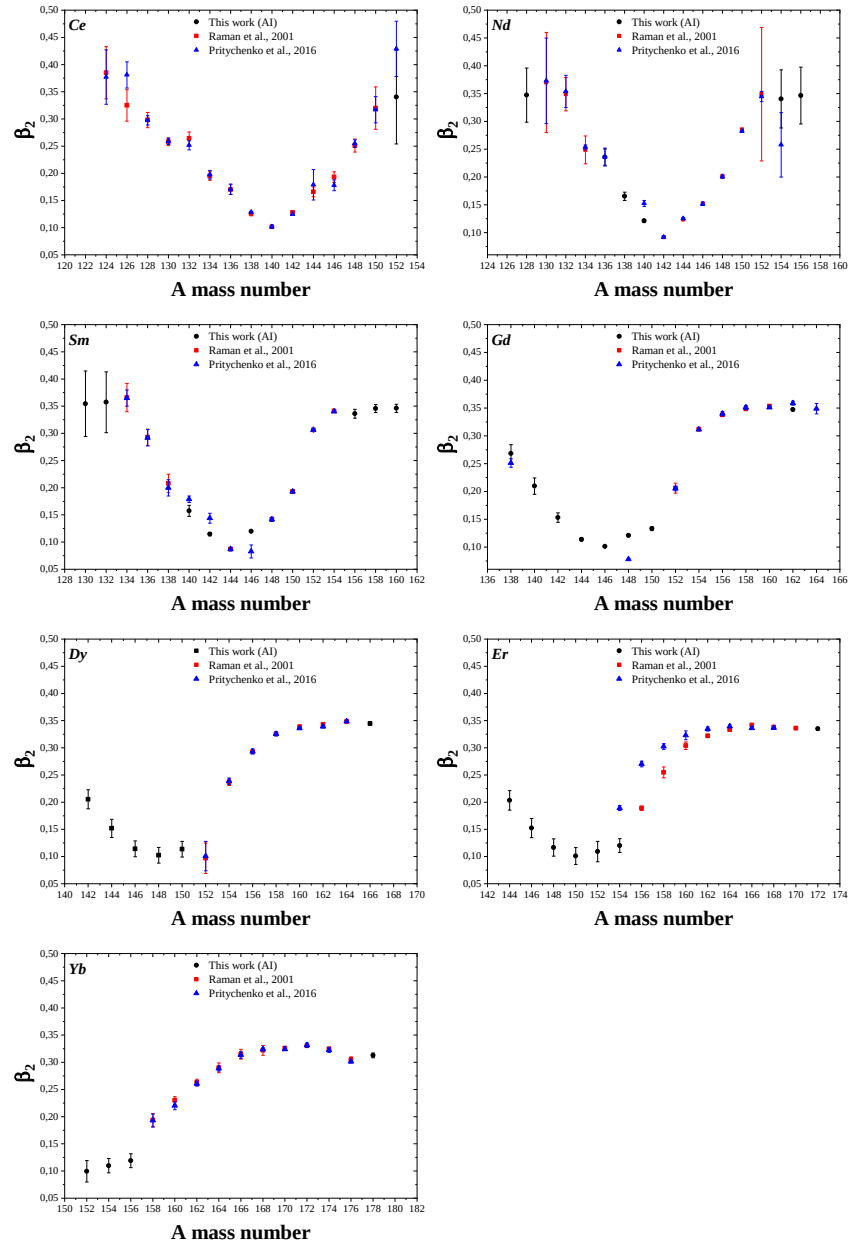


Figure 1. The values represented by black circles were obtained using the artificial intelligence (AI) model based on experimental data. The values shown with red squares are experimental data from Ref [2] and the values shown with blue triangles are experimental data from Ref [1].

The analysis reveals a general trend where the deformation parameter (β_2) decreases as the nucleon numbers of the nuclei approach magic numbers. Conversely, as the nucleon numbers move away from the magic numbers, an increase in the deformation parameter is observed. This trend is consistent with theoretical expectations, as nuclei near magic numbers tend to exhibit spherical shapes, while nuclei farther from magic numbers typically display more pronounced deformations.

Conclusion. In this study, using the Random forest model, the quadrupole deformation properties of the rare earth region isotopes in the Raman 2001 [2] paper are used to predict quadrupole deformation values that are missing in the literature.

- The AI model successfully reproduces known trends of nuclear deformation and provides predictions for isotopes for which experimental data are limited.
- The observed differences for some isotopes should be investigated in more detail by improving the training data sets or incorporating additional physical constraints into the AI model.
- The overall agreement between all data sets suggests that β_2 is a robust parameter describing nuclear deformation and that the AI-based method can be used as a complementary tool in nuclear physics research.

In conclusion, this study demonstrates the potential of AI in understanding nuclear structure. Future work could focus on extending the training data and investigating the deformation trends of the model on isotopes beyond the studied chains.

References

- [1] Pritychenko B et al 2016 Atomic Data and Nuclear Data Tables 107 1.
- [2] Raman S et al 2001 Atomic Data and Nuclear Data Tables 78 1.
- [3] Breiman L 2001 Machine learning 45.
- [4] Liaw A 2002 R news.
- [5] Cutler D R et al 2007 Ecology 88.
- [6] Pedregosa F 2011 Classification and regression by randomForest 12 2825.

NÜVƏLƏRİN DEFORMASIYA XASSƏLƏRİNİN MAŞIN ÖYRƏNMƏSİ İLƏ PROQNOZLAŞDIRILMASI: NADİR TORPAQ İZOTOPLARIN NÜMUNƏSİNDƏ

Quliyev H.İ., Nağıyeva F.İ., Quliyev A.A., Quliyev E.A

Xülasə. Bu tədqiqatda nadir torpaq izotoplarının deformasiya xassələri süni intellekt üsullarından biri olan Random Forest Regression metodu ilə təhlil edilmişdir. Maşın öyrənməsi prosesi Raman (2001) məqaləsindəki nadir torpaq izotoplarının deformasiya məlumatlarına əsaslanmışdır. Ədəbiyyatda mövcud olmayan izotoplar üçün $B(E2)$, β_2 və kvadrupol moment kimi göstəricilərin proqnozlaşdırılması uğurla həyata keçirilmişdir. Bu metod tam məlumat dəstinin yaradılmasına töhfə vermiş və gələcək nüvə fizikası araşdırmaları üçün möhkəm əsas təmin etmişdir.

Açar sözlər: deformasiya xassələri, nadir torpaq izotopları, Random Forest, maşın öyrənməsi, kvadrupol moment.



UÇUŞ TƏHLÜKƏSİ YARADAN KORROZİYALARA QARŞI EFEKTİV MÜBARİZƏ ÜSULLARI

İsaçada İ.F., Cavadov N.F.

isa.isazada2001@gmail.com

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Məqalədə aviasiya sənayesində uçuş təhlükəsizliyini artırmaq məqsədilə korroziyaya qarşı effektiv mübarizə üsulları araşdırılır. Təyyarələrin yüksək temperatur, korroziya və yanğın riskinə məruz qaldığını nəzərə alaraq, polimer əsaslı nanokompozit materialların istifadəsinin vacibliyi vurğulanır.

Əsas diqqət daha təhlükəli korroziya növlərinə – kristallararası, təmas və çat(yarıq) korroziyalarına yönəldilir. Xüsusilə təmas və çat(yarıq) korroziyalarının təyyarənin aerodinamik xüsusiyyətlərinə və təhlükəsizliyinə mənfi təsir göstərdiyi qeyd olunur.

Məqalədə, Milli Aviasiya Akademiyasının alimlərinin üzvi kimya sahəsində apardığı geniş tədqiqatlar nəticəsində poliefiruretan (PEU) əsaslı forpolimerlərin və nanokompozit materialların sintez olunduğu qeyd edilir. Bu materialların aviasiya və kosmik texnikada tətbiq edilməsi, korroziya və yanğın risklərini azaltdığı faktlarla sübut edilmişdir.

Tədqiqatların nəticələri göstərir ki, yeni nəsil materiallar hava gəmilərinin struktur komponentlərində effektiv müdafiəni təmin edərək onların istismar müddətini uzadır və təhlükəsizliyini artırır. Məqalədə gələcəkdə bu texnologiyanın daha da geniş tətbiqi üçün tövsiyələr də irəli sürülür.

Açar sözlər: forpolimer, korroziya, nanomaterial, nanokompozit, örtük, poliefir.

Giriş. Məlum olduğu kimi hava gəmilərinin təhlükəsizliyi və davamlılığı aviasiya sənayesində əsas prioritetlərdən biridir. Uçuş zamanı yüksək temperatur, korroziya və yanğın riski kimi ekstremal şəraitlərə məruz qalan hava gəmilərinin struktur komponentlərinin qorunması üçün xüsusi təyinatlı materialların seçilməsi və istifadəsi xüsusi ilə vacibdir. Bu baxımdan yüksək işçi temperaturu, korroziyaya davamlı, çox funksiyalı polimer əsaslı nanokompozit materiallar bu sahədə çox mühüm rol oynaya bilər.

Metodlar. Dağılma xarakterinə görə korroziyanın növləri çoxdur. Bunların içərisində kristallararası, təmas və çat(yarıq) korroziyaları xüsusi ilə təhlükəlidir. Korroziyanın bu növlərinin hər biri müxtəlif şəraitlərdə və mühitlərdə meydana gələ bilər və onların qarşısını alınması üçün dayanıqlı mühafizə tədbirləri həyata keçirilməlidir.

Təmas korroziyası nəticəsində hava gəmisinin səthində baş verən korroziya hava axınının pozulması və sürtünmə əmsalının yüksəlməsi səbəbindən qaldırma qüvvəsinin azalmasına və yanacaq sərfinin artmasına gətirib çıxara bilər.

Çat (yarıq) korroziyası metal səthindəki dar yarıqlarda və ya birləşmələrdə oksigen çatışmazlığı səbəbindən baş verən korroziyadır. Bu korroziya yanacaq və hidravlik sistemlərin boru kəmərlərində sızmalara səbəb olaraq yanğın təhlükəsinə yol açar. Bu həm təhlükəsizlik risklərini artırır, həm də əlavə təmir xərclərinə səbəb olur. Korroziya nəticəsində yaranan struktur zəiflikləri təhlükə yaradır və sərnişinlərin təhlükəsizliyini təhdid edir.

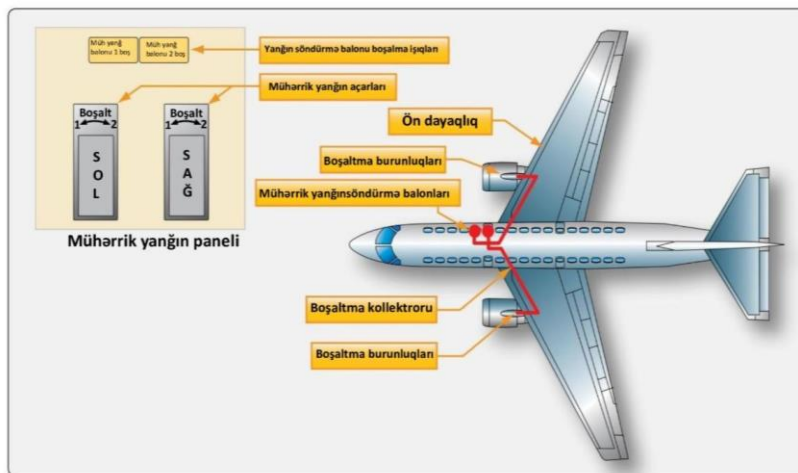
Kristallararası korroziya metalların və detalların kristal sərhədləri boyunca sürüşməsi və dağılmasıdır ki, bu da onların kövrəkləşməsinə səbəb olur. Bu növ korroziyalar təyyarə qanadlarında, mühərrik və ötürücü vallarda, yüksək təzyiq altında işləyən janma kameralarında ciddi problemlərə səbəb olur. Korroziyaya qarşı mübarizə üsulları müxtəlif yanaşmaları əhatə edir və onların seçimi tətbiq sahəsindən, mühitin xüsusiyyətlərindən və iqtisadi amillərdən asılıdır.

Nəticə və müzakirələr. Aviasiya sənayesində korroziyaya qarşı mübarizə üsullarını əsasən metallarla örtülmə və müdafiə örtüklərinin tətbiqi təşkil edir. Müdafiə örtükləri olan minalar, boyalar və

polimerlər metalların və detalların səthlərinə tətbiqi ətraf mühitlə birbaşa təması məhdudlaşdıraraq korroziyanın qarşısının alınmasında mühüm rol oynayır. Sual yaranır ki, yaxın gələcəkdə prinsipcə tamamilə yeni, proqresiv texnologiyalar əsasında polimerlərin alınmasını və kütləvi istehsalını gözləmək olarmı? Nəzərə almaq lazımdır ki, son illər bir çox ölkələrin sənayesi daimi olaraq keyfiyyətə müxtəlif çeşidli polimerlərin istehsalını təşkil edə bilmişdi.

Ancaq aviasiya və kosmik sənaye sahələri etibarlı, ekoloji təhlükəsiz, fiziki-mexaniki, kimyəvi xassələri daha yüksək olan polimer materialların sintezini diktə edirdi. Prinsipcə bu problemin daha rahat yolu sənayenin istehsal etdiyi komponentlərdən -matris və dolduruculardan istifadə etməklə kompozit materialların yaradılması ilə həll etmək olardı. Bu halda kompozisiya materialının xassələri matris və doldurucuların xassələrindən eyni səviyyədə asılı olacaqdır. Ona görə də daha perspektivli və tamamilə yeni bir polimer örtüyün alınması tələb olunurdu. Bu tələbin Milli Aviasiya Akademiyasının alim və mütəxəssisləri tərəfindən yerinə yetirilməsi qürur verici bir fakt olmaqla üzvi kimya sahəsində tamamilə yeni uretan tipli polimerlərin və onların əsasında nanokompozit materialların alınmasının əsasını qoydu. Keçən əsrin sonlarından başlayaraq bu günə qədər davam edən geniş elmi tədqiqat, elmi-təcrübə, laborator, stend və digər sınaqlar nəticəsində çox funksiyalı, yüksək texniki, fiziki, kimyəvi, bioloji, mexaniki, elektrik və digər xassələrə malik poliefiruretan (PEU) forpolimeri əsaslı polimer örtüyün sintezi və sənayenin bir sıra sahələrində tətbiqi mümkün olmuşdur. Son illər PEU forpolimer örtüyün və onun əsasında yaradılmış nanokompozit materialların aviasiya və kosmik sahədə bütün növ korroziyaya qarşı mübarizədə yoxlanılması yüksək nəticələr vermişdir.

Aparılan sınaqlar göstərmişdir ki, bu materiallar həm kimyəvi, həm də elektrokimyəvi korroziyanın bütün növlərinin qarşısını ala bilər. Ümumilikdə 40-a yaxın keyfiyyət göstəricisinə malik olan bu materiallar hava gəmilərinin səthində, salonlarında, mühərriklərində, hidravlik sistemlərində baş verə biləcək korroziyaların və yanğın təhlükəsinin qarşısını almaq imkanına malikdir. PEU forpolimeri üzərində aparılan elmi-tədqiqat və təcrübə- sınaq işləri sübut etmişdir ki, bu unikal üzvi materialın texniki göstəricilərini yüksək texnologiyalar əsasında alınan karbon və mineral nanosrukturlardan istifadə etməklə daha yüksək səviyyəyə çatdırmaq olar. Aparılan sınaqların nəticələri bu göstəricilərdən birinin- materialın işçi temperaturunun $-150 + 1000^{\circ}\text{C}$ səviyyəsinə çatdığını sübut etmişdir. Beləliklə alınmış çox funksiyalı polimer əsaslı nanokompozit örtüklərin mövcudluğu aviasiyada və kosmik texnikada yanğın və korroziyaya qarşı uçuş təhlükəsizliyinin təminatı sahəsində vacib bir hadisədir. Bu texnologiyanın gələcəkdə aviasiyada geniş tətbiqi təyyarə mühərriklərinin, planerin və digər hissələrin çox mürəkkəb və bahalı yanğınsöndürmə sistemlərinə olan tələbatı qismən azalda bilər. (Şəkil 1) Sınaqların əsas hissəsi İstanbul Texniki Universiteti və Ümum Rusiya Aviasiya Materialları İnstitutunda aparılmışdır.



Şəkil 1. Boeing 777 yanğınsöndürmə sistemi

Təkliflər. Yanğın təhlükəsizliyini təmin etmək üçün forpolimer əsaslı nanokompozit örtüklərin geniş tətbiqinin həyata keçirilməsinin təşkili.

Ədəbiyyat

- [1] Н.Ф.Джавадов, З.А.Матысина, С.Ю.Загинайченко, Д.В.Щур, О.В.Мильто. Растворимость фуллерита C_{60} в органической матрице // Наносистемы, наноматериалы, нанотехнологии. Институт Металлофизики имени Г.В. Курдюмова НАН Украины. Киев, 2009, т. 7, № 3, с. 671-681.
- [2] A.M.Paşayev, A.A.Mehdiyev, N.F.Cavadov, V.V.Skorohod, T.İ.Nizamov və s. “Kompozisiya materialı”. Azərbaycan Standartlaşdırma, Metrologiya və Patent üzrə Dövlət Agentliyi (ixtira). İ20110070, 2011.
- [3] А.М.Пашаев, З.С.Ахундов, С.Д.Разумовский, Н.Ф.Джавадов и др. Озоностойкое покрытие на полиэфуретановой основе // Лакокрасочные материалы и их применение. Москва, 2014, №8, с.43-45.
- [4] Пашаев А.М., Низамов Т.И., Джавадов Н.Ф., Алиев А.А. Малотоксичное полиэфируретановое покрытие для антикоррозионной защиты авиационной техники // Лакокрасочные материалы и их применение. Москва, Пэйнт-Медиа, 2016, №12, с.30-33.
- [5] A.M.Paşayev, N.F.Cavadov, S.X.Məmmədova, İ.X.Məmmədov, və b. Qoruyucu örtük üçün poliefiruretan əsaslı forpolimer kompozisiya // Azərbaycan Respublikası Əqli Mülkiyyət Agentliyi. İxtira (İ20190042). Bakı, 2019.
- [6] Н.Ф.Джавадов. Разработка технологических основ получения полимерных нанокмпозитов с органическими матрицами // “Elmi məcmuələr”, Milli Aviasiya Akademiyası, 2021, №3, s. 32-37.

EFFECTIVE METHODS FOR COMBATING CORROSION THAT POSES FLIGHT HAZARDS

Isazada I.F., Cavadov N.F.

Abstract. The article investigates effective strategies for combating corrosion to enhance flight safety in the aviation industry. Considering that aircraft are exposed to high temperatures, corrosion, and fire hazards, the importance of utilizing polymer-based nanocomposite materials is emphasized.

Particular attention is given to the most critical types of corrosion—intergranular, contact, and crevice corrosion. It is noted that contact and crevice corrosion, in particular, have detrimental effects on the aerodynamic properties and overall safety of aircraft.

The article highlights extensive research conducted by scientists from the National Aviation Academy in the field of organic chemistry, leading to the synthesis of polyetherurethane (PEU)-based prepolymers and nanocomposite materials. Empirical evidence confirms that the application of these materials in aviation and space technology significantly mitigates corrosion and fire risks.

Research findings demonstrate that next-generation materials provide effective protection for structural components of aircraft, extending their operational lifespan and enhancing safety. The article also puts forward recommendations for the broader implementation of this technology in the future.

Keywords: forpolymer, corrosion, nanomaterial, nanocomposite, coating, polyester.

BÖLMƏ 8. NƏQLİYYATIN İQTİSADI, HÜQUQİ VƏ HUMANİTAR PROBLEMLƏRİ



AVIAŞİRKƏTLƏRİN İNTEQRASIYA VƏ DİVERSİFİKASIYA PROSESLƏRİNDƏ RİSKLƏRİN İDARƏ EDİLMƏSİ METODLARININ TƏDQIQI

Abdullayev D.E.

davud_abdullayev@inbox.ru

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Bu məqalədə aviaşirkətlərin integrasiya və diversifikasiya proseslərində risklərin idarə edilməsi metodları hərtərəfli şəkildə araşdırılmış, müxtəlif risk növlərinin – maliyyə, əməliyyat, texnoloji və hüquqi risklərin – fərqli yanaşmalarla necə idarə edildiyi geniş şəkildə təhlil edilmişdir. Tədqiqat nəticələri göstərir ki, risklərin kompleks və çevik idarə olunması aviaşirkətlərin davamlı inkişafını və beynəlxalq bazarlarda rəqabət üstünlüyünü qoruyub saxlamaq üçün vacibdir. Şirkətlərin müasir rəqəmsal texnologiyalara, xüsusilə süni intellekt və böyük məlumat analitikasına daha çox investisiya yönəltməsi, risklərin vaxtında müəyyənləşdirilməsinə və onların azaldılmasına şərait yaradır. Eyni zamanda, hüquqi uyğunluğun təmin edilməsi və texnoloji adaptasiyanın gücləndirilməsi şirkətlərin dayanıqlılığını artırır və onların global bazarda mövqeyini möhkəmləndirir. Əldə edilən nəticələrə əsaslanaraq, aviaşirkətlərin əməliyyat və maliyyə risklərini idarə etmək üçün alternativ təchizat zəncirlərinin yaradılması və valyuta hedcinq strategiyalarının genişləndirilməsi zəruri hesab edilir. Tədqiqatda təqdim olunan tövsiyələr aviaşirkətlərin bazarda mövqeyini qoruması, maliyyə sabitliyini təmin etməsi və uzunmüddətli davamlı inkişafına nail olması üçün nəzərdə tutulmuşdur.

Açar sözlər: inkişaf strategiyası, risklərin idarə edilməsi, integrasiya, diversifikasiya, aviasiya.

Giriş. Aviaşirkətlərin integrasiya və diversifikasiya proseslərində risklərin idarə edilməsi müasir global aviasiya sənayesində strateji əhəmiyyət kəsb edən bir mövzudur, çünki bu proseslər şirkətlərin dayanıqlılığını təmin etmək, bazar paylarını artırmaq və rəqabət qabiliyyətini yüksəltmək məqsədi daşıyır. Bu mövzunun seçilməsi, xüsusən də son illərdə dünya aviasiya bazarında iqtisadi qeyri-müəyyənliklərin artması, yeni texnologiyaların tətbiqi və müştəri tələblərinin dəyişməsi ilə əlaqədardır. Bu istiqamətdəki tədqiqatlar aviaşirkətlərin integrasiya strategiyalarının həm maliyyə dayanıqlılığını artırmaq, həm də əməliyyat effektivliyini təmin etmək üçün əhəmiyyətli imkanlar yaratdığını göstərmişdir. Eyni zamanda, diversifikasiya strategiyalarının düzgün tətbiqi aviaşirkətlərin yalnız bir bazara və ya məhsula bağlılıq riskini azaltmağa xidmət etdiyi müəyyən edilmişdir. Lakin mövcud tədqiqatlar çərçivəsində risklərin idarə edilməsi metodlarının integrasiya və diversifikasiya proseslərinə təsiri ilə bağlı daha dərinlən təhlillərin yetərsiz olduğu görünür. Müxtəlif tədqiqatlarda risklərin texnoloji, iqtisadi, hüquqi və əməliyyat aspektləri ayrı-ayrılıqda nəzərdən keçirilsə də, onların sinergetik təsirləri hələ tam olaraq öyrənilməmişdir. Bununla yanaşı, aviaşirkətlərin global miqyasda genişlənməsi zamanı üzləşdikləri risklərin regional və yerli səviyyədə fərqlənməsi məsələsi də diqqətdən kənarda qalmışdır. Xüsusilə pandemiya sonrakı dəyişən bazar şəraiti aviaşirkətlərin diversifikasiya strategiyalarında risklərin yenidən qiymətləndirilməsini tələb etmişdir. Integrasiya proseslərində strateji tərəfdaşlıqların yaranması, aviaşirkətlərin əməliyyat effektivliyini artırırsa da, belə əməkdaşlıqların potensial risklərini öyrənən metodik yanaşmaların azlığı müşahidə olunur.

Mövzu ilə bağlı tədqiqatların bir çoxunda aviaşirkətlərin maliyyə riskləri nəzərdən keçirilsə də, korporativ idarəetmə və innovasiya riskləri kimi digər amillərin təhlili yetərli səviyyədə deyil. Nəticə etibarilə, bu sahədə daha kompleks və integrativ metodların tətbiqi aviaşirkətlərin uzunmüddətli strateji inkişafına mühüm töhfə verə bilər. Araşdırma mövzusu, həm nəzəri, həm də praktiki baxımdan dərin

tədqiqata ehtiyacı olan aktual bir problem kimi çıxış edir. Təklif olunan tədqiqat aviaşirkətlərin strateji hədəflərinə çatmaq üçün risklərin idarə edilməsi üzrə yeni yanaşmaların işlənilib hazırlanmasına istiqamətlənmişdir.

Metodlar. Bu tədqiqatda aviaşirkətlərin integrasiya və diversifikasiya proseslərində risklərin idarə edilməsi metodlarının araşdırılması üçün əsasən nəzəri təhlil yanaşması seçilmişdir, çünki bu yanaşma mövcud elmi ədəbiyyat və praktik təcrübələrin sistemli şəkildə ümumiləşdirilməsinə imkan verir. Tədqiqatın əsas metodoloji bazasını mənbə analizləri, müqayisəli təhlil və sistemli yanaşma təşkil edir ki, bu da mövcud məlumatların dərin və kompleks şəkildə öyrənilməsinə şərait yaradır. Mənbə analizləri çərçivəsində beynəlxalq və yerli elmi məqalələr, kitablar, hesabatlar və sənaye analitiklərinin hazırladığı materiallardan istifadə olunmuşdur. Müqayisəli təhlil vasitəsilə müxtəlif aviaşirkətlərin integrasiya və diversifikasiya strategiyalarında tətbiq olunan risklərin idarə edilməsi metodları arasında oxşar və fərqli cəhətlər müəyyənəşdirilmişdir. Sistemli yanaşma isə risklərin müxtəlif aspektlərinin - maliyyə, əməliyyat, texnoloji və hüquqi amillərin qarşılıqlı təsirinin kompleks şəkildə araşdırılmasına yönəldilmişdir.

Məlumatların toplanması mərhələsində açıq mənbələrdən, yəni aviasiya şirkətlərinin illik hesabatlarından, analitik icmallardan və beynəlxalq təşkilatların statistik məlumatlarından istifadə edilmişdir. Toplanan məlumatlar ilkin emal mərhələsində kateqoriyalara bölünərək sistemləşdirilmiş və daha sonra spesifik kriteriyalara əsasən təhlil olunmuşdur.

Təhlil prosesində SWOT (güclü, zəif tərəflər, imkanlar və təhdidlər) və PEST (politiki, iqtisadi, sosial və texnoloji faktorlar) analiz metodlarından istifadə olunmuşdur ki, bu da risklərin daha geniş və strukturlaşdırılmış şəkildə qiymətləndirilməsinə imkan yaratmışdır. Əldə edilən nəticələrin dəqiqləşdirilməsi üçün təhlil edilən məlumatlar arasında əlaqələr qurulmuş və risklərin idarə edilməsində istifadə olunan metodların effektivliyi qiymətləndirilmişdir. Tədqiqatın bu formada aparılması məhz müxtəlif aviaşirkətlərin strateji qərarlarının nəticələrinin müqayisəli təhlilinə əsaslanaraq risklərin idarə olunmasında hansı metodların daha səmərəli olduğunu müəyyən etməyə imkan vermişdir.

Nəticə və müzakirələr. Aviaşirkətlərin integrasiya və diversifikasiya proseslərində tətbiq edilən risklərin idarə edilməsi metodlarının təhlili göstərir ki, bu şirkətlər üçün ən səmərəli strategiyalar müxtəlif risk növlərinin kompleks şəkildə qiymətləndirilməsinə və uyğun idarəetmə yanaşmalarının seçilməsinə əsaslanır. Tədqiqat nəticələri sübut edir ki, maliyyə və əməliyyat riskləri aviaşirkətlərin strateji qərarlarının formalaşdırılmasında əsas rol oynayır və bu risklərin düzgün idarə olunması şirkətlərin uzunmüddətli davamlı inkişafını təmin edir. Əldə edilən məlumatlar, müxtəlif aviaşirkətlərin risklərin idarə edilməsi strategiyalarını müqayisə etməyə və onların tətbiqində üstünlükləri və məhdudiyyətləri müəyyən etməyə imkan verir.

Cədvəl 1. Aviaşirkətlərin integrasiya və diversifikasiya proseslərində tətbiq olunan risklərin idarə edilməsi metodlarının müqayisəsi

Aviaşirkət	Maliyyə risklərinin idarəedilməsi	Əməliyyat risklərinin idarəedilməsi	Texnoloji risklərin idarəedilməsi	Hüquqi risklərin idarəedilməsi
Delta Airlines	Təhlükəsizlik fondlarının yaradılması, sığorta mexanizmləri	Operativ ehtiyatların diversifikasiyası	Avtomatlaşdırılmış təhlükəsizlik sistemləri	Hüquqi məsləhətçi şəbəkəsi
Lufthansa	Risk kapitalının idarə edilməsi, xərclərin optimallaşdırılması	Alternativ təchizat zənciri qurulması	Rəqəmsal transformasiya proqramları	Müqavilələrin hüquqi auditi
Emirates	Valyuta risklərinin hedcinqi	Xidmətlərin standartlaşdırılması	İT infrastrukturunun modernləşdirilməsi	Beynəlxalq hüquqi uyğunluq strategiyaları
Turkish Airlines	Xarici investisiyaların diversifikasiyası	Marşrut şəbəkəsinin optimallaşdırılması	Yeni naviqasiya texnologiyalarının tətbiqi	Yerli və beynəlxalq hüquqi təhlil

Mənbə: Cədvəl [1-5] məlumatları əsasında müəllif tərəfindən tərtib edilmişdir.

Cədvəl 1-də əks olunan məlumatlar aviaşirkətlərin müxtəlif risk növlərinə yanaşma fərqlərini aydın şəkildə göstərir və onların idarəetmə strategiyalarının spesifik xüsusiyyətlərini üzə çıxarır. Delta Airlines şirkəti maliyyə risklərini təhlükəsizlik fondlarının yaradılması və sığorta mexanizmləri ilə idarə etdiyi halda, Lufthansa daha çox risk kapitalının idarə olunmasına və xərclərin optimallaşdırılmasına üstünlük verir. Emirates şirkəti valyuta risklərinin hedcinq strategiyasını tətbiq edərək maliyyə sabitliyini qoruyur, Turkish Airlines isə xarici investisiyaların diversifikasiyasına yönəlir.

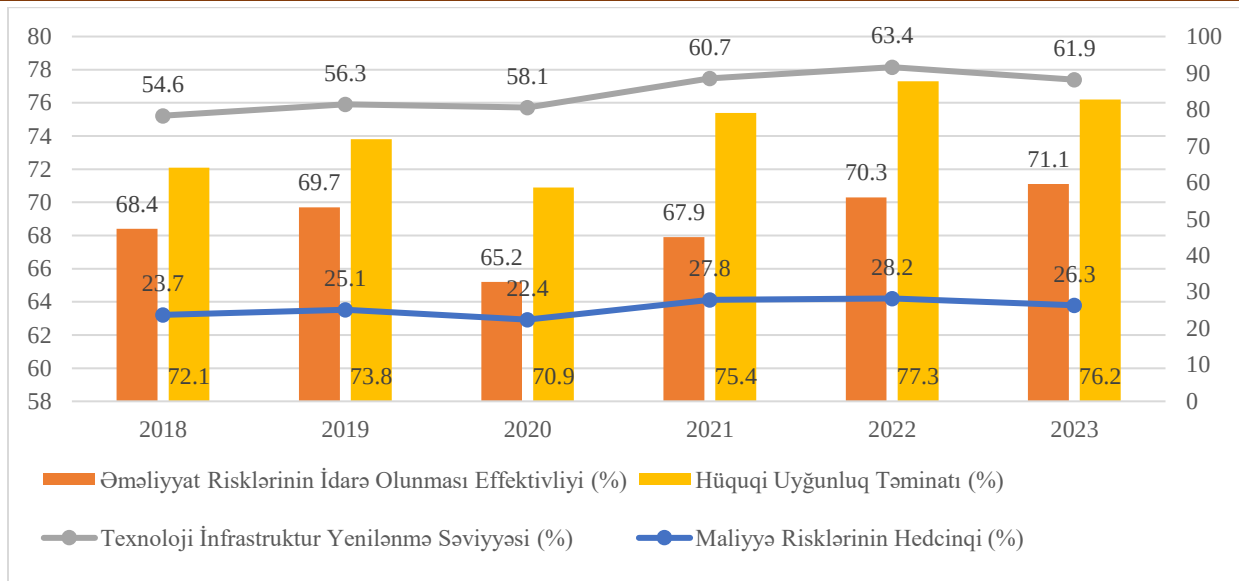
Əməliyyat risklərinin idarə edilməsində Delta Airlines operativ ehtiyatların diversifikasiyasını həyata keçirir, Lufthansa isə alternativ təchizat zənciri yaradır. Texnoloji risklərə qarşı Emirates IT infrastrukturunu modernləşdirir, Turkish Airlines isə yeni naviqasiya texnologiyalarını tətbiq edir.

Hüquqi risklərin idarə olunmasında isə bütün şirkətlər fərqli yanaşmalara üstünlük verir: Delta Airlines hüquqi məsləhətçi şəbəkəsindən istifadə edir, Lufthansa müqavilələrin hüquqi auditini aparır, Emirates beynəlxalq hüquqi uyğunluq strategiyalarını tətbiq edir, Turkish Airlines isə yerli və beynəlxalq hüquqi təhlillər həyata keçirir.

Analiz göstərir ki, aviaşirkətlər risklərin müxtəlif aspektlərini nəzərə alaraq, öz spesifik fəaliyyət mühitlərinə uyğun strategiyalar formalaşdırırlar. Eyni zamanda, integrasiya və diversifikasiya proseslərində effektiv risk idarəetməsi şirkətlərin davamlı inkişafı və rəqabət üstünlüyünün qorunması üçün əsas şərtlərdən biridir. Araşdırmanın nəticələri, şirkətlərin risk idarəetmə modellərində çevik və adaptiv yanaşmaların tətbiqinin zəruriliyini ortaya qoyur. Belə ki, qlobal bazarın sürətli dəyişiklikləri və qeyri-müəyyənliklər fonunda, risklərin dinamik qiymətləndirilməsi və mütərəqqi idarəetmə metodlarının tətbiqi aviaşirkətlərin uğurunu təmin edə bilər.

Tədqiqat nəticələrinə əsasən, aviaşirkətlərin risk idarəetmə strategiyalarını inkişaf etdirməsi üçün texnologiya əsaslı yeniliklərə daha çox investisiya ayırmaları tövsiyə olunur. Xüsusilə rəqəmsal təhlükəsizlik, süni intellekt və böyük məlumat analitikası kimi sahələrdə tətbiq olunan texnologiyalar risklərin daha effektiv idarə edilməsinə imkan yaradır. Bu yanaşmalar həmçinin əməliyyatların optimallaşdırılması və resursların daha səmərəli istifadəsinə şərait yaradır. Perspektivdə, aviaşirkətlərin regional və qlobal risklərə qarşı daha davamlı olması üçün hüquqi uyğunluq və texnoloji adaptasiya sahəsində daha dərinlən təhlillər aparması zəruridir. Bununla yanaşı, tədqiqatlar göstərir ki, aviaşirkətlərin strateji tərəfdaşlıqları və ittifaqları, risklərin paylaşılması və minimuma endirilməsi baxımından mühüm təsirə malikdir. Bu səbəbdən, risklərin daha effektiv idarə olunması üçün şirkətlərin beynəlxalq əməkdaşlıqları genişləndirməsi və riskləri paylaşma mexanizmlərini gücləndirməsi tövsiyə edilir.

Aviaşirkətlərin integrasiya və diversifikasiya strategiyalarında tətbiq olunan risklərin idarə edilməsi metodlarının daha detallı təhlili göstərir ki, bu proseslərdə ən çox istifadə olunan yanaşmalar risklərin proaktiv şəkildə müəyyənləşdirilməsi və onların effektiv şəkildə azaldılmasına yönəlmişdir. Tədqiqat nəticələri sübut edir ki, aviaşirkətlər maliyyə, əməliyyat və texnoloji risklərin idarə olunmasında xüsusilə hedcinq strategiyaları, sığorta mexanizmləri və texnologiyaya əsaslanan idarəetmə metodlarından istifadə edirlər. Məsələn, Emirates şirkəti valyuta risklərini hedcinq əməliyyatları ilə minimuma endirir, Lufthansa isə alternativ təchizat zənciri quraraq əməliyyat risklərini azaldır. Bu yanaşmaların effektivliyinin qiymətləndirilməsi üçün SWOT və PEST analizləri geniş tətbiq edilmişdir ki, bu da aviaşirkətlərin daxili və xarici mühitdə mövcud olan riskləri daha dəqiq müəyyən etməyə imkan vermişdir.



Qrafik 1. Aviaşirkətlərin illər üzrə risk idarəetmə göstəriciləri (2018–2023)

Yuxarıdakı cədvəl aviaşirkətlərin risklərin idarəetməsi ilə bağlı əsas göstəricilərinin illər üzrə dəyişkənliyini əks etdirir. Maliyyə risklərinin hedcinqi göstəriciləri 2018-ci ildən 2023-cü ilə qədər müxtəlif dövrlərdə artıb-azalmışdır. 2020-ci ildəki azalmanın əsas səbəbi pandemiya ilə əlaqəli iqtisadi qeyri-müəyyənliklərdir. Əməliyyat risklərinin idarə olunması effektivliyi isə əsasən artım nümayiş etdirmiş, lakin 2020-ci ildə tədarük zəncirində yaranan problemlər səbəbindən müvəqqəti olaraq azalmışdır. Texnoloji infrastrukturun yenilənmə səviyyəsi 2018-ci ildən sonra sabit artım göstərmiş, lakin 2023-cü ildə yeni texnologiyaların tətbiqindəki gecikmələr səbəbindən bir qədər azalmışdır. Hüquqi uyğunluq təminatı isə əsasən artım tendensiyası göstərmiş, 2020-ci ildəki azalma isə global hüquqi mühitdəki dəyişikliklərlə əlaqəli olmuşdur. Bu dəyişikliklər aviaşirkətlərin risk idarəetmə strategiyalarının müxtəlif illərdə fərqli səviyyələrdə effektiv olduğunu və xarici amillərə həssas olduğunu ortaya qoyur. Şirkətlər strategiyalarını davamlı şəkildə yeniləməli və dəyişən şəraitə uyğunlaşmaq üçün çevik olmalıdır.

Nəticə. Aviaşirkətlərin integrasiya və diversifikasiya proseslərində risklərin idarə edilməsi üzrə aparılan tədqiqat nəticələri göstərir ki, risklərin kompleks şəkildə idarə olunması şirkətlərin davamlı inkişafını və rəqabət üstünlüyünü təmin edir. Tədqiqat sübut edir ki, maliyyə, əməliyyat, texnoloji və hüquqi risklərin fərqli metodlarla idarə olunması aviaşirkətlərin strateji hədəflərinə çatmasında mühüm rol oynayır. Xüsusilə, müasir texnologiyaların tətbiqi və çevik risk idarəetmə strategiyalarının hazırlanması risklərin azaldılmasına və əməliyyat effektivliyinin artırılmasına şərait yaradır. Integrasiya və diversifikasiya proseslərində risklərin effektiv idarə olunması yalnız şirkətlərin maliyyə sabitliyini deyil, həm də bazarda mövqeyini qoruyub saxlamaq üçün vacibdir. Müxtəlif risk növlərinin idarə olunmasında fərqli yanaşmaların tətbiqi şirkətlərin strateji qərarlarını daha uğurlu edir və gözlənilməz dəyişikliklərə qarşı dayanıqlılığı artırır. Tədqiqat nəticələri göstərir ki, şirkətlərin innovativ texnologiyalara investisiya etməsi və hüquqi uyğunluq strategiyalarını inkişaf etdirməsi risklərin azaldılması baxımından əhəmiyyətlidir. Qlobal aviasiya bazarında dəyişən iqtisadi və siyasi şərait fonunda risklərin çevik və proaktiv idarə olunması aviaşirkətlərin dayanıqlığını təmin edir.

Təkliflər. Risklərin daha effektiv idarə edilməsi və aviaşirkətlərin davamlı inkişafını təmin etmək məqsədilə aşağıdakılar təklif edilir:

- Aviaşirkətlər rəqəmsal texnologiyaların tətbiqini genişləndirərək, risklərin idarə olunmasında süni intellekt və böyük məlumat analitikası sistemlərindən istifadə etməlidirlər.

- Hüquqi risklərin qarşısını almaq üçün beynəlxalq hüquqi uyğunluq proqramları gücləndirilməli və şirkətlərin fəaliyyət göstərdiyi ölkələrin qanunvericilik dəyişikliklərinə çevik uyğunlaşma təmin edilməlidir.
- Əməliyyat risklərini azaltmaq üçün alternativ təchizat zəncirlərinin yaradılması və marşrut şəbəkələrinin diversifikasiyası həyata keçirilməlidir.
- Maliyyə sabitliyini qorumaq üçün valyuta hedcinqi və sığorta mexanizmlərinin tətbiqi genişləndirilməli və risk kapitalının idarə olunması təkmilləşdirilməlidir.

Ədəbiyyat

- [1] Polous, O. V., and Lishilenko, Yu. T., Analysis of the airline's service complex potential for diversification, Підприємництво та інновації, 32, 21–26, (2024).
- [2] Redpath, N., O'Connell, J. F., and Warnock-Smith, D., The strategic impact of airline group diversification: The cases of Emirates and Lufthansa, Journal of Air Transport Management, 64, 121–138, (2017).
- [3] Schmid, S., and Xia, Z., Lufthansa: A century of international growth, ESCP Working Paper, 72, 61, (2024).
- [4] Varma, T. M., Responsible leadership and reputation management during a crisis: The cases of Delta and United Airlines, Journal of Business Ethics, 173, 29–45, (2021).

INVESTIGATION OF RISK MANAGEMENT METHODS IN THE INTEGRATION AND DIVERSIFICATION PROCESSES OF AIRLINE COMPANIES

Abdullayev D.E.

Abstract. This article comprehensively examines the risk management methods implemented during the integration and diversification processes of airline companies, thoroughly analyzing how different types of risks—financial, operational, technological, and legal—are managed through various strategic approaches. The study reveals that the comprehensive and adaptive management of these risks is essential for ensuring the sustainable growth of airlines and maintaining their competitive advantage in global markets. Increased investments in modern digital technologies, particularly artificial intelligence and big data analytics, enable timely identification and mitigation of potential risks. Moreover, strengthening legal compliance and enhancing technological adaptation significantly improve the resilience of airline companies and consolidate their positions in the global aviation sector. Based on the findings, it is deemed necessary for airlines to establish alternative supply chains and expand currency hedging strategies to effectively manage operational and financial risks. The recommendations provided in this study are aimed at helping airlines maintain their market positions, ensure financial stability, and achieve long-term sustainable development.

Keywords: development strategy, risk management, integration, diversification, aviation.



AVTONOM NƏQLİYYATIN EKOLOJİ PERSPEKTİVLƏRİ

Heydərrov K.H.

kheydarov@naa.edu.az

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Avtonom nəqliyyat texnologiyaları ətraf mühitin qorunmasında böyük potensiala malikdir. Bu texnologiyalar karbon emissiyalarının azaldılması, yanacaq səmərəliliyinin artırılması və trafik axınının optimallaşdırılması kimi müsbət təsirlər təqdim edir. Bununla yanaşı, elektrik enerjisinə artan tələbat və batareya tullantılarının idarə olunması kimi ekoloji risklər də mövcuddur. Məqalə, Tesla və Waymo kimi şirkətlərin praktiki tətbiqlərini təhlil edir və gələcəkdə bərpa olunan enerji mənbələri və təkrar emal texnologiyalarının integrasiyası ilə bu texnologiyaların ekoloji cəhətdən daha davamlı hala gətirilməsinin yollarını araşdırır.

Açar sözlər: avtonom nəqliyyat, ekologiya, karbon emissiyaları, avtonom nəqliyyat, trafik optimizasiyası, davamlı nəqliyyat, yaxşı texnologiya.

Giriş. Günümüzdə ətraf mühit problemləri qlobal miqyasda əsas diqqət mərkəzindədir. Xüsusilə nəqliyyat sektoru, dünyada karbon emissiyalarının təxminən 24%-dən məsul olan əsas çirkləndirici sahələrdən biridir. Bu səbəbdən nəqliyyat sistemlərinin daha ekoloji və davamlı şəkildə yenidən qurulması zərurəti yaranıb. Bu çərçivədə, avtonom nəqliyyat texnologiyaları böyük potensiala malik bir həll kimi ön plana çıxır. Müasir dünyada ətraf mühit problemləri ilə mübarizə davam edərkən nəqliyyat sektoru böyük miqdarda karbon emissiyasına səbəb olan əsas sahələrdən biri olaraq qalır. Ənənəvi nəqliyyat sistemlərinin ekoloji təsirini azaltmaq üçün innovativ həllər axtarılır və avtonom nəqliyyat texnologiyaları bu problemlərin həllində mühüm rol oynayır.

Avtonom nəqliyyat, süni intellekt, maşın öyrənməsi və sensor texnologiyaları vasitəsilə insan müdaxiləsini minimuma endirən nəqliyyat sistemlərini əhatə edir. Bu texnologiyalar yalnız nəqliyyat xidmətlərinin təhlükəsizliyini və effektivliyini artırmaqla kifayətlənmir, həm də ətraf mühitin qorunmasına töhfə verə bilər. Avtonom sistemlər yanacaq sərfiyyatını optimallaşdırmaq, tıxacları azaltmaq və səyahət müddətini qısaltmaq kimi ekoloji üstünlüklərə malikdir.

Bununla belə, avtonom nəqliyyatın tətbiqi ilə bağlı bəzi problemlər və risklər də mövcuddur. Elektrik enerjisinə artan tələb, batareyaların istehsalı və tullantılarının idarə edilməsi, eləcə də şəhər planlaşdırmasına uyğunlaşma kimi məsələlər bu texnologiyanın davamlı şəkildə inkişafı üçün həllini gözləyən əsas problemlərdəndir.

Dünya miqyasında Tesla, Waymo və digər şirkətlər tərəfindən avtonom texnologiyaların tətbiqi göstərir ki, bu texnologiyalar gələcəkdə nəqliyyat sektorunu daha yaşıl və səmərəli hala gətirə bilər. Bu məqalədə avtonom nəqliyyatın ətraf mühitə müsbət təsirləri ilə yanaşı, qarşıya çıxan ekoloji çağırışlar və həll yolları təhlil edilir. Məqsəd, bu sahənin ekoloji perspektivlərini araşdırmaq və gələcəkdə davamlı nəqliyyat sistemlərinin formalaşdırılmasına töhfə verməkdir.

Avtonom nəqliyyatın ekoloji faydaları:

- Karbon emissiyalarının azaldılması: avtonom avtomobillər daha səmərəli idarə edilmə strategiyalarından istifadə edərək karbon emissiyalarını azalda bilər. Məsələn, optimal sürət və ani dayanma-sürmə hallarını minimuma endirərək yanacaq sərfiyyatını azaldır.
- Yanacaq səmərəliliyi: süni intellekt texnologiyaları vasitəsilə nəqliyyat vasitələrinin yanacaq sərfiyyatının idarə olunması daha səmərəli hala gəlir. Elektrikli avtonom avtomobillər isə bu sahədə daha üstün nəticələr göstərir.
- Nəqliyyat axınının optimizasiyası: avtonom nəqliyyat vasitələri real vaxt trafik məlumatlarına əsaslanaraq sıxlığı azalda bilər və daha effektiv yollar seçərək səyahət müddətini qısalda bilər.

Tesla və Waymo kimi şirkətlər avtonom nəqliyyat texnologiyalarının tətbiqində liderdir. Tesla-nın elektrikli çalışan avtonom avtomobilləri karbon emissiyalarını azaltmaqla yanaşı, səmərəliliyi artırır. Waymo isə şəhər trafikində təhlükəsizliyi artırmaq üçün süni intellekt əsaslı həllər tətbiq edir. Bu texnologiyalar, ətraf mühitin qorunması ilə yanaşı, uzunmüddətli iqtisadi faydalar da vəd edir.

Metodlar. Bu tədqiqat, avtonom nəqliyyat texnologiyalarının ekoloji təsirlərini araşdırmaq üçün bir neçə metod və yanaşma tətbiq etmişdir. Əsas mərhələlər ədəbiyyatın təhlili ilə başlayıb, beynəlxalq elmi mənbələr və sənaye hesabatları üzərində araşdırmalar aparılmışdır. Müqayisəli təhlil metodundan istifadə edilərək, Tesla, Waymo və digər qabaqcıl şirkətlərin avtonom texnologiyalarının ekoloji təsirləri müqayisə edilmiş və hər birinin üstünlükləri və məhdudiyyətləri araşdırılmışdır. Tədqiqatda əsasən ikinci dərəcəli məlumatlardan istifadə edilmiş və şirkətlərin ekoloji strategiyaları, karbon emissiyasının azaldılması sahəsindəki layihələr toplanmışdır.

Məlumatların emalı və təhlilində həm kvantitativ, həm də keyfiyyət metodları tətbiq edilmişdir. Avtonom nəqliyyatın tətbiqi nəticəsində karbon emissiyalarının azaldılması ilə bağlı statistik məlumatlar təhlil edilib, bu prosesin davamlılıq aspektləri üzərində də ətraflı araşdırmalar aparılmışdır. Tədqiqatın metodoloji çərçivəsi, həm statistik, həm də konseptual analizləri birləşdirən kombinasiyə yanaşma ilə həyata keçirilmiş və əldə olunan nəticələr praktiki nümunələrlə dəstəklənərək gələcək tədqiqatlar üçün baza yaradılmışdır.

Nəticə. Avtonom nəqliyyat texnologiyaları yalnız nəqliyyat sistemlərinin effektivliyini artırmaqla qalmır, həm də ətraf mühitin qorunmasına böyük töhfə verir. Bu texnologiyalar, xüsusilə karbon emissiyalarını azaltmaq, yanacaq istehlakını optimallaşdırmaq və trafik sıxlığını aradan qaldırmaq potensialına malikdir. Bununla yanaşı, şəhərlərdə nəqliyyat axınına nəzarət etmək və sürücü xətlərini minimuma endirmək baxımından da əhəmiyyətli üstünlüklər təqdim edir. Bununla belə, bu sahədə texnoloji, ekoloji və sosial problemlərin həlli üçün çoxşaxəli yanaşmalar tələb olunur.

Daha davamlı bir gələcək üçün avtonom nəqliyyat sistemlərinin bərpa olunan enerji ilə integrasiya edilməsi, batareya tullantılarının idarə olunması və ekoloji tənzimləmələrin inkişafı prioritet olmalıdır. Həmçinin, hökumətlərin və özəl sektorun əməkdaşlığı ilə daha yaşıl şəhər nəqliyyat sistemləri qurula bilər. Əgər mövcud problemlər həll olunarsa, avtonom nəqliyyat gələcəyin ekoloji və sosial baxımdan ən davamlı nəqliyyat həlləri arasında yer ala bilər. Nəticə etibarilə, bu texnologiyaların səmərəli tətbiqi yalnız ətraf mühitin mühafizəsinə deyil, həm də daha təhlükəsiz və innovativ nəqliyyat sistemlərinin yaradılmasına imkan yaradacaqdır.

Təkliflər. Avtonom nəqliyyat texnologiyaları ətraf mühitin qorunması və davamlı nəqliyyat sistemlərinin formalaşdırılması baxımından böyük potensiala malikdir. Bu texnologiyalar karbon emissiyalarının azaldılması, yanacaq səmərəliliyinin artırılması və trafik axınının optimallaşdırılması kimi bir çox üstünlükləri təmin edə bilər. Tesla, Waymo kimi qabaqcıl şirkətlərin təcrübələri göstərir ki, süni intellekt və avtomatlaşdırma texnologiyaları təkcə nəqliyyat xidmətlərini deyil, həm də şəhərlərin ekoloji mühitini müsbət şəkildə dəyişdirə bilər.

Bununla belə, avtonom nəqliyyatın tam potensialını həyata keçirmək üçün bəzi problemlərin həlli zəruridir. Elektrik enerjisinə artan tələbatın davamlı mənbələrdən qarşılınması, batareyaların təkrar emalı üçün yeni texnologiyaların inkişaf etdirilməsi və urbanizasiya ilə bağlı çağırışlara uyğunlaşma əsas prioritetlərdən olmalıdır.

Gələcəkdə avtonom nəqliyyatın ekoloji cəhətdən daha davamlı olması üçün aşağıdakı tədbirlərin həyata keçirilməsi tövsiyə olunur:

Bərpa olunan enerji mənbələrinə keçid: avtonom nəqliyyat sistemləri üçün istifadə edilən elektrik enerjisi günəş, külək və digər bərpa olunan mənbələrdən təmin edilməlidir.

Batareya texnologiyalarının təkmilləşdirilməsi: batareya istehsalı və tullantılarının idarə olunması üzrə innovativ həllər inkişaf etdirilməlidir.

Şəhər planlaşdırılması ilə integrasiya: avtonom nəqliyyat sistemlərinin səmərəli istifadəsi üçün şəhərlərin nəqliyyat infrastrukturunu yenidən nəzərdən keçirilməlidir.

Tənzimləmə çərçivələrinin hazırlanması: hökumətlər avtonom nəqliyyatın təhlükəsiz və ekoloji cəhətdən uyğun istifadəsini təmin etmək üçün tənzimləmə və standartlar hazırlamalıdır.

İctimai maarifləndirmə və təşviq: insanları avtonom və ekoloji nəqliyyat vasitələrindən istifadəyə təşviq etmək üçün maarifləndirmə kampaniyaları həyata keçirilməlidir.

Ədəbiyyat

- [1] Goodall, W., Dovey Fishman, T., Bornstein, J., & Bonthron, B. (2017). *The rise of autonomous vehicles: Impact on transportation systems and the environment*. Deloitte Insights.
- [2] Litman, T. (2022). *Autonomous Vehicle Implementation Predictions: Implications for Transport Planning*. Victoria Transport Policy Institute.
- [3] Bansal, P., & Kockelman, K. M. (2017). *Forecasting Americans' long-term adoption of connected and autonomous vehicle technologies*. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 95, 49-63.
- [4] European Environment Agency. (2021). *Transport and environment report 2021: Decarbonising-road transport – the role of vehicles, fuels, and transport demand*.
- [5] Bishop, R. (2020). *Autonomous Vehicles: Innovation that Moves the World*. SAE International.
- [6] Anderson, J. M., Nidhi, K., Stanley, K. D., Sorensen, P., Samaras, C., & Oluwatola, O. A. (2016). *Autonomous Vehicle Technology: A Guide for Policymakers*. RAND Corporation.
- [7] Fagnant, D. J., & Kockelman, K. (2015). *Preparing a nation for autonomous vehicles: Opportunities, barriers, and policy recommendations*. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 77, 167-181.
- [8] Fraedrich, E., Beiker, S., & Lenz, B. (2015). *Autonomous Driving, the Built Environment, and Policy Implications*. Transportation Research Procedia, 25, 3502-3520.

THE ENVIRONMENTAL BENEFITS OF AUTONOMOUS TRANSPORTATION

Heydarov K.H.

Abstract. Autonomous transportation technologies have significant potential for environmental protection. These technologies offer positive impacts such as reducing carbon emissions, increasing fuel efficiency, and optimizing traffic flow. However, there are also environmental risks, such as the growing demand for electricity and the management of battery waste. The article analyzes practical applications by companies like Tesla and Waymo and explores ways to make these technologies more environmentally sustainable in the future by integrating renewable energy sources and recycling technologies.

Keywords: autonomous transportation, ecology, carbon emissions, autonomous vehicles, traffic optimization, sustainable transportation, green technology.



AZƏRBAYCAN-RUSIYA İQTİSADI ƏLAQƏLƏRİNİN İNKİŞAF MEYİLLƏRİ VƏ MÖVCUD PROBLEMLƏR

Əliyev M.Ə., Vəliyev V.İ.

emurad319@gmail.com, vvaliyev@naa.edu.az

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. İki ölkə arasında ticarət dövryyəsinin genişlənməsi, əsasən enerji, kənd təsərrüfatı və nəqliyyat-logistika sahələrində əməkdaşlığın dərinləşməsi ilə müşahidə olunur. Azərbaycan Rusiyaya neft-qaz sektoru ilə yanaşı, kənd təsərrüfatı məhsullarının ixracını artırmağa çalışır. Rusiya isə Azərbaycana daha çox sənaye malları, ərzaq məhsulları və texnoloji avadanlıqlar tədarük edir. Bu ticarət əlaqələri “Şimal-Cənub” nəqliyyat dəhlizinin fəaliyyəti nəticəsində dəstəklənir və tərəflər arasında birgə logistika layihələri reallaşır. Bununla belə, iqtisadi əlaqələrdə bir sıra problemlər qalmaqdadır. Bazar şərtlərinin dəyişməsi, idxal-ixrac balansının qeyri-sabitliyi, bəzi sahələrdə yüksək rəqabət və xarici bazarlara çıxış zamanı tətbiq edilən texniki və sanitari tənzimləmələr əməkdaşlığın tam potensialına çatmasına maneə olur. Həmçinin beynəlxalq siyasi mühitin təsiri və regionda baş verən geosiyasi proseslər də iqtisadi əlaqələrin dinamikasına təsir göstərir. Bu problemləri aradan qaldırmaq üçün hər iki dövlət iqtisadi planlaşdırma və investisiya layihələri üzrə əməkdaşlığı gücləndirməyə, infrastruktur imkanlarını inkişaf etdirməyə və bazar tənzimləmələrini sadələşdirməyə çalışır.

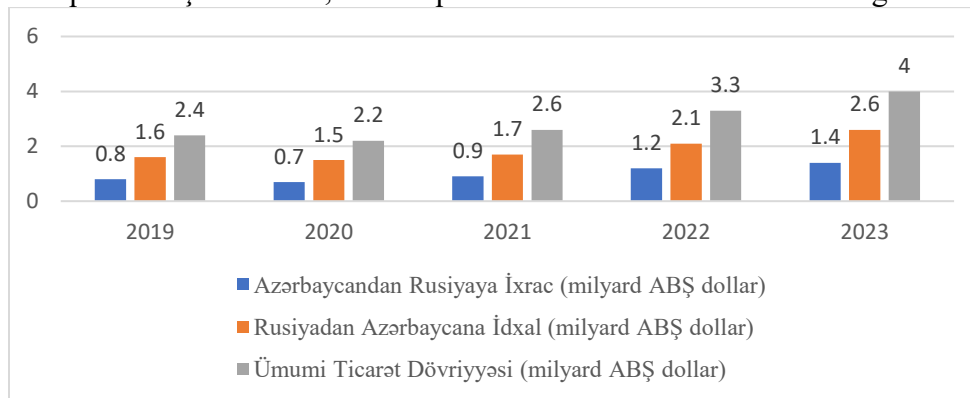
Açar sözlər: Sənaye malları, neft-qaz sektoru, rəqabət mühiti, investisiya, ticarət.

Giriş. Azərbaycanla Rusiya arasında iqtisadi münasibətlər enerji, kənd təsərrüfatı və nəqliyyat sahələrində geniş perspektivlər vəd edir. Coğrafi yaxınlıq, tarixi əlaqələr və mövcud infrastruktur ticarət həcmi artırmaq üçün münbit zəmin yaradır. Bununla belə, idxal-ixrac balansında yaranan tarazsızlıqlar, texniki tənzimləmələr və geosiyasi proseslər əməkdaşlığın tam potensiala çatmasına maneə olur. Bu səbəbdən, bazar şərtlərinə uyğun islahatlar və birgə investisiya təşəbbüsləri çərçivəsində hər iki dövlət iqtisadi əməkdaşlığı möhkəmləndirməyə çalışır. Enerji sektorunda Azərbaycan neft və təbii qaz ehtiyatları hesabına Rusiyanın cəlbədici tərəfdaşlarından biri kimi çıxış edir. Kənd təsərrüfatı sahəsində isə Rusiya bazarına istiqamətlənən ixrac dinamikası diqqət cəkir. İki dövlət arasında logistika imkanlarının optimallaşdırılması üçün “Şimal-Cənub” nəqliyyat dəhlizinin imkanlarından yararlanmaq əsas prioritetlərdən biridir. Beləliklə, ortaq infrastruktur layihələri həm ticarət həcmi artırmağa, həm də regionda iqtisadi sabitliyi möhkəmləndirməyə yardımçı olur. Digər tərəfdən, kənd təsərrüfatı ixracında müəyyən idxal məhdudiyyətləri, texniki və sanitari-epidemioloji tələblər mövcuddur ki, bu da biznes mühitini çətinləşdirir. Rəqabət şəraiti də bəzi sahələrdə bazar payının qorunub saxlanmasını mürəkkəbləşdirir. Buna görə, dövlət səviyyəsində həyata keçirilən yeni iqtisadi islahatlar və tənzimləmələr qarşılıqlı ticarətin şaxələndirilməsinə xidmət edir. Eyni zamanda, uzunmüddətli iqtisadi sabilliyin təmin edilməsi məqsədilə strateji investisiya layihələrinin reallaşdırılması, infrastrukturun müasirləşdirilməsi və xarici bazarlara çıxış şərtlərinin asanlaşdırılması zərurəti yaranır. Eyni zamanda, rəqəmsal texnologiyaların tətbiqi və gömrük prosedurlarının modernləşdirilməsi kimi addımlar ticarət şərtlərini sadələşdirməklə yanaşı, ixrac-idxal proseslərinin sürətləndirilməsinə şərait yaradır. Sənaye kooperasiyası çərçivəsində səhiyyə, kimya və maşınqayırma sektorlarında qarşılıqlı investisiyaların cəlb olunması da diqqət mərkəzindədir. Bununla yanaşı, iqtisadi sahədə qərarların birgə koordinasiyası, özəl sektorun daha fəal iştirakı və çeşidləndirilmiş layihələrin dəstəklənməsi gələcək əməkdaşlıq üçün dayanıqlı platforma formalaşdırır.

Azərbaycanla Rusiya arasında iqtisadi əlaqələrin davamlı inkişafı həm infrastrukturun müasirləşdirilməsinə, həm də yeni bazarlara çıxış imkanlarının genişlənməsinə töhfə verir. -Eyni vaxtda, mövcud maneələrin aradan qaldırılması və regulativ sistemdəki boşluqların aradan qaldırılması

sayəsində iqtisadi əməkdaşlığın daha etibarlı əsaslar üzərində qurulacağı gözlənilir. Bu istiqamətdə reallaşdırılan strategiya və addımlar, regionun iqtisadi rifahına və beynəlxalq ticarətdə rəqabət qabiliyyətinin gücləndirilməsinə mühüm təsir göstərir.

Azərbaycan və Rusiya arasında iqtisadi əlaqələr strateji tərəfdaşlıq səviyyəsində inkişaf edir. 2023-cü ildə iki ölkə arasında ticarət dövriyyəsi 4 milyard ABŞ dollarını keçmişdir. Ticarət dövriyyəsinin təxminən 70%-i Rusiyadan Azərbaycana ixrac, qalan 30%-i isə Azərbaycandan Rusiyaya ixrac edilən məhsullardan ibarətdir. Azərbaycan Rusiyaya əsasən kənd təsərrüfatı məhsulları, xüsusilə meyvə-tərəvəz ixrac edir. Bunun müqabilində Rusiya Azərbaycana taxıl, şəkər, yağ və digər qida məhsulları göndərir. Enerji sektorunda Rusiya Azərbaycanın mühüm texnoloji və investisiya tərəfdaşdır, xüsusən də neft və qaz layihələrində sıx əməkdaşlıq edilir. Həmçinin, Şimal-Cənub Beynəlxalq Nəqliyyat Dəhlizi Azərbaycan və Rusiya arasında logistika və nəqliyyat sahəsində əməkdaşlığı genişləndirən vacib layihələrdən biridir. Bu dəhliz iki ölkənin regional iqtisadi integrasiyasına töhfə verir və ticarət axınlarının artmasına şərait yaradır. Azərbaycanın qeyri-neft sektoru məhsulları, xüsusilə qida və aqrar məhsullar Rusiyanın ənənəvi ixrac bazarlarından biri olaraq qalır. Eyni zamanda, turizm və mədəniyyət sahələrində də əlaqələr inkişaf etdirilir, bu da iqtisadi münasibətlərə müsbət təsir göstərir.



Qrafik 1. Azərbaycan və Rusiya arasında ticarət dövriyyəsinin statistikas (2019-2023)

Son 5 ildə Azərbaycan və Rusiya arasındakı ticarət dövriyyəsi davamlı olaraq artım nümayiş etdirmişdir. Azərbaycandan Rusiyaya ixrac həcmi 2019-cu ildə 0.8 milyard ABŞ dolları olduğu halda, 2023-cü ildə bu rəqəm 1.4 milyard ABŞ dollarına çatmışdır. İxrac məhsulları arasında kənd təsərrüfatı məhsulları, xüsusilə meyvə-tərəvəz əsas yer tutur. Rusiyadan Azərbaycana idxal isə 2019-cu ildə 1.6 milyard ABŞ dolları səviyyəsində idi və 2023-cü ildə 2.6 milyard ABŞ dollarına yüksəlmişdir. İdxal olunan əsas məhsullar ərzaq, taxıl, sənaye malları və enerji resurslarıdır. Ümumi ticarət dövriyyəsi də nəzərəcarpacaq dərəcədə artmışdır. 2019-cu ildə 2.4 milyard ABŞ dolları təşkil edən ticarət dövriyyəsi 2023-cü ildə 4.0 milyard ABŞ dollarına çatmışdır. Bu artım Azərbaycan və Rusiya arasında iqtisadi əməkdaşlığın inkişafını və iqtisadi əlaqələrin dərinləşməsinə əks etdirir.

Cədvəl 2. Azərbaycan və Rusiya arasında sektorlar üzrə ticarət dinamikası (2019-2023)

İllər	İxrac - kənd təsərrüfatı (milyard USD)	İxrac - enerji (milyard USD)	İxrac - sənaye məhsulları (milyard USD)	İxrac - istehlak malları (milyard USD)	İxrac - digərləri (milyard USD)	İdxal - kənd təsərrüfatı (milyard USD)	İdxal - enerji (milyard USD)	İdxal - sənaye məhsulları (milyard USD)
2019	0.50	0.05	0.20	0.05	0.03	0.30	1.10	0.40
2020	0.45	0.04	0.18	0.03	0.02	0.28	1.00	0.38
2021	0.60	0.06	0.25	0.07	0.04	0.32	1.20	0.42
2022	0.75	0.08	0.28	0.10	0.06	0.38	1.25	0.48
2023	0.80	0.10	0.30	0.15	0.05	0.40	1.30	0.50

2019-2023-cü illər arasında Azərbaycan və Rusiya arasında ticarət dövriyyəsi sektorlar üzrə müxtəlif dinamikaları göstərir. Kənd təsərrüfatı məhsulları ixracında 2019-cu ildə 0.50 milyard ABŞ dollarından 2023-cü ildə 0.80 milyard ABŞ dollarına artım qeydə alınmışdır. Rusiyadan idxal olunan kənd təsərrüfatı məhsulları isə 0.30 milyard ABŞ dollarından 0.40 milyard ABŞ dollarına yüksəlmişdir. Enerji məhsullarının ixracı 2019-cu ildə 0.05 milyard ABŞ dolları olmuş, 2023-cü ildə bu rəqəm 0.10 milyard ABŞ dollarına çatmışdır. Enerji idxalı isə ən yüksək göstəricilərə malikdir, 2019-cu ildə 1.10 milyard ABŞ dolları təşkil edərkən, 2023-cü ildə 1.30 milyard ABŞ dollarına yüksəlmişdir. Sənaye məhsulları ixracı 2019-cu ildə 0.20 milyard ABŞ dollarından 2023-cü ildə 0.30 milyard ABŞ dollarına qədər artmışdır. İdxal isə 2019-cu ildə 0.40 milyard ABŞ dollarından 2023-cü ildə 0.50 milyard ABŞ dollarına qədər artım nümayiş etdirmişdir. İstehlak malları üzrə ixrac 2019-cu ildə 0.05 milyard ABŞ dollarından 2023-cü ildə 0.15 milyard ABŞ dollarına yüksəlmişdir. İdxal isə 0.20 milyard ABŞ dollarından 0.30 milyard ABŞ dollarına qədər artmışdır. Digər məhsullar üzrə ticarət nisbətən sabit qalmış və hər iki istiqamətdə kiçik həcmdə olmuşdur. Ümumilikdə, ticarət dövriyyəsi sektorlar üzrə artım nümayiş etdirərək iki ölkə arasında iqtisadi əlaqələrin davamlı inkişafını göstərmişdir.

Azərbaycan-Rusiya iqtisadi əməkdaşlığının dərinləşdirilməsi üçün turizm və mədəni əlaqələrin dəstəklənməsi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Turizm axınlarının artırılması üçün vizaların sadələşdirilməsi, birgə mədəni tədbirlərin təşkili və sərhəd bölgələrində infrastrukturun inkişafı mühüm addımlardan biri ola bilər. Bu, yalnız iqtisadi gəlirlərə deyil, həm də xalqlar arasında mədəni yaxınlığa töhfə verə bilər. Həmçinin, kənd təsərrüfatında birgə istehsal müəssisələrinin yaradılması və aqrar sektorun texnoloji inkişafı sahəsində əməkdaşlıq, hər iki ölkənin bu sahədə mövcud problemlərinin həlli üçün əlverişli imkanlar təqdim edir. Ətraf mühitin qorunması üzrə ortaq layihələrin təşviqi də həm ekologiyanın yaxşılaşdırılmasına, həm də iqtisadi səmərəliliyin artırılmasına şərait yarada bilər. Ticarət balansının şaxələndirilməsi istiqamətində xidmət sektorunun inkişafı da diqqət mərkəzində olmalıdır. Xüsusilə, informasiya texnologiyaları, maliyyə xidmətləri və nəqliyyat-logistika sahələrində yeni təşəbbüslər hər iki tərəfə mühüm iqtisadi üstünlüklər gətirə bilər. Bütün bu istiqamətlər üzrə irəliləyişlərin əldə olunması üçün ikitərəfli dövlət proqramlarının hazırlanması, eləcə də özəl sektorun daha fəal cəlb olunması zəruridir. Bu yanaşma yalnız iqtisadi əlaqələrin genişlənməsinə deyil, həm də regionda dayanıqlı inkişafın təmin olunmasına xidmət edəcəkdir. Azərbaycan-Rusiya iqtisadi əlaqələrinin gələcək inkişafı üçün iqtisadiyyatın rəqəmsallaşdırılması sahəsində əməkdaşlıq daha da dərinləşdirilə bilər. Bu, xüsusilə, maliyyə texnologiyaları (fintech) sahəsində innovativ həllərin tətbiqini, eləcə də rəqəmsal ödəniş sistemlərinin integrasiyasını əhatə edə bilər. Bu cür təşəbbüslər iki ölkə arasında sərmayə axınını asanlaşdırmaqla yanaşı, beynəlxalq ticarət əməliyyatlarının daha şəffaf və effektiv aparılmasına şərait yaradar.

Eyni zamanda, əmək bazarının ehtiyaclarına cavab verən birgə təhsil proqramlarının hazırlanması iqtisadi əməkdaşlıq üçün əlavə imkanlar açar. Xüsusilə, texnologiya, mühəndislik, aqrar sənaye və logistika sahələrində ixtisaslaşmış mütəxəssislərin hazırlanması, hər iki ölkənin iqtisadiyyatında strateji sahələrin inkişafına xidmət edir. Sərhəd bölgələrində azad iqtisadi zonaların yaradılması, həm ticari, həm də istehsal fəaliyyətini artırmaq üçün perspektivli bir vasitə ola bilər. Bu zonalar xarici sərmayələrin cəlb edilməsini təşviq etməklə yanaşı, ikitərəfli ticarətdə yeni sahələrin inkişafına təkan verə bilər. İqlim dəyişikliyi və ekoloji problemlərlə mübarizə çərçivəsində ortaq tədbirlərin həyata keçirilməsi, xüsusilə su ehtiyatlarının idarə olunması və alternativ enerji layihələrinin reallaşdırılması kimi istiqamətlərdə əməkdaşlıq, həm ekoloji, həm də iqtisadi baxımdan hər iki tərəf üçün mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Bütün bu təşəbbüslərin uğurla həyata keçirilməsi üçün yüksək səviyyəli hökumətlərarası dialoqun davam etdirilməsi və özəl sektorun daha fəal iştirakı vacibdir. Gələcəkdə iqtisadi münasibətlərin daha da inkişafı, hər iki ölkənin regional və beynəlxalq səviyyədə mövqelərini gücləndirərək, daha rəqabətqabiliyyətli və dayanıqlı bir əməkdaşlıq modelini təmin edə bilər. Azərbaycan-Rusiya iqtisadi əlaqələrinin dərinləşməsi üçün mədəniyyət və təhsil sahəsində əməkdaşlıq yeni imkanlar yarada bilər. Birgə mədəniyyət festivalları, sərgilər və incəsənət layihələri iqtisadi münasibətləri dəstəkləyən mühüm

alətlər kimi çıxış edə bilər. Təhsil sahəsində isə birgə universitet proqramlarının hazırlanması, tələbə mübadiləsi və ixtisasartırma kurslarının təşkili, iki ölkənin iqtisadiyyatında lazım olan insan kapitalının formalaşmasına töhfə verə bilər. Eyni zamanda, hər iki ölkə arasında kənd təsərrüfatı sahəsində texnologiyaların mübadiləsi və birgə araşdırmaların təşkili, ərzaq təhlükəsizliyinin təmin edilməsi və kənd təsərrüfatı məhsullarının keyfiyyətinin artırılmasına şərait yarada bilər. Biotexnologiya və innovativ suvarma sistemlərinin tətbiqi bu sahədə məhsuldarlığı əhəmiyyətli dərəcədə artıraraq, hər iki tərəf üçün iqtisadi fayda təmin edə bilər. Nəqliyyat-logistika sahəsində yeni rəqəmsal həllərin tətbiqi, xüsusilə malların izlənməsi, gömrük prosedurlarının avtomatlaşdırılması və beynəlxalq daşımaların koordinasiyası istiqamətində əməkdaşlıq, ticarət dövriyyəsinin daha sürətli və effektiv həyata keçirilməsinə şərait yarada bilər. Bundan əlavə, dəmiryolu və dəniz nəqliyyatının birləşdirilməsi ilə multimodal daşımaların inkişafı da qarşılıqlı iqtisadi maraqların güclənməsinə töhfə verə bilər. İqtisadi əlaqələrin şaxələndirilməsi üçün sənətkarlıq və turizm sektorunda birgə layihələrin inkişafı da xüsusi əhəmiyyət daşıyır. Ənənəvi sənətkarlıq məhsullarının beynəlxalq bazarlara çıxarılması və turizm marşrutlarının birgə təşkili, iqtisadi əməkdaşlığın qeyri-enerji sektorunda genişlənməsini dəstəkləyə bilər.

Nəticə. Azərbaycan və Rusiya arasında iqtisadi əlaqələr qarşılıqlı fayda və strateji tərəfdaşlıq əsasında inkişaf edir. Ticarət, enerji, kənd təsərrüfatı, nəqliyyat-logistika və innovasiya kimi sahələrdə əməkdaşlıq hər iki tərəf üçün mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Bununla belə, bəzi mövcud çətinliklər, o cümlədən tənzimləyici maneələr, idxal-ixrac balanssızlığı və texniki standartların uyğunlaşdırılması zəruri həll tələb edir. Gələcəkdə iqtisadi münasibətlərin daha da güclənməsi üçün rəqəmsal texnologiyaların tətbiqi, birgə investisiya layihələrinin həyata keçirilməsi və elmi-texnoloji əməkdaşlığın genişləndirilməsi vacibdir. Bununla yanaşı, nəqliyyat infrastrukturunun inkişafı, turizmin təşviqi və qeyri-enerji sektorunda ticarət əlaqələrinin şaxələndirilməsi də mühüm əhəmiyyət daşıyır. Bu yanaşmalar həyata keçirildiyi təqdirdə, Azərbaycan-Rusiya iqtisadi münasibətləri daha dayanıqlı və rəqabətqabiliyyətli bir səviyyəyə çatacaq, regionun iqtisadi inkişafına və sabitliyinə töhfə verəcəkdir. İkitərəfli əlaqələrin strateji tərəfdaşlıq ruhunda davam etməsi isə hər iki ölkənin qlobal iqtisadiyyatda mövqelərini möhkəmləndirəcək.

Ədəbiyyat

- [1] Əliyev İ.H. Rusiya Federasiyasının Prezidenti Vladimir Putin ilə təkbətək görüş / İnkişaf – məqsədimizdir. Çıxışlar, nitqlər, bəyanatlar, müsahibələr, məktublar, məruzələr, müraciətlər. Bakı: Azərneşr, 2019, 392 səh. s.206.
- [2] Рустамова А.С. Законодательные акты, регулирующие азербайджанороссийские (дагестанские) отношения / Материалы Международной научно-практической конференции «Правовая культура народов Кавказа: становление, трансформация и перспективы». Махачкала, 26- 27 ноября 2020 г. Сборник научных статей. Махачкала: ИП
- [3] Шумаев В.А., Галушкин А.А. и др. Современные проблемы региональной экономической интеграции (на примере Европейского союза и Евразийского экономического союза. -Москва: ЮСТИЦИЯ, 2016. -268 с.
- [4] Рустамова А.С. Законодательные акты, регулирующие азербайджанороссийские (дагестанские) отношения / Материалы Международной научно-практической конференции «Правовая культура народов Кавказа: становление, трансформация и перспективы». Махачкала, 26- 27 ноября 2020 г. Сборник научных статей. Махачкала: ИП Джамалудинов Типография А-4, 2020, 154 с.120-127. с.123.
- [5] Кембаев Ж.М. Региональная интеграция в Евразии: основные признаки, проблемы и перспективы // Российский юридический журнал. 2016. № 1. С. 32-45.с.35.

**DEVELOPMENT TRENDS AND CURRENT PROBLEMS OF AZERBAIJAN-RUSSIA
ECONOMIC RELATIONS****Aliyev M.A., Valiyev V.I.**

Abstract. The expansion of trade turnover between the two countries is observed mainly with the deepening of cooperation in the energy, agriculture and transport-logistics sectors. Azerbaijan is trying to increase exports of agricultural products to Russia, along with the oil and gas sector. Russia, in turn, supplies Azerbaijan with more industrial goods, food products and technological equipment. These trade relations are supported as a result of the activity of the “North-South” transport corridor and joint logistics projects are being implemented between the parties. However, a number of problems remain in economic relations. Changing market conditions, instability of the import-export balance, high competition in some areas and technical and sanitary regulations applied during access to foreign markets prevent cooperation from reaching its full potential. Also, the influence of the international political environment and geopolitical processes taking place in the region affect the dynamics of economic relations. In order to overcome these problems, both states are trying to strengthen cooperation on economic planning and investment projects, develop infrastructure capabilities and simplify market regulations.

Keywords: industrial goods, oil and gas sector, competitive environment, investment, trade.



LİZİNQ MÜQAVİLƏSİ ƏSASINDA TƏYYARƏ PARKININ YENİLƏNMƏSİ İMKANLARI

Əmirova G.M.

amirovagunel1616@gmail.com

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

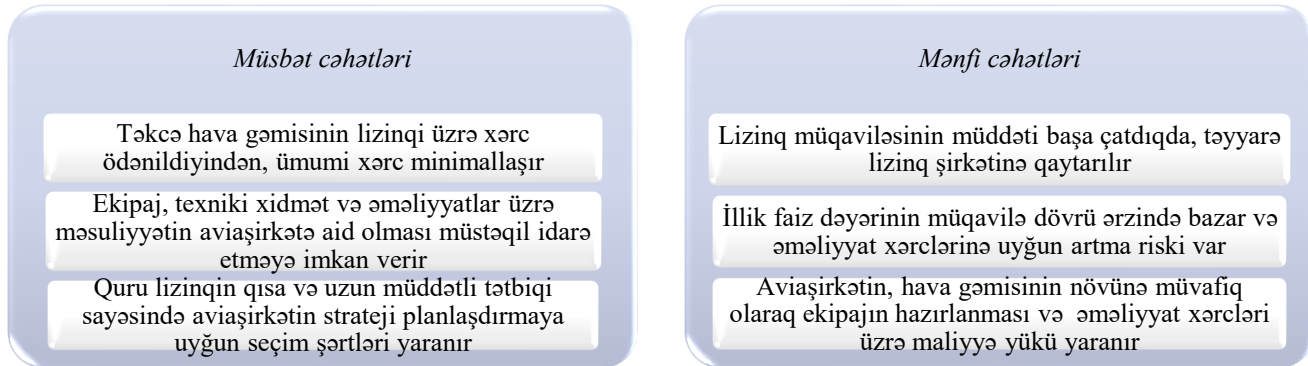
Xülasə. Məqalədə Azərbaycanın milli aviadaşıyıcısı - “Azərbaycan Hava Yolları” QSC-nin (AZAL-ın) təyyarə parkının yenilənməsi və modernləşməsi istiqamətində bağladığı lizinq müqavilələrinin aktuallığından və onun iqtisadi səmərəliliyindən bəhs edilir. Bu kontekstdə müxtəlif ölkələrdə lizinqlə əldə olunan təyyarələrin ümumi təyyarə parkındakı payı və fəaliyyətlərinin iqtisadi səmərəlilik parametrləri ilə AZAL-ın müvafiq göstəricilərinin müqayisəli təhlili aparılmış, bu sahədə milli aviadaşıyıcının gələcək illər üzrə fəaliyyət proqnozlarına dair təkliflər hazırlanmışdır.

Açar sözlər: yaş lizinq, quru lizinq, təyyarə parkı, yenilənmə, modernləşdirmə.

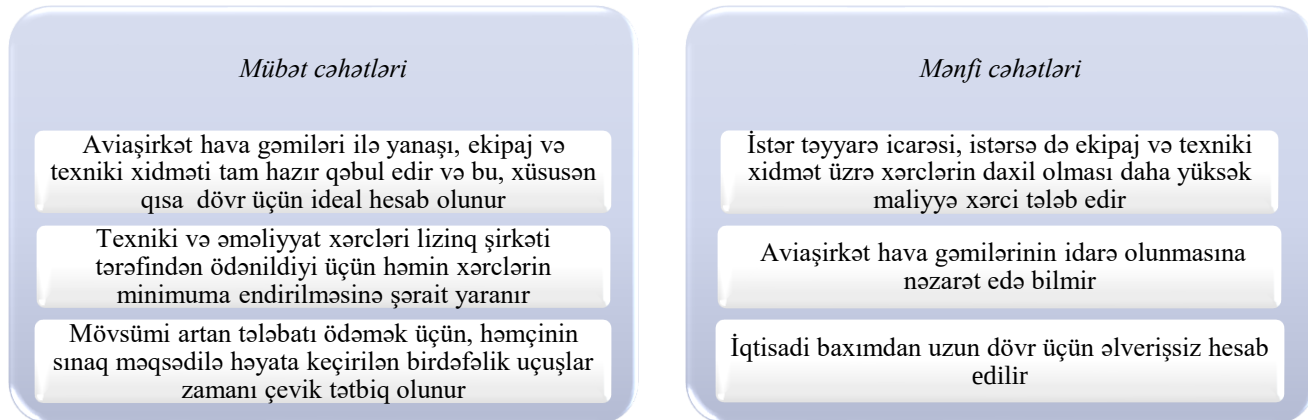
Giriş. Qloballaşmanın və texniki yenilənmənin sürətlə getdiyi, beynəlxalq miqrasiyanın geniş vüsət aldığı, bir sıra dövlətlərin pandemiyadan sonra təhlükəsizlik məsələlərinə görə quru sərhədlərini bağlı saxladığı müasir dövrdə aviadaşımalara olan tələbatın artması, sərnişin daşımalarının yüksək keyfiyyətli uçuş standartlarına uyğunlaşdırılması, reyslərin beynəlxalq normalar çərçivəsində təhlükəsiz reallaşdırılması kimi çağırışlara cavab vermək üçün aviaşirkətlər daha az ilkin maliyyə sərfiyyatı ilə qısa zaman kəsiyində təyyarə parkının yenilənməsi və modernləşdirilməsi problemi ilə üzləşirlər ki, bunun da həllinin ən effektiv yollarından biri lizinq müqaviləsi əsasında hava gəmilərinin icarəsidir. Məhz buna görədir ki, hazırda dünyadakı əksər aviaşirkətlərin təyyarə parklarının 50%-indən də çox hissəsini lizinq qaydasında istifadə olunan təyyarələr təşkil edir. Azərbaycanın milli aviadaşıyıcısı - AZAL da son zamanlar lizinqi öz təyyarə parkının yenilənməsi və modernləşdirilməsi prosesinin əsas prioritetlərindən birinə çevirmişdir.

Metodlar. Məqalədə qoyulmuş problemlərin dərinlən öyrənilməsi məqsədilə məlumatların toplanması, emal edilməsi, analiz və sintez metodlarından, statistik göstəricilərin müqayisəsi, tədqiq edilən sahədə milli, regional və ümumbəşəri tendensiyaaların, eləcə də yaxın gələcək və uzaq perspektiv üçün proqnozların müəyyənəndirilməsi üsullarından istifadə olunmuşdur. Hava gəmilərinin sahibləri ilə bağlanan lizinq müqavilələri aviaşirkətlərə müəyyən zaman kəsiyi ərzində həmin nəqliyyat vasitələrinə sahiblənmədən onları istismar etmək hüququ verir. Eyni zamanda, bir maliyyə və əməliyyat aləti olaraq lizinq, aviaşirkətlərə hava gəmiləri parkının təzələnməsi və modernləşdirilməsini maliyyə yükünün minimallaşdırılması və daha az öhdəliyin yaranması şəraitində, yəni böyük həcmdə ilkin kapital sərfiyyatı olmadan aparmağa, aviadaşımaları müasir tələblərə cavab verən təyyarələrlə həyata keçirməyə imkan yaradır.

Təyinatından asılı olaraq hava gəmilərinin lizinqinin bir sıra növləri mövcuddur. Hazırda bu sahədə tətbiq edilən əsas lizinq növlərinə, hər biri özünəməxsus müsbət və mənfi cəhətləri ilə xarakterizə olunan yaş və quru lizinq modellərini aid etmək olar. Quru lizinq müqaviləsinə əsasən hava gəmisi texniki cəhətdən hazır vəziyyətdə icarəyə götürən aviaşirkətə təqdim olunur, hava gəmisinin işçi heyəti ilə təmin edilməsi və əməliyyat xərcləri də aviaşirkətin üzərinə düşür. Quru lizinqin tətbiqinin müsbət və mənfi cəhətlərini aşağıdakı sxemdən (Sxem 1) görmək mümkündür:

Sxem 1. Quru lizinqin tətbiqinin icarədar aviaşirkət üçün müsbət və mənfi cəhətləri

Yaş lizinq – hava gəmisi ilə yanaşı, ekipaj üzvlərinin, texniki və sığorta xərclərinin də daxil olduğu icarə növüdür. İcarəyə verilən obyektin yeni deyil, istifadə edilmiş olması onun aylıq icarə ödənişinin daha sərfəli olmasına şərait yaradır və bu lizinq növü uzunmüddətli icarələr üçün daha uyğundur. Sxem 2-də yaş lizinqə məxsus mənfi və müsbət cəhətlər əks etdirilmişdir.

Sxem 2. Yaş lizinqin icarədar aviaşirkət üçün müsbət və mənfi cəhətləri

Təbiidir ki, aviaşirkətlər öz kapital imkanlarından və əməliyyat tələblərindən, eləcə də strateji hədəflərindən asılı olaraq bu iki model arasında seçim edərkən, onların üstün və çatışmayan cəhətlərini nəzərə alırlar. Lizinqin düzgün modelinin seçilməsi və tətbiqi aviaşirkətlərə öz hava gəmisi parkını modernləşdirməklə yanaşı, səmərəliliyin istəklərinə cavab verən yeni təyyarələrlə fəaliyyət göstərərək beynəlxalq tələbatı ödəmə qabiliyyətini artırmaq imkanı verir.

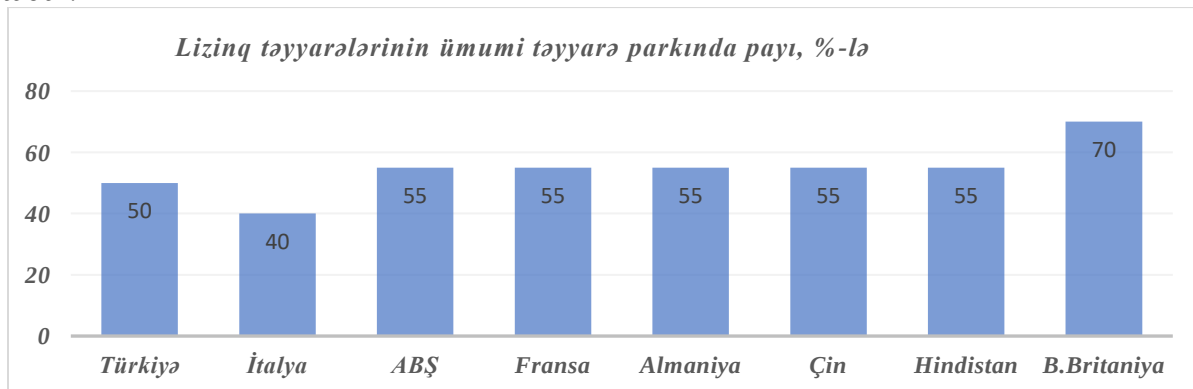
“Azərbaycan Hava Yolları” QSC ilk dəfə lizinq müqaviləsi ilə hava gəmilərinin icarəsinə ötən əsrin 90-cı illərinin sonlarında - təyyarə parkının yenilənməsi prosesinə start verərkən başlamışdır. 2000-ci illərin əvvəllərində “Boeing” və “Airbus” sinfinə məxsus bir neçə təyyarə satın alınma yolu ilə və icarə müqaviləsi əsasında əldə edilərək, ölkəmizin mülki aviasiya donanmasına daxil edilmişdir. 2005-ci ildə “Boeing 757-200” tipli hava gəmisi uzunmüddətli, yəni quru lizinq müqaviləsi ilə alınaraq AZAL-ın təyyarə parkına əlavə olunmuşdur. Son illər “Azərbaycan Hava Yolları” QSC səmərəliliyin daşımaqlarının xeyli hissəsini yüksək inkişaf strategiyasına görə IOSA sertifikatına layiq görülmüş Litvanın GetJet Airlines aviaşirkəti ilə bağlanmış ACMI (ACMI - Aircraft, Crew, Maintenance and Insurance, yəni hava gəmisi, uçuş heyəti, texniki xidmət və sığortanı özündə birləşdirən yaş lizinq növüdür) müqaviləsi əsasında həyata keçirir. ACMI müqaviləsində təyyarəni, ekipajı, texniki xidməti və sığortanı təmin edən aviaşirkətə işlədiyi saatlara görə icarəyəgötürən tərəfindən müvafiq ödənişin təmin ediləcəyi barədə müddəa yer alır. Bu zaman icarə müddəti bir neçə saatlıq uçuşdan tutmuş bir neçə aya, hətta ilədən olan

dövrü əhatə edə bilər. Praktika göstərir ki, xüsusilə bayram günlərində, həcc ziyarəti dönməində dünya ölkələri tərəfindən yaş lizinq geniş tətbiq olunur.

Son dövrlərdə iqtisadiyyatın bütün sahələrində baş verən texnoloji yeniliklər və aviasiya sənayesinin sürətli inkişafı nəqliyyat sektorunda mülki aviasiyanın rolunu ön plana çəkmişdir. Bunu hazırda mülki aviasiyanın mühüm bir hissəsinə çevrilmiş beynəlxalq aviasiya lizinq bazarının dinamik yüksəlişi də sübut edir. Ötən əsrin 70-ci illərinin statistik göstəricilərinə əsasən, bütün dünya üzrə aviaşirkətlərin təyyarə parkının formalaşmasında hava gəmilərinin lizinqi əməliyyatlarının payı cəmi 10% təşkil etdiyi halda, müasir dövəmdə bu göstərici 58%-ə qədər yüksəlmişdir və növbəti 5 il ərzində onun 63%-ə çatacağı gözlənilir. Hazırda həm yaş, həm də quru lizinq müqavilələri aviaşirkətlərə əsasən dünyanın nəhəng avializinq şirkətləri olan “AerCap”, “Air Lease Corporation”, “Avalon”, “SMBC Aviation Capital” tərəfindən təqdim edilir. Proqnozlara əsasən, 2030-cu ilədək avializinq bazarının həcmi 500 milyard ABŞ dollarını keçəcəkdir.

2024-cü ilin sonuna olan məlumatlara görə, ölkəmizdə 29 hava gəmisindən ibarət təyyarə parkı mövcuddur. Bu parkın təzələnməsi və genişləndirilməsi məqsədilə qısa müddət ərzində lizinq müqavilələri çərçivəsində daha modern və yanacaq sərfiyyatı az olan on beşdən çox təyyarənin icarəyə götürülməsi planlaşdırılır. Göründüyü kimi, ölkəmizin mülki hava donanmasının yarısından çox hissəsinin lizinq müqavilələri hesabına yenilənməsi nəzərdə tutulur. Bu prosesin reallaşdırılması üçün AZAL ilə çarter uçuşları üzrə ixtisaslaşmış GetJet Airlines arasında üç ədəd “Airbus A320” tipli təyyarənin (uçuş heyəti, sığorta, texniki dəstək, həmçinin uçuşların təhlükəsizliyinin təmin edilməsi daxil olmaqla) icarəsi barədə yaş lizinq müqaviləsi bağlanmışdır. 2024-cü ilin son rübündə dünyanın ən nüfuzlu aviasiya lizinq şirkəti olan AerCap ilə tərəfdaşlıq çərçivəsində altı ədəd “Airbus” sinfinə mənsub hava gəmisinin yaş lizinq qaydasında AZAL tərəfindən icarəsini nəzərdə tutan müqavilə imzalanmışdır. Bu hava gəmilərinin xüsusilə İstanbul, Dubay, Milan, Vyana istiqamətlərində reallaşdırılan reyslərdə istifadə edilməsi gözlənilir. Həmin müqaviləyə görə, göstərilən istiqamətlərdə getdikcə artan tələbatı ödəmək məqsədilə üç ədəd “Airbus A320-neo” və eyni sayda “Airbus A321-neo” təyyarəsinin 2026-cı ilin yaz aylarından ilin sonuna kimi ölkəmizə tədarük edilməsi nəzərdə tutulur.

Dünya təcrübəsi göstərir ki, inkişaf səviyyəsindən asılı olmayaraq bir çox ölkənin təyyarə **parkının** formalaşmasında lizinq əməliyyatları geniş tətbiq olunur və həmin parkların hava gəmilərinin 50%-dən çoxunu məhz icarə təyyarələri təşkil edir. Qrafik 1-də əks etdirilmiş statistik göstəricilər bunun əyani sübutudur.

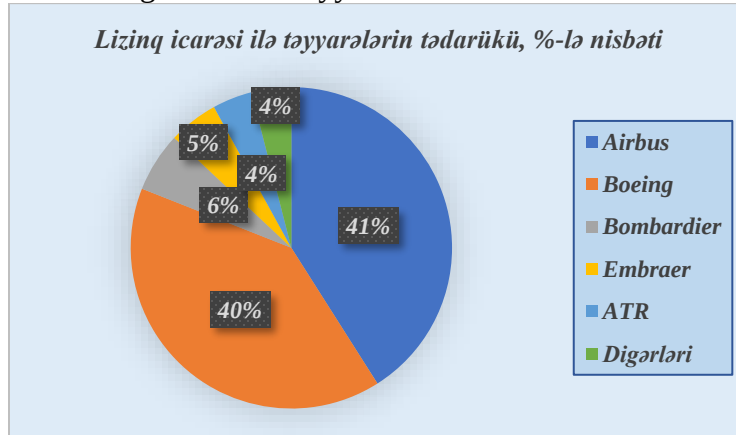


Qrafik 1. Lizinq təyyarələrinin ümumi təyyarə parkında payı (%) üzrə ölkələrarası müqayisə

Türkiyənin “Türk Hava Yolları” aviaşirkətinin mülki aviasiya donanması 400-dən artıq hava gəmisindən ibarətdir. Onun təxminən 50%-i lizinq müqaviləsi hesabına təmin edilmişdir. Bu göstərici İtaliyada 40%, ABŞ, Fransa, Almaniya, Çin və Hindistanda 55%, Böyük Britaniyada isə 70% təşkil edir və lizinq münasibətlərinin müxtəlif ölkələrin hava gəmiləri parkının formalaşmasında necə aktualıq kəsb etdiyini əyani şəkildə göstərir.

Lizing müqavilələri üzrə icarə əməliyyatlarının ümumi həcmində hava gəmilərinin ayrı-ayrı markalarının xüsusi çəkirlərinin dəyişməsi də bu prosesin gedişatına ciddi təsir göstərir. Diaqram 1-in məlumatları bu sferada hazırda mövcud olan vəziyyəti xarakterizə edir.

Diaqram 1. Lizing icarəsi ilə təyyarə tədarükünün faiz nisbəti üzrə paylanması



Diaqram 1-dən göründüyü kimi, dünya üzrə avializing bazarında ən çox tədarük edilən hava gəmilərinin siyahısına 41%-lə "Airbus" və 40%-lə "Boeing" təyyarə markaları başçılıq edir, sonrakı yerləri isə 6%-lə "Bombardier", 5%-lə "Embraer" və 4%-lə "ATR" markalı hava gəmiləri tutur, qalan digər hava gəmilərinin ümumi payı isə cəmi 4% təşkil edir.

Təyyarə parkının təzələnməsi və modernləşdirilməsi istiqamətində həyata keçirilən tədbirlər çərçivəsində daha az yanacaq sərfiyyatı və ekoloji cəhətdən yeni nəsil təyyarələri olan "Airbus A320neo" və "Boeing 737 MAX" tipli modellərdən istifadə sayəsində karbon emissiyasının minimuma endirmək prioritet məsələlərdən hesab olunur. Təyyarələrin lizing qaydasında icarəyə götürülməsi aviaşirkətlərə böyük sərmayə yatırmadan öz hava gəmiləri parkını modernləşdirməyə və kapitalla qənaət etməyə imkan verir. Nəzərə almaq lazımdır ki, lizing, aviaşirkətlərə pandemiya dövründə maliyyə çətinliyindən yayınmaqda ciddi kömək etmişdir.

Nəticə və müzakirələr. "Azərbaycan Hava Yolları" QSC-nin lizing müqavilələri bağlaması onun öz hava gəmiləri parkını yeniləməsi və daha müasir təyyarələrdən istifadə etməsi, beynəlxalq normalara uyğun fəaliyyət göstərməsi, həmçinin, aviasiya sahəsində mövqeyini möhkəmləndirməsi nöqtəyindən çox mühüm rol oynayır. Bu sahədə həyata keçirilən düzgün siyasət nəticəsində uzunmüddətli perspektivdə həm aviaşirkətin, həm də ölkəmizin aviasiya sənayesinin yüksək inkişafı gözlənilməkdədir. Avializingin genişlənməsi, eyni zamanda, turizmin inkişafına, ölkəyə maliyyə axınına, beynəlxalq miqyasda ölkənin imicinin güclənməsinə də təkan verə bilər.

Təkliflər. Bu tədqiqat milli aviaşirkətimiz tərəfindən öz təyyarə parkının yenilənməsində lizing fəaliyyətinin genişləndirilməsinin təqdirəlayiq olduğunu göstərir. Bu prosesin sürətləndirilməsi üçün aşağıdakı təkliflərin reallaşdırılmasının mühüm rol oynayacağını düşünürəm:

- ölkəmizdə lizingin mükəmməl normativ-hüquqi bazasının formalaşdırılması (lizing proseslərinin yalnız Mülki Məcəllənin bir neçə maddəsində öz əksini tapması bu fəaliyyətin tənzimlənməsində müəyyən çətinliklər yaradır);
- lizing fəaliyyəti ilə məşğul ola biləcək yüksək ixtisaslı kadr ehtiyatının formalaşdırılması məqsədilə ali təhsil müəssisələrində müvafiq ixtisasın yaradılması və lizing üzrə mütəmadi təlimlərin keçirilməsi;
- lizingin digər növlərindən kompleks (qarışıq) şəkildə istifadə edilməsi.

Ədəbiyyat

- [1] Niftullayev Vaqif, “Sahibkarlığın əsasları”, Bakı 2002
- [2] Zeynalov Z. H., “Lizing”, 2013
- [3] Ronald Scheinberg, “The Commercial Aircraft Finance Handbook”, 2018
- [4] Vitaly S. Guzhva, Sunder Raghavan and Damon J. D’Agostino, “Aircraft Leasing and Financing”, 2018.
- [5] Карп М.В., Махмудов Р. А., Шабалин Е.М. Финансовый лизинг на предприятии. М., 1998.
- [6] Лапыгин Ю. Н., Сокольский Е.В., “Лизинг в регионе”. Владимир, 2002;
- [7] <https://www.azal.az>
- [8] <https://mincom.gov.az>
- [9] <https://link.springer.com>

POSSIBILITIES OF RENEWING THE AIRCRAFT FLEET BASED ON THE LEASING CONTRACT**Amirova G.M.**

Abstract. The article talks about the relevance and economic efficiency of the leasing contracts signed by the national air carrier of Azerbaijan - "Azerbaijan Airlines" CJSC (AZAL) in the direction of renewal and modernization of the aircraft fleet. In this context, a comparative analysis of the share of leased aircraft in the total aircraft fleet and economic efficiency parameters of activities of AZAL was carried out, and proposals were made for future activity forecasts of the national air carrier in this field.

Keywords: wet leasing, dry leasing, aircraft fleet, renewal, modernization.



MƏLUMATLANDIRILMIŞ RAZILIQ: AZƏRBAYCAN VƏ TÜRKİYƏ RESPUBLİKASI QANUNVERİCİLİKLƏRİNİN MÜQAYİSƏLİ TƏHLİLİ

Muradbəyli S.N.

muradbeylis94@gmail.com

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Məqalədə məlumatlandırılmış razılıq anlayışı izah edilmiş və pasiyentin bir hüququ kimi nəzərdən keçirilmişdir. Onun bir hüquq, yaxud vəzifə olması məsələsi araşdırılmışdır.

Azərbaycan və Türkiyə Respublikasının müvafiq qanunvericilik aktlarında məlumatlandırılmış razılıqla bağlı olan müddəalar müqayisəli şəkildə öyrənilmişdir. Bu araşdırma zamanı hər iki ölkənin məlumatlandırılmış razılıq institutunun tətbiqi ilə bağlı məsələləri tənzimləyən əsas qanunvericilik aktları və onların həmin institutun tətbiqinə olan yanaşması tədqiq olunmuşdur. Tədqiqatın yekunu olaraq məqalədə 2 əsaslı təklif irəli sürülmüşdür.

Açar sözlər: pasiyentin hüquqları, tibbi müdaxilə, məlumatlandırılmış razılıq, qanunvericilik aktları, müqayisəli təhlil.

Giriş. tədqiqatın aparılması zamanı analiz, sintez, müqayisəli-hüquq və sistemli-struktur yanaşma kimi metodlardan istifadə edilmişdir.

Pasiyentin ona ediləcək tibbi müdaxilə barədə məlumatlandırılmış razılıq hüququnun olub-olmaması fikri hüquq ədəbiyyatlarında daim mübahisə predmeti olmuşdur. Bəzi müəlliflərə görə məlumatlandırılmış razılıq pasiyent baxımından bir hüquq kimi nəzərdən keçirilə bilər. Digər müəlliflər isə iddia edirlər ki, məlumatlandırılmış razılıq pasiyent baxımından bir hüquq kimi nəzərdə tutula bilməz. Hər iki qrup öz mövqeyini müxtəlif sübutlarla əsaslandırır. Belə ki, birinci fikrin tərəfdarlarına görə pasiyent hər bir halda ona tətbiq olunan tibbi müdaxilədən xəbərdar olmalı və buna razılıq verməlidir. Pasiyentin bu müdaxiləyə razılıq verib-verməməsi və ya tibbi müdaxilə zamanı tətbiq olunacaq müalicə üsulları barədə qərar qəbul etməsi onun tibbi biliklərinin az və ya çox olması ilə əlaqələndirilə bilər. Bu fikrin dayandığı etik norma şəxsin özü haqqında qərar vermək hüququdur.

İkinci fikrin tərəfdarları isə qeyd edirlər ki, tibbi cəhətdən savadı olmayan pasiyent ona ediləcək tibbi müdaxilə barədə qərar verə bilməz. Çünki hər bir xəstəliyin müxtəlif xüsusiyyətləri vardır. Ona görə də tibbi bilikləri olmayan pasiyent xəstəliyin müalicəsi, bu müalicə ilə bağlı tətbiq olunacaq üsul və metodlar ilə bağlı yekun qərar qəbul etmək iqtidarında deyildir.

Ümumiyyətlə, tibbi müdaxilə ilə bağlı razılığın alınmasını məcburi hesab edən fikrin əsası Schneiderin “məcburi muxtariyyət” modelinə dayanır [1, s. 49]. Bu modelə görə tibbi müdaxilələr istənilən halda şəxsin lazımı məlumatlar əsasında qəbul etdiyi ilkin, azad və bildirişli razılığı ilə həyata keçirilə bilər. Həmçinin qeyd olunan mövqe tibbi müdaxilələrdə məlumatlandırılmış razılığın tətbiqinin həm pasiyent, həm də həkim cəhətdən müsbət nəticələrə səbəb ola biləcəyi fikrini dəstəkləyir.

Belə ki, bu modelə əsasən indiyə qədər sərbəst qərarlar verməyən xəstələr belə qərarlar verəcəyi təqdirdə onlarda müəyyən təcrübə formalaşacaq, zaman keçdikcə həmin xəstələr bu hüquqdan daha səmərəli istifadə edəcək və bunların nəticəsində öz sağlamlıqlarına daha tez qovuşacaqlar. Həmçinin “məcburi muxtariyyət” təhsillərinin, bacarıqlarının və hüquqlarının çərçivəsindən kənara çıxmağa daha çox meyilli olan həkimlərə qarşı bir immunizasiya təmin edəcək.

Məlumatlandırılmış razılıq – tibbi müdaxilənin riskləri, faydaları və alternativlərini (alternativlərin də risk və faydalarını) özündə əks etdirən məlumatların həkim tərəfindən xəstəyə kifayət qədər aydın və uyğun şəkildə izah olunması və xəstə tərəfindən həmin müalicənin tam bir formada başa düşülməsindən sonra tibbi müdaxilənin könüllü şəkildə qəbul edilməsidir.

Yəni, bu o deməkdir ki, xəstə onun orqanizminə ediləcək tibbi müdaxilə ilə razılaşıır, həmçinin həmin müdaxilənin əhəmiyyətini və vacibliyini anlayır, müalicə ilə yanaşı baş verə biləcək təhlükə və xeyri başa düşür.

Məlumatlandırılmış razılıq pasiyent baxımından bir hüquq, həkim baxımından isə bir öhdəlik kimi başa düşülür.

Məlumatlandırılmış razılıq tibbi müdaxilə zamanı tərəflər arasında olan inamı gücləndirir və öz müalicəsinə münasibətdə xəstəyə məlumatlı qərar qəbul etməyə kömək edir. Bu institutun tətbiqinin hüquqi əsasları inkişaf etmiş ölkələrin hüquq sistemində möhkəmlənmiş və həmin ölkələrin milli qanunvericilik aktlarında əhatəli şəkildə öz əksini tapmışdır.

Aşağıdakı araşdırmalarımızda Azərbaycan və Türkiyə Respublikasının müvafiq qanunvericilik aktlarında məlumatlandırılmış razılığın təsbiti forması müqayisəli şəkildə təhlil edilir.

Belə ki, Türkiyə Respublikasının 1982-ci il tarixli Anayasasının 17-ci maddəsinə əsasən hər kəsin yaşamaq, maddi və mənəvi varlığını qorumaq və inkişaf etdirmək hüququ vardır. Həmçinin tibbi zərurətlər və qanunda nəzərdə tutulmuş hallar istisna olmaqla, şəxsin fiziki toxunulmazlığı pozula və onun razılığı olmadan üzərində elmi və tibbi təcrübələr aparıla bilməz [2]. Düzdür, bu müddəə məlumatlandırılmış razılıq anlayışını tam olaraq əks etdirmir. Lakin deyə bilərik ki, müvafiq müddəanı geniş mənada şərh etsək, orada məlumatlandırılmış razılığın bəzi əsas elementlərinə rast gələrik. Göründüyü kimi, müddəə şəxs üzərində elmi və tibbi təcrübələr aparılarkən onun razılığının olmasını vacib hesab edir. Yəni, müddəanın tələblərindən aydın olur ki, tibbi araşdırmalar aparılarkən şəxsin muxtariyyətinə və öz müqəddəratını təyin etmək hüququna hörmətlə yanaşılmalıdır. Azərbaycan Respublikası Konstitusiyasında buna oxşar müddəaya rast gəlmirik. Konstitusiyamızda nə məlumatlandırılmış razılıq institutu, nə də ki, həmin institutun hər hansı bir elementi barədə fikir qeyd olunmamışdır. Konstitusiyamızın 41-ci maddəsi “Sağlamlığın qorunması hüququ” adlanır. Həmin maddənin I hissəsinə əsasən hər kəsin sağlamlığını qorumaq və tibbi yardım almaq hüququ vardır [3]. Yaxşı olardı ki, 41-ci maddənin I hissəsinin redaksiyası “hər kəsin sağlamlığını qorumaq və məlumatlandırılmış tibbi yardım almaq hüququ vardır” kimi ifadə olunsun.

“İnsan orqan və toxumalarının donorluğu və transplantasiyası haqqında” Azərbaycan Respublikası Qanununun 1.1.10-cu maddəsində orqan donorluğu və transplantasiya sahəsində məlumatlandırılmış razılığın əsas xüsusiyyətləri öz əksini tapır. Bu müddəaya əsasən qeyd edə bilərik ki, orqan donorluğu və transplantasiya sahəsində məlumatlandırılmış razılıq dedikdə donorun, resipientin və ya onların qanuni nümayəndəsinin aşağıdakı iradə ifadəsi başa düşülür:

- 1) donor orqanların götürülməsi və transplantasiya barədə könüllü qərar qəbul etməsi;
- 2) müalicənin məqsədləri və faydası, müalicə tədbirlərinin həcmi, metodu, ehtimal olunan risklər, həmçinin müalicədən imtina və onun dayandırılması imkanı barədə ona təqdim edilmiş məlumatı dərk etməsi;
- 3) yuxarıda qeyd olunan hər iki halı razılıq ərizəsi ilə bildirməsi.

Qeyd olunan ərizənin forması müvafiq orqan (qurum) tərəfindən müəyyən edilir və Qanunda nəzərdə tutulan halda ərizə notarial qaydada təsdiq olunur.

Həmin Qanunun tələblərinə əsasən transplantasiya üzrə koordinator donor orqanının götürülməsindən əvvəl canlı donordan onun arvadının (ərinin) və ya digər yaxın qohumlarının birinin şahidliyi ilə yazılıb imzalanmış məlumatlandırılmış razılıq ərizəsini alır və həmin məlumatları vahid dövlət informasiya bazasına daxil edir. Həm canlı donora, həm də onun məlumatlandırılmış razılığına dair məlumatlar canlı donorların reyestrində öz əksini tapır. Canlı donorun məlumatlandırılmış razılığı olmadıqda və ya donor hər hansı bir mərhələdə donor olmaqdan imtina etdikdə həkim-transplantoloq transplantasiyanı həyata keçirmir [4]. Burada əsas müsbət hal ondan ibarətdir ki, Azərbaycan Respublikası Səhiyyə Nazirliyinin Kollegiyasının 25.12.2023-cü il tarixli 31 №-li Qərarına əsasən orqan donorluğu və transplantasiya sahəsində “Məlumatlandırılmış razılıq ərizəsinin forması” (1 №-li Əlavə) təsdiq edilmişdir [5]. Təbii ki, Qanunun yuxarıda qeyd etdiyimiz müddəaları və bu Əlavə orqan

donorluğu və transplantasiya sahəsində məlumatlandırılmış razılığın səmərəli şəkildə tətbiq olunması üçün mühüm hüquqi baza kimi çıxış edir. Türkiyə Respublikasında oxşar münasibətlər “Organ və doku alınması, saklanması, aşılması və nakli haqqında” Qanuna əsasən tənzimlənir. Həmin Qanunun 6-cı maddəsində qeyd olunur ki, on səkkiz yaşına çatmış və sağlamaq imkanı olan şəxsdən orqan və toxumaların alınması üçün donor tərəfindən ən azı iki nəfərin iştirakı ilə əvvəlcədən açıq-aydın, şüurlu və təsirdən uzaq yazılan və imzalanan və ya ən azı iki şahidin qarşısında şifahi olaraq bəyan edilən və imzalanan sənədin həkim tərəfindən təsdiqlənməsi zəruridir [6].

“Əhəlinin sağlamlığının qorunması haqqında” Azərbaycan Respublikası Qanununun 24-cü maddəsi “Pasiyentin hüquqları” adlanır. Bu maddəyə əsasən pasiyentin əsas hüquqlarından biri də, tibbi müdaxiləyə şifahi və ya yazılı könüllü razılıq verməkdir. Həmin Qanunun 28-ci maddəsinə əsasən onkoloji xəstələrin həyat və sağlamlığı üçün ciddi təhlükə olduqda uyğun müalicə yazılı razılıq olmadan aparıla bilər. 37-ci maddəyə əsasən isə biotibbi tədqiqata razılıq alındıqda vətəndaşa müayinənin məqsədləri, kənar təsirləri, baş verə biləcək risk dərəcəsi, müddəti və nəticəsi barədə məlumat verilməlidir. Tədqiqatın mərhələsindən asılı olmayaraq vətəndaşın istənilən vaxt ondan imtina etmək hüququ vardır [7]. Türk tibb hüququnda bu sahədəki ən əsas münasibətləri tənzimləyən sənədlərdən biri “Hasta Hakları Yönetmeliği”dir. Bu sənəd pasiyentin hüquqlarını özündə əks etdirir. Birinci maddəyə əsasən deyə bilərik ki, həmin sənədin hazırlanmasının əsas məqsədləri aşağıdakılardır:

a) Türkiyə Respublikasının Konstitusiyasında, digər qanunvericilik aktlarında və beynəlxalq hüquqi mətnlərdə qəbul edilmiş əsas insan hüquqlarının səhiyyə xidmətləri sahəsindəki qarşılığı olan “xəstə hüquqları”nı konkret olaraq göstərmək;

b) səhiyyə xidmətləri həyata keçirən bütün müəssisə və təşkilatlarda, həmçinin səhiyyə xidmətlərinin bu müəssisə və təşkilatlar xaricində göstərildiyi hallarda hər kəsin insan ləyaqətinə uyğun şəkildə "xəstə hüquqlarından" necə faydalana biləcəyinə dair prosedur və prinsipləri tənzimləmək.

Həmin sənədin 4-cü bölməsi “Xəstə hüquqlarının qorunması” adlanır. Bu bölmədə xəstənin şəxsi həyatına hörmət göstərilməsi, səhiyyə xidmətlərinin həyata keçirilməsi nəticəsində əldə edilən məxfi məlumatların saxlanması və razılıq olmadan tibbi prosedurların aparılmasının qadağan edilməsi prinsiplər məsələlər kimi qeyd olunmuşdur [8, s.138]. Həmin bölmənin 22-ci maddəsinin tələbinə əsasən, heç kim qanunda göstərilən istisnalar xaric, onun razılığı olmadan və onun razılığına uyğun olmayan şəkildə tibbi müdaxiləyə məruz qala bilməz. Hətta cinayət törətməkdə və ya cinayətdə iştirak etməkdə şübhəli bilinən şəxsin törətdiyi cinayətin mümkün sübutunun onun və ya zərərçəkmiş şəxsin bədənində olması ehtimal edildiyi hallarda belə, bu sübutların aşkar edilməsi üçün müttəhim və ya zərərçəkmişin tibbi müdaxiləyə məruz qalması hakim qərarından asılıdır. Həmin sənədin 5-ci bölməsi isə “Tibbi müdaxilədə xəstənin razılığı” adlanır. Həmin bölmənin 24-cü maddəsində məlumatlandırılmış razılıq institutunun baza prinsipləri öz əksini tapır. Bu prinsiplərə əsasən tibbi müdaxilələr üçün xəstənin razılığı tələb olunur. Xəstə azyaşlı və ya həbsdədirsə, onun valideynindən və ya qəyyumundan icazə alınır. Xəstənin valideyninin və ya qəyyumunun olmadığı və ya ola bilməyəcəyi və ya xəstənin öz fikirlərini ifadə etmək imkanının olmadığı hallarda bu şərt tələb olunmur.

Həmin maddədə qeyd olunur ki, yetkinlik yaşına çatmayan və ya məhdud fəaliyyət qabiliyyətli xəstə qanuni nümayəndəsinin razılığının kifayət etdiyi hallarda belə, ona ediləcək tibbi müdaxilə barədə mümkün olan səviyyədə məlumatlandırılır və müalicəsi ilə bağlı qəbul ediləcək qərarlarda iştirakı imkan daxilində təmin edilir. Həmçinin səhiyyə müəssisə və təşkilatları əlillərin vəziyyətinə uyğun məlumatların verilməsi və razılığın alınması üçün zəruri tədbirləri həyata keçirir.

Tibbi müdaxilə zamanı xəstə öz istəklərini bildirmək iqtidarında deyilsə, onun tibbi müdaxilə ilə bağlı əvvəllər bildirdiyi istəkləri nəzərə alınır. Əgər şəxsin fəaliyyətini vaxtaşırı itirməsinə səbəb olan

xəstəliyi varsa, belə olan halda xəstənin fəaliyyətinin bərpa olunduğu vəziyyətində ondan fəaliyyətini itirdiyi dövrlərlə bağlı tibbi müdaxiləyə razılıq tələb oluna bilər.

Həmçinin xəstəyə onun razılığı olmadan tibbi müdaxilənin tətbiq oluna biləcəyi hallar da bu maddədə öz əksini tapmışdır. Belə hallara aşağıdakılar aiddir:

a) xəstənin razılığının alınma bilmədiyi, lakin həyatı təhlükəsinin və huşsuz vəziyyətinin olduğu hallar;

b) xəstənin bir orqanını və ya orqanının funksiyasını itirməsinə səbəb ola biləcək hallar.

Bu zaman xəstəyə lazımi tibbi müdaxilə edilir və bu hallar qeydə alınır. Lakin mümkün olduğu təqdirdə xəstənin orada olan qohumuna və ya qanuni nümayəndəsinə, bu mümkün olmadıqda isə tibbi müdaxilədən sonra xəstənin qohumuna və ya qanuni nümayəndəsinə məlumat verilir. Xəstənin şüuru bərpa olduqdan sonra ona ediləcək tibbi müdaxilə üçün vəziyyətindən asılı olaraq razılıq prosedurlarından istifadə edilir.

5-ci bölümün 31-ci maddəsi “Razılığın əhatə dairəsi və tələb olunmayan hallar” adlanır [9].

Bu maddənin tələblərinə əsasən razılıq alınarkən xəstənin və ya onun qanuni nümayəndəsinin tibbi müdaxilənin məzmunu və nəticələri barədə məlumatlandırılması vacibdir. Bu maddədəki əsas fikirlərdən biri odur ki, tibbi müdaxilə xəstənin verdiyi razılıq çərçivəsində olmalıdır.

“Hasta Hakları Yönetmeliği”nin digər müddəalarında məlumatlandırılmış razılıq sənədi, həmin sənəddə qeyd olunmalı məlumatlar, tibbi araşdırmalar zamanı razılıq və s. kimi məsələlər öz əksini tapmışdır.

Nəticə. Bildiyimiz kimi, hər bir fərdin yaşamasının mənası, ətraf aləmi qavraması, öz hüquq və vəzifələrini dərk edərək icra etməsi və əmək qabiliyyəti onun sağlamlıq vəziyyətindən birbaşa asılıdır. Fərd sağlam olmadıqda onun digər hüquqlarından istifadə etmək imkanı da məhdud çərçivədə mümkündür. Sağlamlıq dəyərlər iyerarxiyasının ən yüksək pilləsində yer tutan ali dəyər kimi nəzərdən keçirilir.

Hər hansı bir institutun tətbiqinin səmərəli nəticə verməsi üçün onun güclü hüquqi bazası olmalıdır. Məlumdur ki, məlumatlandırılmış razılıq institutunun tətbiqi əhalinin sağlamlığının qorunmasında əvəzedilməz rol oynayır. Lakin məlumatlandırılmış razılıq institutunun tətbiqinin hüquqi əsasları qanunvericiliyimizdə öz əksini kifayət qədər tapmamışdır. İnsan və vətəndaşın əsas hüquqlarından biri olan sağlamlığın qorunması sahəsindəki zəruri münasibətləri tənzimləyən qanunvericilik aktımız “Əhalinin sağlamlığının qorunması haqqında” Azərbaycan Respublikası Qanunudur. Göründüyü kimi, bu Qanunda da məlumatlandırılmış razılıqla bağlı əsas məsələlər yetərincə tənzimlənməmişdir. “İnsan orqan və toxumalarının donorluğu və transplantasiyası haqqında” Azərbaycan Respublikası Qanununda bu institut kifayət qədər əhatəli şəkildə öz əksini tapsa da, həmin Qanun yalnız orqan donorluğu və transplantasiya sahəsində məlumatlandırılmış razılıq ilə bağlı məsələləri əhatə edir.

Məlumatlandırılmış razılıq institutunun tətbiqinin hüquqi bazasını möhkəmləndirmək və onun sağlamlığının qorunması sahəsindəki rolundan daha səmərəli istifadə etmək üçün “Əhalinin sağlamlığının qorunması haqqında” Azərbaycan Respublikası Qanununda həmin institutun tətbiqi ilə bağlı müddəalar əhatəli şəkildə təsbit olunmalıdır.

Apardığımız tədqiqatlar bizim bu fikirlərimizi təsdiq edir və bu tədqiqatların nəticəsindən görünür ki, Türkiyə Respublikası qanunvericiliyi ilə müqayisədə Azərbaycan Respublikası qanunvericiliyində məlumatlandırılmış razılıq institutu daha zəif formada təsbit olunmuşdur.

Təkliflər:

1) Azərbaycan Respublikasının Konstitusiyasının 41-ci maddəsinin I hissəsi “hər kəsin sağlamlığını qorumaq və məlumatlandırılmış tibbi yardım almaq hüququ vardır” kimi ifadə olunsun.

2) “Əhalinin sağlamlığının qorunması haqqında” Azərbaycan Respublikası Qanununa “Məlumatlandırılmış razılıq” adlı fəsil əlavə edilsin. Müvafiq fəsildə məlumatlandırılmış razılığın forması, məzmunu, əhatə dairəsi, tələb olunmadığı hallar, fəaliyyət qabiliyyətsiz və ya məhdud fəaliyyət qabiliyyətli şəxslərə münasibətdə məlumatlandırılmış razılıq, tibbi araşdırmalarda razılıq, razılıqda öz

əksini tapmalı olan məlumatların siyahısı və s. kimi əsas məsələlər ilə bağlı fundamental müddəalar öz əksini tapsın.

Ədəbiyyat

- [1] Muradbəyli, S.N. Məlumatlandırılmış razılıq anlayışının inkişaf tarixi. "Qanun jurnalı"-2021 № 12 (326) /2021, s 48-52.
- [2] <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuatmetin/1.5.2709.pdf>
- [3] <https://e-qanun.az/framework/897>
- [4] <https://e-qanun.az/framework/46447>
- [5] <https://e-qanun.az/framework/56016>
- [6] <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=2238&MevzuatTur=1&MevzuatTertip=5>
- [7] <https://e-qanun.az/framework/4078>
- [8] Zeynep Günler. İnsan hakları açısından Aydınlatılmış Onam. Ankara-2021. 203 s.
- [9] <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=4847&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>

INFORMED CONSENT: COMPARATIVE ANALYSIS OF THE LEGISLATION OF THE REPUBLIC OF AZERBAIJAN AND THE REPUBLIC OF TURKEY

Muradbeyli S.N.

Abstract. The article explains the concept of informed consent and considers it as a patient's right. The question of whether it is a right or a duty has been investigated.

The provisions related to informed consent in the relevant legislative acts of the Republic of Azerbaijan and the Republic of Turkey were studied comparatively. During this study, the main legislative acts of both countries regulating issues related to the implementation of the institution of informed consent and their approach to the implementation of that institution were examined. As a conclusion of the research, the article puts forward 2 fundamental proposals.

Keywords: patient rights, medical intervention, informed consent, legislative acts, comparative analysis.

MDB ÖLKƏLƏRİNİN TİCARƏT ASILILIĞININ TƏHLİL STRUKTURU



Həsənli S.T., Nəcəfova V.Q.

shasanli.60187@naa.edu.az

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

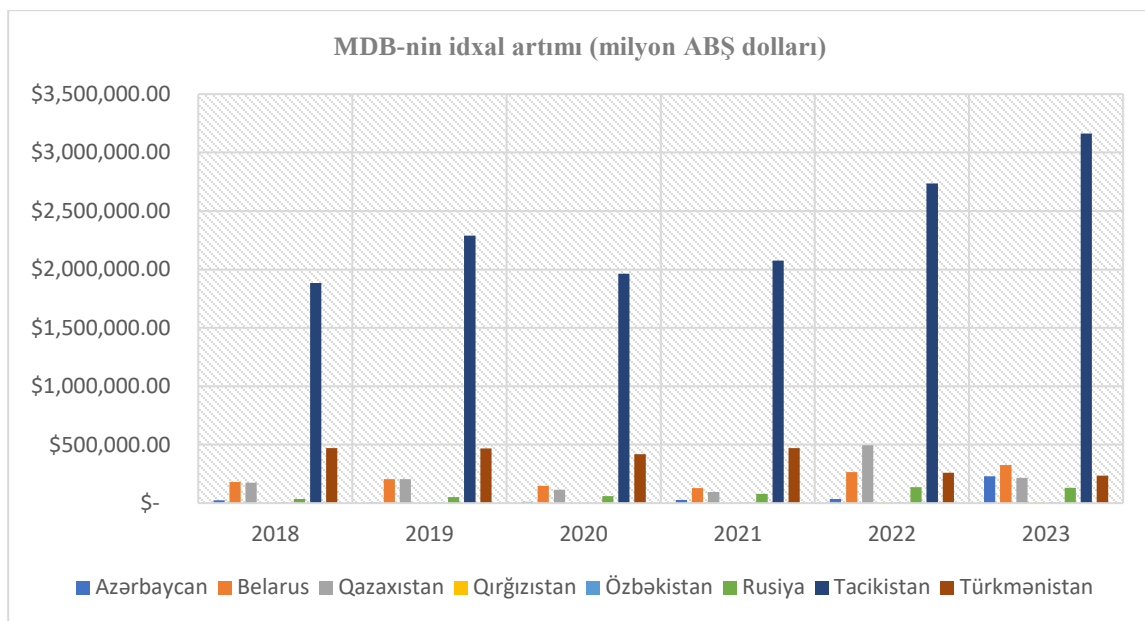
Xülasə. Müstəqil Dövlətlər Birliyi 1991-ci il 8 dekabr tarixində Belarusun Minsk şəhərində imzalanan "Müstəqil Dövlətlər Birliyinin yaradılmasına dair Saziş" əsasında formalaşmış. 1993-cü ilin 24 sentyabr tarixində isə MDB hökumət başçıları Şurasının iclasında Azərbaycan Respublikasının da bu iqtisadi birliyə daxil olması barədə qərar qəbul edilib. Əsasən 9 əməkdaşlıq istiqaməti olan MDB-nin əsas məqsədi iqtisadi, hərbi-siyasi və humanitar sahələrdə çoxşaxəli əməkdaşlığın inkişafının təminatıdır. Azərbaycan Respublikası daim MDB-nin iştirakçı dövlətləri ilə əməkdaşlığın ikitərəfli əsasda davam etdirilməsinə üstünlük verib. Respublikamız, həm də MDB çərçivəsində siyasi, iqtisadi və humanitar sahələrdə xalqımız üçün maraq kəsb edən bir çox məsələlər üzrə əməkdaşlığın davam etdirilməsinə, təşkilatın iştirakçı dövlətlər arasında dialoq müstəvisi olaraq saxlanılmasına maraq göstərir. Bu məqalədə, 1995-2023-ci illər dövrü üçün son beynəlxalq ticarət matrisindən istifadə edərək Müstəqil Dövlətlər Birliyi (MDB) ölkələri arasında ticarət asılılığını təhlil edir. Rusiya bütün dövr ərzində ən yüksək ticarət təsir əmsallarını nümayiş etdirir və MDB-nin digər üzvlərinin ticarətinə ən çox təsir göstərir və töhfə verir. Belarus, Qırğızıstan, Tacikistan və Özbəkistan isə bütün dövrlər ərzində ən yüksək ticarətin həssaslıq əmsallarına malikdir.

Açar sözlər: giriş – çıxış modeli, ticarət asılılığı, ticarət matrisi, ticarət həssaslığı və təsir əmsalları.

Giriş. Azərbaycan MDB ölkələri üçün xüsusi bir tranzit ölkəsidir. Xüsusilə Xəzər dənizi sahili MDB ölkələri ilə ticarət əlaqələrini asanlaşdırır. Şimal-Cənub dəhlizinin, Bakı-Tbilisi-Qars dəmir yolunun və Xəzər dənizinin nəqliyyat imkanlarının inkişafı, ticarətin daha da artmasına və müxtəlifliyinə gətirib çıxaracaqdır. Azərbaycanın enerji ehtiyatları, MDB ölkələrinin enerji təhlükəsizliyi üçün əhəmiyyətlidir. Nəqliyyat sistemi, Azərbaycanın enerji resurslarının MDB ölkələrinə çatdırılmasını asanlaşdırır. Bakı-Tbilisi-Ceyhan neft kəməri, Bakı-Tbilisi-Ərzurum qaz kəməri və Şimal-Cənub dəhlizinin enerji daşıma imkanları, Azərbaycanı MDB ölkələri üçün əhəmiyyətli bir enerji təchizatçısına çevirir. Azərbaycan, MDB ölkələrindən gələn turistlər üçün cəlbedici bir yerdir. Ölkənin zəngin mədəniyyəti, tarixi abidələri, təbiət gözəlliyi və inkişaf etmiş turizm infrastrukturunu turistləri cəlb edir. Nəqliyyat sistemi, turistlərin Azərbaycana rahat səyahət etməsinə təmin edir. MDB-nin gələcək inkişafının Konsepsiyasında (18 dekabr 2020-ci il) cənab Prezident İlham Əliyev və MDB-nin 2030-cu ilədək İqtisadi İnkişaf Strategiyası (29 may 2020-ci il) Baş nazir tərəfindən xüsusi rəylərlə imzalanmışdır. Konsepsiyada üzv dövlətlərinin MDB-yə kompleks baxışını, onun təkamülünün istiqamət və məqsədlərini özündə əks etdirən əlaqəli baxışlarının məcmusudur, həmçinin sənəddə iqtisadi əməkdaşlıq MDB üçün ən əsas prioritet olaraq müəyyən edilib. Strategiyanın əsas məqsədi MDB-ə üzv olan dövlətlərin vətəndaşlarının davamlı olaraq iqtisadi inkişafı, həyat səviyyəsinin yüksəldilməsi və maddi rifah halının yüksəldilməsi üçün münbit şərait yaratmaqdır.

Beynəlxalq ticarət əlaqələri dünya ölkələrinin iqtisadi inkişafında müstəsna rol oynayır. Bu, ölkələrə yalnız istehsal səmərəliliyini artırmağa deyil, həm də milli sərvətlərini və ÜDM səviyyəsini artırmağa təkan verir. 1990-cı illərdən sonra beynəlxalq qlobal iqtisadi mühitdə bir çox dəyişikliklər baş vermişdir. Dünyanın bir çox bölgəsi iqtisadi integrasiya prosesindədir və hər bir ölkə beynəlmillələşmə və qloballaşma ruhunda müxtəlif iqtisadi, ticarət məsələlərini və problemlərini fəal şəkildə müzakirə edir. Beynəlxalq ticarətin və iqtisadi əməkdaşlığın artım tempi ilə ölkələr arasında qarşılıqlı dinamik asılılıq

artır. Keçmiş Sovet İttifaqına daxil olan ölkələr də uzunmüddətli ticarət əlaqələrinə malikdirlər ki, bu onların ümumi iqtisadi inkişafına böyük töhfə vermişdir. Sovet İttifaqının dağılmasından bu yana otuz dörd ildən çox vaxt keçib. Bu regional hadisədən sonra 1991-ci ildə keçmiş üzvlər arasında iqtisadi, siyasi və hərbi əməkdaşlığı təşviq etmək üçün Müstəqil Dövlətlər Birliyi (MDB) yaradılmışdır. Eyni dövrdə müstəqil olmaqlarına baxmayaraq keçmiş Sovet İttifaqı ölkələri fərqli yollarla və müxtəlif səviyyədə inkişaf etmişdir. Postsovet ölkələri öz iqtisadiyyatlarını islah etmək və inkişaf etdirmək üçün müxtəlif modellərdən istifadə etmiş və beynəlxalq iqtisadi əlaqələrdə fərqli dərəcədə iştirakları olmuşdur. Keçmiş Sovet İttifaqının yeni müstəqil dövlətləri əsasən istehsalat sektorunu yaxşılaşdırmağa diqqət yetirməyə başladılar və kiçik və orta biznes sektorlarını inkişaf etdirmək üçün xarici investorları cəlb etdilər. Bu tendensiyalarla yanaşı, istehlak əmtəələrinin idxalı nəzərə cəpacaq dərəcədə artmışdır. Beynəlxalq Ticarət Mərkəzinin (ITC) statistik hesabatına əsasən, MDB ölkələrinin ümumi ixracının həcmi 1995-ci il ilə müqayisədə 2023-ci ildə 9 dəfə, idxal mallarının həcmi isə eyni dövrdə 7,5 dəfə artmışdır. Bununla yanaşı, MDB ölkələrinin xaricə ixracı və idxalı 2023-ci ildə ümumi ixrac və idxalın müvafiq olaraq 85%-ni və 77%-ni təşkil etmişdir (Şəkil 1).

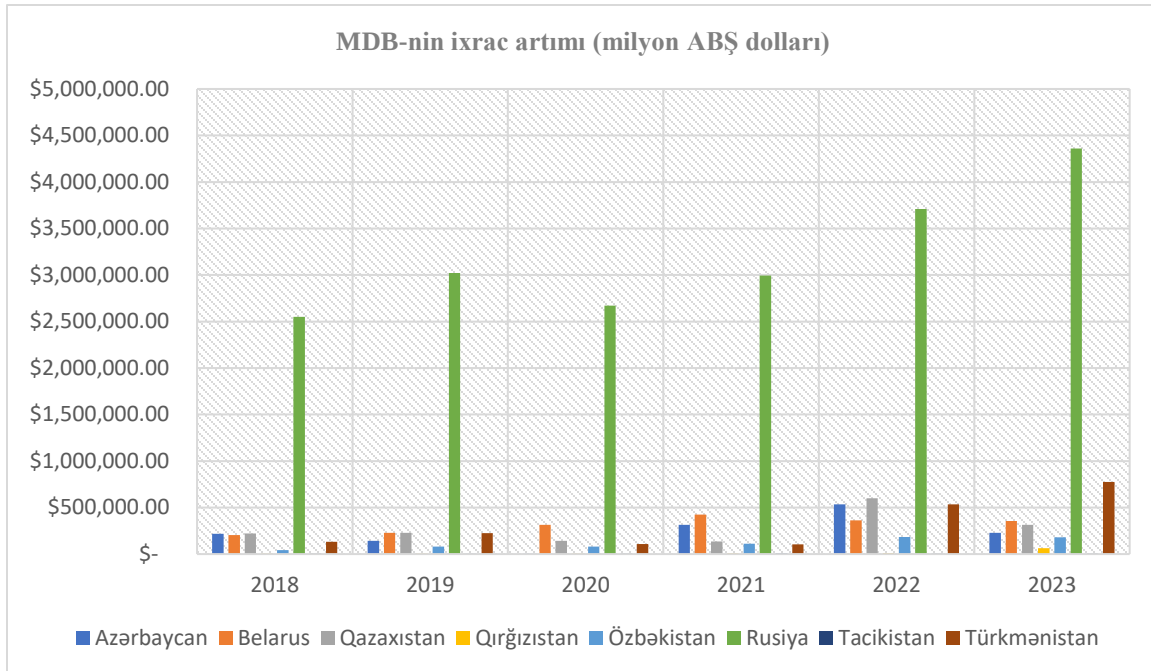


Şəkil 1. MDB-nin idxal artımı

Belarus, Qazaxıstan və Rusiya dövlət başçıları keçmiş Sovet İttifaqının ölkələri arasında iqtisadi münasibətləri gücləndirmək məqsədi ilə Avrasiya İqtisadi İttifaqı, Ümumi İqtisadi Məkan və Gömrük İttifaqının qurulması təşəbbüsünü önə sürmüşdülər. Bu təşkilatlar əmtəələrin idxal və ixracı üçün nisbətən sərfəli gömrük tariflərinin sadələşdirilməsinə və nəticədə MDB ölkələrində iqtisadi əlaqələrin integrasiyasının səviyyəsinin artmasına zamanla gətirib çıxarıb. Lakin MDB ölkələrinin iqtisadi inkişaf səviyyəsi müxtəliflik özündə əks etdirir. Beynəlxalq reytinglərdə lider vəziyyətdə Rusiya yer alır, sonra isə Qazaxıstan və Belarus gəlir. Bundan savayı Belarus, Qazaxıstan, Azərbaycan və Rusiya nisbətən yüksək integrasiya həmçinin ÜDM artımı göstəricilərini aşkar nümayiş etdirir. Azərbaycan, Qazaxıstan və Türkmənistan enerji resurslarından MDB-dən də əlavə ölkələrə ixrac olunması sayəsində ən uğurlu inkişafı əldə etmişdir. Bundan savayı, 2018-ci illərin başlanğıcında beynəlxalq miqyasda enerji tələbatı dünya üzrə kəskin olaraq artmışdır. Bu zamanda Azərbaycanda neftin istehsalında 3,2 dəfə, qazın istehsalında isə 2,9 dəfə artım qeydə alınmışdır. Qazaxıstanda uyğun olaraq xam neft istehsalı 2 dəfə, qaz hasilatı isə 2,9 dəfə artmışdır. Türkmənistanda qazın istehsalı 1,6 dəfə artmışdır. Yekun olaraq, 2023-ci ildə 2018-ci il ilə müqayisə olunanda Azərbaycan ÜDM-ni 3,5 dəfə, Qazaxıstan 2 dəfə, Türkmənistan isə 2,5 dəfə artırmışdır. Bəzi tədqiqatçılar beynəlxalq ticarət əlaqələrinin ölkələrin iqtisadiyyatına təsirini

aydın bilməkdən ötrü input-output modelindən istifadə etmişdir. Məsələn, tədqiqatçı Yi Ven iqtisadi input-output modelinə uyğun ABŞ, Çin, Yaponiya, Koreya ilə ASEAN ölkələrinin arasında beynəlxalq ticarət münasibətlərinin təsirlərini geniş təhlil etmişdir. Bu tədqiqat araşdırmalarında, o, beynəlxalq iqtisadi ticarət matrisindən uyğun şəkildə istifadə edərək, müvafiq dövrlər üçün 1991-2001 və 1998-2001-ci illər müddətində bu tərəflər arasında beynəlxalq ticarətin müxtəlif təsirlərini araşdırıb müəyyən etmişdir.

2022-ci ildə Azərbaycan Respublikasının ticarət ixrac məhsullarının dəyəri 2018-ci illə müqayisədə xeyli yuxarıda olmuşdur. 2018-ci ildən sonra əksər MDB ölkələrinin ticarət dövriyyəsi azalmağa başlamışdır. Lakin 2022-ci ildən sonra bu ölkələrin əksəriyyəti müsbət ticarət dövriyyəsini bərpa etmişdir (Şəkil 2).



Şəkil 2. MDB-nin ixrac artımı

Azərbaycan Respublikasının Şimal-Cənub nəqliyyat dəhlizində enerji yük daşıma potensialı, MDB ölkələri üçün çox əhəmiyyətli bir enerji təchizatçısına çevirilməsinə şərait yaradır. Azərbaycan, MDB ölkələri vətəndaşları üçün gələn turistik səfərlər üçün də cəlbedici bir diyardır. Ölkəmizin zəngin mədəniyyəti, mətbəxi, tarixi arxitektura abidələri, təbiətinin ecazkar gözəlliyi və sürətlə inkişaf etmiş infrastrukturunu turistləri daha da cəlb edir. Nəqliyyat sistemi isə turistlərin Azərbaycana daha rahat səyahət etməsini təmin edir. Azərbaycandan 2020-ci il ərzində MDB ölkələrinə 1,1 milyard ABŞ dolları dəyərində məhsul ixrac edilib ki, bu da 2019-cu ilə nisbətə 11,8 faiz çoxdur. Bu ölkələrdən Azərbaycana 2,3 milyard ABŞ dolları dəyərində məhsul idxal olunub ki, 2019 il ilə müqayisə olunarsa 18,2 faiz daha az olduğunu görürük. Belarusun ixracına gəldikdə isə, MDB ölkələri Belarusun məhsulları üçün əsas ixrac bazarı olaraq mövqeyini formalaşdırmışdır. Belarusun MDB ölkələrinə ixracı 2021-ci ildə 62%, 2023-ci ildə isə bir qədər azalaraq 54% təşkil etmişdir, MDB-dən kənar ölkələrə ixrac isə 38%-dən 56%-ə qədər dəyişmişdir. Azərbaycan Respublikası tərəfindən bütün MDB ölkələri (Ermənistan istisna olmaqla) ilə azad ticarət rejiminin əsası qoyulmuş, sərbəst şəkildə sərmayə üçün hüquqi baza müstəvisi tərtib olunmuşdur. Respublikamız barədə müvafiq informasiyalar “MDB iştirakçı dövlətləri işgüzar mühiti, investorlara verilən imtiyazlar, azad iqtisadi zonalar, sənaye və elmi-texniki parklar haqqında İcmal”a mütəmadi olaraq daxil edilir.” Ölkənin ticarət siyasəti haqqında icmalları müntəzəm olaraq hazırlanır, axırncı icmal 2023-ci ildə hazırlanaraq MDB-nin rəsmi internet sahifəsində yerləşdirilmişdir.

Azərbaycan Respublikasında kiçik və orta sahibkarlığın vəziyyətinə dair icmal 2024-cu ilin aprel ayında İqtisadiyyat Nazirliyi tərəfindən hazırlanaraq MDB İcraiyyə Komitəsinə göndərilmişdir.

İxrac məhsullarının ölkəsinin təyin edilməsi üzrə ekspertizaların aparılması, bu sahədə hazırkı milli qanunverici sənədlərinin, həmçinin Azərbaycanın tərəfdaş çıxdığı beynəlxalq saziş və müqavilələrin mükəmməlləşməsinə, yeni sənəd projektivlərinin hazırlanması yönündə Müstəqil Dövlətlər Birliyinin İcraiyyə Komitəsi ilə əməkdaşlıq münasibətləri qurulub. Belə ki, 20.11.2009-cu il tarixli MDB Hökumət başçıları Şurasının Yalta şəhərində keçirilən iclasında “Müstəqil Dövlətlər Birliyində malların mənşə ölkəsinin müəyyən edilməsi Qaydaları” barəsində memorandum imzalanmışdır. Qaydalar, Azərbaycanın Müstəqil Dövlətlər Birliyi ölkələri ilə imzaladığı ikitərəfli azad ticarət barəsində sazişlərin ayrılmaz tərkibi hissəsi olmaqla, məhsulların sərbəst şəkildə hərəkətinə və bəzi gömrük güzəştlərinin tətbiqinə zəmin yaradır və Azərbaycan mənşəli mallara idxal ölkəsində tətbiq olunacaq gömrük rüsumunu “sıfırlaşdırır”. Nəticədə, Azərbaycan mənşəli məhsulların ixracı üçün əlavə olaraq stimül yaratmışdır.

Son araşdırmalar əsasən ticarət artımı və inkişaf üstünlüklərinin təhlilinə istiqamətlənmişdir. Məsələn, Petra və Davor (2019) Xorvatiyada istehsalat sənayesinin ixrac artımı və inkişafını təhlil etmək üçün input-output modelindən istifadə etmişdir. Onlar istehsalat ixracının digər daxili sektorlara təsirini öyrənmək üçün input-output metodunu tətbiq etmiş və bunu Avropa İttifaqının digər ölkələri ilə müqayisə etməyə imkan tapmışdır. Araşdırmada müəyyən edilmişdir ki, Xorvatiya Avropa İttifaqına qoşulduqdan sonra istehsalat sənayesinin ixrac göstəriciləri əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşmışdır. Malların ixracı 2011-ci ildə təxminən 68,4 milyard dollar təşkil etdiyi halda, 2016-cı ildə bu göstərici 36,4 milyard dollar olmuşdur. Mütəxəssislər ixracın azalmasının bir neçə əsas səbəbini qeyd edirlər.

Qırğızıstan və Özbəkistanın MDB ölkələrinə ixrac payı 2018-2022-ci illər arasında müvafiq olaraq orta hesabla 45% və 34% təşkil etmişdir. Qazaxıstan, Moldovanın ixracının əsas hissəsi MDB-dən kənar ölkələrə yönəlmişdir. Rusiyanın MDB ölkələrinə ixrac payı dəyişməz qalmışdır. 2022-ci ildə Rusiyanın MDB ölkələrinə ixracı 12%, MDB-dən kənar ölkələrə isə 88% olmuşdur.

Cədvəl 1. Ümumi ixracda MDB və MDB-dən kənar ölkələrin payı (%)

Ölkələr	Resurs	Paytaxt	Digər
Azərbaycan	93.4	4.4	0.1
Belarus	18.2	22.1	23.5
Rusiya	66.5	10.0	13.8
Qazaxıstan	86.2	4.8	0.1
Qırğızıstan	65.5	11.5	0.9
Moldova	69.2	5.3	0.3
Ermənistan	89.3	3.1	3.7
Orta hesabla	66.6	11.1	4.9

Nəticə. Bu məqalədə, Sovet İttifaqının dağılmasından sonra MDB ölkələri arasında beynəlxalq ticarət əlaqələrinin effektləri qeydə alınır. Bizim analizimiz göstərir ki, Sovet İttifaqının dağılmasından sonra MDB ölkələri arasında qarşılıqlı ixrac nisbəti azalmış, lakin MDB xaricindəki ölkələrlə beynəlxalq ticarət müzakirə olunan dövrdə artmışdır. Xarici ölkələrlə bu uğurlu ticarətin əsas səbəbi dünya əmtəə qiymətlərinin daha uyğun olmasıdır. Mineral resursların üçün yüksək dünya qiymətləri, MDB ölkələrinin bu malları MDB regionu xaricində ixrac etməklə daha çox qazanc əldə etmələrinə şərait yaratmışdır.

Hesabatımıza əsasən, Rusiya, bu ölkələr arasında yüksək ticarət həcminə malikdir və demək olar ki, bütün MDB ölkələrində ən böyük beynəlxalq ticarət təşviq etmə əmsalına sahibdir. Yüksək ticarət təşviq etmə əmsalları Qazaxıstan, Belarus, Azərbaycan, Qırğızıstan və Özbəkistanda qeydə alınmışdır. Qazaxıstan, 3 Mərkəzi Asiya ölkəsində ən yüksək ticarət təşviq etmə əmsallarını göstərir və bu rəqəmlər bizə nəticə çıxarmağa kömək etdi ki, son illərdə Qazaxıstan, Mərkəzi Asiyada qonşu ölkələrdən daha çox ticarət etmişdir.

Ədəbiyyat

- [1] Gluschenko, Konstantin. 2006. Russia's Common Market Takes Shape: Price Convergence and Market Integration among Russian Regions, BOFIT Discussion Paper No. (7/2006)
- [2] Greenwald, Bruce and Joseph E. Stiglitz. 2006. Helping Infant Economies Grow: Foundations of Trade Policies for Developing Countries, *American Economic Review*, 96(2), pp. 141-146.
- [3] Hummels, David and Peter J. Klenow. 2005. The Variety and Quality of a Nation's Exports, *American Economic Review*, 95 (June), pp.704-723.
- [4] Popov, Vladimir. 2006. Why Shock Therapy May Lead to Worse Performance Than Gradual Transition, *Beyond Transition*, 17(1), pp. 14-15.
- [5] <https://www.researchgate.net>
- [6] <https://ageconsearch.umn.edu>
- [7] <https://www.stat.gov.az/source/trade/>

ANALYSIS STRUCTURE OF TRADE DEPENDENCE OF CIS COUNTRIES

Hasanli S.T., Najafova V.G.

Abstract. This article analyzes trade dependence among the Commonwealth of Independent States (CIS) countries using the latest international trade matrix for the period 1995–2023. Russia exhibits the highest trade impact coefficients throughout the period and has the largest impact and contribution to the trade of other CIS members. Kazakhstan and have high trade impact coefficients, indicator decreases after 2014. Belarus, Kyrgyzstan, Tajikistan, and Uzbekistan have the highest trade sensitivity coefficients throughout the period. The trade structure test, which combines trade impact and sensitivity coefficients, shows that if in the 1990s Russia was the only country in the CIS with an independent trade structure, in 2022 Kazakhstan also moved to an independent trade structure alongside Russia. In 2022, all other countries within the CIS, except Azerbaijan, dependent trade structure. Uzbekistan, on the other hand, is in a transition phase between enhanced and dependent trade.

Keywords: input-output model, trade dependency, trade matrix, trade sensitivity, and impact coefficients.



AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI VƏ TÜRKDİLLİ DÖVLƏTLƏR ARASINDA XARİCİ TİCARƏT DÖVRİYYƏSİ DİNAMİKASI TƏHLİLİ

Səfərov M.T.

metin.seferov.03@mail.ru

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Məqalədə Azərbaycan Respublikası və türkdilli dövlətlər arasında xarici ticarət dövriyyəsi, tarixən möhkəm iqtisadi əlaqələr və günümüzdəki bu əlaqələr bəhs edilir. Əsas ticarət partnyorları arasında Türkiyə, Qazaxıstan, Özbəkistan, Türkmənistan və Qırğızıstan yer alır. Bu dövlətlər arasında ticarət əsasən enerji, kənd təsərrüfatı məhsulları, maşınqayırma və tikinti materialları ilə bağlıdır.

Türkdilli ölkələr arasında ticarət əlaqələrinin artırılması üçün infrastruktur layihələri, ortaq istehsal və sənaye sahələrinin inkişafı, habelə ticarət asanlaşdırılması kimi sahələrdə əməkdaşlıq imkanları mövcuddur. Bu əlaqələr həm regional iqtisadi inkişafı, həm də yeni bazar imkanlarını təmin edir. Gələcəkdə bu dövriyyənin daha da artması gözlənilir, xüsusən də Türk Dövlətləri Təşkilatının fəaliyyətinin güclənməsi ilə.

Açar sözlər: ticarət dövriyyəsi, inkişaf dinamikası, iqtisadi əlaqələr.

Giriş. Azərbaycan Respublikası ilə türkdilli dövlətlər arasında xarici ticarət dövriyyəsi, strateji və mədəni əlaqələrin mühüm tərkib hissəsini təşkil edir. Coğrafi yaxınlıq, ortaq tarix, dil və mədəniyyət kimi amillər bu əlaqələrin inkişafında xüsusi rol oynayır. Azərbaycan, enerji ehtiyatları, kənd təsərrüfatı məhsulları və sənaye mallarının ixracı ilə yanaşı, türkdilli dövlətlərdən maşınqayırma, tekstil, ərzaq məhsulları və texnologiya kimi sahələrdə idxal da həyata keçirir. Xüsusilə enerji sektoru, neft və qaz məhsulları, həmçinin nəqliyyat və logistika sahələrində əməkdaşlıq əlaqələri iqtisadi integrasiyanın əsas istiqamətlərindəndir. Türk Şurası və digər regional təşkilatlar bu əməkdaşlığın gücləndirilməsində mühüm rol oynayır. Ümumilikdə, Azərbaycan və türkdilli dövlətlər arasında xarici ticarət dövriyyəsi sadəcə iqtisadi əlaqələr deyil, həm də qardaş xalqların iqtisadi və mədəni integrasiyasını daha da gücləndirən əsas vasitələrdən biridir.

Metodlar.

1. Enerji sektoru.

Türkdilli dövlətlərlə Azərbaycanın əməkdaşlığının əsas hissəsini enerji sektoru təşkil edir. Bu sektorun spesifik statistikasi və təhlili:

TANAP və TAP:

- TANAP (Trans-Anadolu Təbii Qaz Boru Kəməri) ilə ildə təxminən 16 milyard kubmetr təbii qaz ötürülür.
- Bunun 6 milyard kubmetri Türkiyə bazarına yönəlik.
- Qalan 10 milyard kubmetr qaz Avropaya TAP (Trans-Adriatik Boru Kəməri) vasitəsilə nəql olunur.

Qazaxıstan və Türkmənistan Əməkdaşlığı:

- Qazaxıstan və Türkmənistan Azərbaycanın enerji ixracında tranzit rol oynayır.
- Xəzər dənizi vasitəsilə neft daşımaları ildə təxminən 4 milyon ton təşkil edir.

2. Kənd təsərrüfatı

Azərbaycanın kənd təsərrüfatı məhsullarının türkdilli dövlətlərə ixracı son illərdə artım nümayiş etdirir:

Əsas Məhsullar:

- İxrac:
 - Pomidor, meyvə (xurma, nar), pambıq və fındıq.
 - 2023-cü ildə Azərbaycandan Türkiyəyə pomidor ixracı \$180 milyon ABŞ dolları təşkil etmişdir.

- İdxal:
 - Qazaxıstandan taxıl idxalı (ildə 1.2 milyon ton).
 - Türkmənistandan pambıq və pambıq məhsulları.

Yeni Layihələr:

- Azərbaycan və Özbəkistan arasında kənd təsərrüfatı texnologiyaları sahəsində əməkdaşlıq müqavilələri bağlanıb.

3. Sənaye və Texnologiya

Türkdilli dövlətlər arasında sənaye məhsullarının ticarəti və texnologiya sahəsində əməkdaşlıq sürətlə inkişaf edir:

Azərbaycanın ixracı:

- Neft-kimya məhsulları: SOCAR Polimer zavodunun istehsalı olan polipropilen və polietilen məhsulları.
- Tikinti materialları: Azərbaycandan Türkiyəyə sement ixracı ildə 300 min ton təşkil edir.

Türkdilli Dövlətlərdən idxal:

- Türkiyədən yüksək texnologiyalı məhsullar (elektrik cihazları, avtomobil hissələri).
- Özbəkistandan tekstil məhsulları və pambıq.

4. Nəqliyyat və Logistika

Orta Dəhliz (Transxəzər Beynəlxalq Nəqliyyat Marşrutu):

- Yük dövriyyəsi: 2023-cü ildə marşrut üzrə daşımalar 25% artaraq 8 milyon ton yük təşkil etmişdir.
- Əsas məhsullar:
 - Qazaxıstandan taxıl və metallar.
 - Türkmənistandan enerji və tekstil məhsulları.

Azərbaycan Dəmir Yolları:

- Bakı-Tbilisi-Qars (BTQ) dəmir yolu xətti vasitəsilə ildə 5 milyon ton yük daşınır.

5. Gələcək İstiqamətlər

Rəqəmsal ticarət:

- 2025-ci ilədək Azərbaycan və türkdilli dövlətlər arasında elektron ticarət platformalarının yaradılması planlaşdırılır.
- Azərbaycan, Türkiyə və Qazaxıstan arasında rəqəmsal ödəmə sistemlərinin birləşdirilməsi üçün layihə hazırlanır.

Yaşıl Enerji:

- Türkdilli dövlətlər arasında külək və günəş enerjisindən istifadə üzrə ortaq investisiya layihələri həyata keçirilir.
- Azərbaycanın Qarabağ bölgəsində planlaşdırılan 240 MW gücündə günəş elektrik stansiyası bu əməkdaşlığa nümunədir.

6. Ətraflı Statistik Məlumatları aşağıdakı cədvəldən (Cədvəl 1) görmək mümkündür:

Sektor	İxrac (\$ milyon)	İdxal (\$ milyon)	Əsas Tərəfdaş Dövlətlər
Enerji	3500	500	Türkiyə, Türkmənistan
Kənd Təsərrüfatı	1200	900	Qazaxıstan, Özbəkistan, Türkmənistan
Sənaye	1800	1400	Türkiyə, Qırğızıstan, Özbəkistan
Nəqliyyat	1000	700	Qazaxıstan, Türkmənistan

Noyabrın 11-də İstanbul şəhərində postsovet məkanındakı türkdilli ölkələrin müstəqilliyinin 30 illik yubileyinə həsr olunmuş “Türkiyə - Türk Dövlətləri: İqtisadiyyat və Ticarət Konfransı” təşkil olunub. Tədbirdə türkdilli ölkələrin nazirləri, sahibkarları, startap rəhbərləri iştirak ediblər.

Azərbaycanın iqtisadiyyat naziri Mikayıl Cəbbarov çıxışında tədbirin türkdilli dövlətlər arasında iqtisadi və ticarət əlaqələrinin genişləndirilməsində, nəqliyyat-tranzit, sərmayə qoyuluşu, “yaşıl” və dairəvi iqtisadiyyatın inkişafı, iqlim dəyişikliyinə qarşı mübarizə, rəqəmsallaşma və müasir tələblərə uyğun insan resurslarının inkişaf etdirilməsi sahələrində faydalı olacağını vurğulayıb. Nazir, həmçinin türkdilli dövlətlərin müstəqilliklərinin 30-cu ildönümü münasibətilə təbriklərini çatdırıb, əlaqələrin inkişafında ortaq tarix, mədəniyyət, dəyərlər və Türkdilli Dövlətlərin Əməkdaşlıq Şurası kimi beynəlxalq təşkilatların əhəmiyyətini qeyd edib.

Nazir bildirib ki, Türk İnvestisiya Fondunun və Türk Ticarət Evinin yaradılması kimi təşəbbüslər iqtisadi və ticarət əməkdaşlığının gücləndirilməsində mühüm rol oynaya bilər. Həmçinin vurğulanıb ki, 2021-ci ilin ilk 9 ayında Azərbaycanın türkdilli ölkələrə qeyri-neft sektoru üzrə ixracı əvvəlki ilin eyni dövrü ilə müqayisədə 80%-dən çox artmış və ölkənin qeyri-neft ixracında 28%-lik paya sahib olmuşdur. Ümumilikdə, indiyə qədər Azərbaycan iqtisadiyyatına türkdilli ölkələrdən 13,3 milyard ABŞ dolları həcmində sərmayə qoyulub. Ticarət sahəsində mövcud məhdudiyyətlərin aradan qaldırılması istiqamətində işlər davam etdirilir.

Konfransda Azərbaycanın müstəqilliyinin bərpasından bu yana həyata keçirilən islahatlar, yaradılmış əlverişli sərmayə və biznes mühiti, 2030-cu ilədək sosial-iqtisadi inkişaf üçün müəyyən edilmiş Milli Prioritetlər haqqında məlumat verilib. Qeyd olunub ki, müstəqillik dövründə ölkə iqtisadiyyatına 300 milyard ABŞ dollarına yaxın investisiya yatırılıb, bunun yarısından çoxu isə xarici sərmayələrdir. Cənubi Qafqaz iqtisadiyyatının təqribən 60%-i Azərbaycanın payına düşür. Nazir Azərbaycanın Vətən müharibəsində əldə etdiyi tarixi Qələbəni vurğulayıb və azad olunmuş ərazilərdə aparılan yenidənqurma işlərindən, regional infrastruktur layihələrindən bəhs edib. Qarabağa Böyük Qayıdış çərçivəsində həyata keçirilən işlər, Ağdam və “Araz Vadisi İqtisadi Zonası” sənaye parklarının yaradılması, Füzuli Beynəlxalq Hava Limanının açılışı və Zəngəzur dəhlizinin perspektivləri regionda biznes və sərmayə marağını artırır və türkdilli dövlətlər üçün yeni əməkdaşlıq imkanları yaradır.

Nazir əlavə edib ki, Azərbaycan Qarabağda həyata keçirilən layihələrə dost ölkələrdən sərmayələrin cəlb olunmasında maraqlıdır və türkdilli dövlətlərin bu prosesdə iştirakı ümumi potensialımızı artıraraq regional əməkdaşlığı və sabitliyi daha da gücləndirəcəkdir. Azərbaycan nəqliyyat və tranzit potensialının artırılması istiqamətində ardıcıl işlər görür və bu sahədə türkdilli ölkələrlə qarşılıqlı faydalı əməkdaşlıq mühüm əhəmiyyət daşıyır. Bu baxımdan, Konfrans möhkəm platformadır.

Tədbir çərçivəsində panel müzakirələr aparılıb və türkdilli ölkələr arasında ticarət, kiçik və orta sahibkarlıq, sərmayələr, tranzit daşımaları sahəsində əməkdaşlığın inkişafı mövzuları müzakirə edilib. İştirakçılar maraqlandıran suallara cavab verilib.

Konfransda Özbəkistanın Baş nazirinin müavini, sərmayələr və xarici ticarət naziri Sardor Umurzakov, Türkiyənin ticarət naziri Mehmet Muş, Qazaxıstanın milli iqtisadiyyat naziri Aset İrgaliyev, Qırğızıstan Respublikasının iqtisadiyyat və ticarət naziri Daniyar Amangeldiyev, Türkiyənin Xarici İqtisadi Əlaqələr Şurasının prezidenti Nail Olpak, Türk Ticarət və Sənaye Palatasının prezidenti Rifat Hisarcıklıoğlu çıxış ediblər. Türkdilli Dövlətlərin Əməkdaşlıq Şurasının baş katibi Bağdad Amreyev isə iştirakçılara videomüraciət ünvanlayıb.

Tədbir çərçivəsində Azərbaycanın iqtisadiyyat naziri Mikayıl Cəbbarov ilə Türkiyənin ticarət naziri Mehmet Muş arasında ikitərəfli görüş keçirilib.

Nazir Mikayıl Cəbbarov ölkələrimiz arasındakı yüksək səviyyəli strateji tərəfdaşlıq, qardaş Türkiyə ilə sıx dostluq əlaqələrini və Türkiyənin Azərbaycana göstərdiyi davamlı siyasi və mənəvi dəstəyi

vurğulayıb. O qeyd edib ki, Azərbaycan və Türkiyə arasında imzalanmış Preferensial Ticarət Sazişi, aprelin 1-dən qüvvəyə minərək ikitərəfli ticarət əlaqələrinin genişləndirilməsi üçün əlavə imkanlar yaradır. Həmçinin, Türkiyə iş adamlarının Azərbaycana sərmayə qoymaq marağının artması təqdirəlayiqdir və Azərbaycan bu təşəbbüslərə dəstək göstərir.

Türkiyənin ticarət naziri Mehmet Muş da öz növbəsində ölkələrimiz arasında mövcud dostluq və qardaşlıq münasibətlərini, strateji müttəfiqliyi vurğulayıb və iqtisadi-ticarət əlaqələrinin inkişafı ilə bağlı fikirlərini bölüşüb.

Görüşdə nəqliyyat-tranzit, sənaye, özəl sektor və digər sahələrdə əməkdaşlığın genişləndirilməsi, eləcə də bu ilin dekabrında Bakıda keçiriləcək Azərbaycan-Türkiyə-Gürcüstan biznes forumu və azad olunmuş ərazilərdə həyata keçirilən layihələrdə Türkiyə şirkətlərinin fəal iştirakı müzakirə edilib.

Cədvəl 1. Mərkəzi Asiya və Türkiyə ilə ticarət dövriyyəsinin illik analizi (2013-2023)

Ölkələr	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Qazaxıstan	370997,6	250.895,6	116883,4	124391,3	142099,9	220744,7	229601,8	142027,5	134740,3	598421,3	314142,4
Qırğızıstan	14528	27502,9	8165,2	6725,2	1760,2	6082,8	5801,3	5417,2	9018	10810,2	64978,3
Özbəkistan	21447,9	61512,2	17041,4	15329,2	15329,2	43948,4	81962,8	82292,4	111903,5	183305,4	178771,7
Türkmənistan	88152,4	51201,2	52433,9	152276	164135,7	133042,7	225652,1	108651,5	105023,6	535177,2	773908,1
Türkiyə	1989790,7	1789134,2	2648642,1	2367241,2	2667578,7	3402809,7	4509568,9	4160266,4	4661792,7	5842495	7650599,5

Nəticə və müzakirələr. Azərbaycan və türkdilli dövlətlər arasında xarici ticarət dövriyyəsi artan tempdə inkişaf etməkdədir. Bu əlaqələr yalnız iqtisadi deyil, həm də mədəni və siyasi əməkdaşlığın gücləndirilməsi üçün vacibdir. Həmçinin, Azərbaycanın regional nəqliyyat infrastrukturunu və logistika sahəsindəki mövqeyi, bu ticarət əlaqələrinin daha da genişlənməsinə imkan verir.

Təkliflər. Azərbaycan Respublikası və türkdilli dövlətlər arasında xarici ticarət dövriyyəsinin artırılması və əlaqələrin gücləndirilməsi məqsədilə bir neçə təklif irəli sürə bilərik:

1. Ticarət Asanlaşdırılması və Aydınlaşdırılması:
 - Ticarət maneələrinin azaldılması: İdxal və ixrac prosedurlarının sadələşdirilməsi, gömrük prosedurlarının daha şəffaf və sürətli olması təmin edilməlidir.
 - Birgə Ticarət Mərkəzləri: Türkdilli dövlətlər arasında birgə ticarət və loqistika mərkəzlərinin yaradılması ticarət əlaqələrinin asanlaşdırılmasına və ticarət həcmının artmasına kömək edə bilər.
2. İnfrastruktur və Nəqliyyat əlaqələrinin gücləndirilməsi:
 - Nəqliyyat dəhlizlərinin inkişafı: Azərbaycan, Xəzər dənizi və dəmir yolu şəbəkəsini gücləndirərək, Türkdilli dövlətlər arasında ticarət yolunun daha da qısaldılmasına və ucuzlaşdırılmasına imkan verə bilər.
 - Dəmir yolu və avtomobil yolları: Nəqliyyat infrastrukturunun təkmilləşdirilməsi, xüsusilə dəmiryolu və yol şəbəkələrinin birləşdirilməsi, ticarətin sürətini artıracaq və loqistik xərcləri azaldacaq.
3. İxracın Artırılması:
 - Qeyri-neft məhsullarının ixracının təşviqi: Azərbaycan qeyri-neft sektorunda (kənd təsərrüfatı, tekstil, avtomobil sənayesi və s.) yeni məhsulların istehsalını artırmalı və bu məhsulların türkdilli dövlətlərə ixracını təşviq etməlidir.
 - Birgə istehsal layihələri: Türkdilli ölkələrlə birgə istehsal layihələrinin qurulması, məhsulların daha geniş bazarlara təqdim edilməsinə kömək edə bilər.

Bu təkliflər, Azərbaycan və türkdilli dövlətlər arasında daha sıx iqtisadi əlaqələr qurmağa və ticarət dövriyyəsini artırmağa kömək edə bilər.

Ədəbiyyat

- [1] <https://www.stat.gov.az/source/trade/>
- [2] https://www.elibrary.az/docs/QAZET/qzt2018_765.htm
- [3] “İqtisadi islahatlar” elmi-analitik jurnal № 2(3)
- [4] [https:// www.statistica.com](https://www.statistica.com)

ANALYSIS OF THE DYNAMICS OF FOREIGN TRADE TURNOVER BETWEEN THE REPUBLIC OF AZERBAIJAN AND TURKISH-SPEAKING COUNTRIES

Safarov M.T.

Abstract. The article discusses the foreign trade turnover between the Republic of Azerbaijan and the Turkic-speaking countries, historically strong economic relations and these relations today. The main trade partners include Turkey, Kazakhstan, Uzbekistan, Turkmenistan and Kyrgyzstan. Trade between these countries is mainly related to energy, agricultural products, mechanical engineering and construction materials.

There are opportunities for cooperation in such areas as infrastructure projects, development of joint production and industrial sectors, as well as trade facilitation to increase trade relations between the Turkic-speaking countries. These relations provide both regional economic development and new market opportunities. This turnover is expected to increase further in the future, especially with the strengthening of the activities of the Organization of Turkic States.

Keywords: international trade, development dynamics, economic relations.



HEYDƏR ƏLİYEV BEYNƏLXALQ HAVA LİMANININ YENİ NƏQLİYYAT TEKNOLOGİYALARININ TƏTBİQİ KONTEKSTİNDƏ İNKİŞAF PERSPEKTİVLƏRİ

Məmmədov Ş.F., Mirzəyev F.M.

samxal.mammadov@gmail.com

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Heydər Əliyev Beynəlxalq Aeroportu Azərbaycanın iqtisadi və sosial inkişafında mühüm rol oynayır. Strateji mövqeyi və müasir infrastruktur imkanlarına sahib olan hava limanı sərnəşin axınının idarə olunmasını təkmilləşdirmək və qlobal hava daşımlarında iştirakını payını genişləndirmək məqsədini güdür. Rəqəmsal transformasiyanın tətbiqi istiqamətində atılan addımların nəticəsi olaraq hava limanında özünəxidmət qeydiyyat sistemləri tətbiq edilmiş, biometrik identifikasiya texnologiyalarının təkmilləşdirilməsi üzrə işlər aparılmaqdadır. Həmçinin daxili layihələr çərçivəsində sərnəşinlərin daha sürətli və rahat qeydiyyatını təmin etmək üçün müasir özünəxidmət köşkləri və baqaj təhvilə məntəqələri istifadəyə verilmişdir. Bundan əlavə, təhlükəsizlik xidmətinin keyfiyyətini və əməliyyat səmərəliliyini artırmaq məqsədilə baqaj idarəetmə sistemi (BHS) yenilənmiş, yeni tomoqraflar quraşdırılmışdır.

Heydər Əliyev Beynəlxalq Aeroportunda ekoloji davamlılığın artırılması istiqamətində də bir sıra tədbirlər həyata keçirilir. Bu çərçivədə günəş enerjisindən istifadə, karbon emissiyasının azaldılması və digər ekoloji təşəbbüslər icra edilir. Əməliyyatların daha səmərəli idarə olunması məqsədilə Aeroportda Birgə Qərarların Qəbul Edilməsi (A-CDM) sisteminin tətbiqi planlaşdırılır ki, bu da koordinasiya və idarəetmə proseslərinin səmərəliliyinin artırılmasına xidmət edəcək. Beynəlxalq Mülki Aviasiya Təşkilatının (ICAO) standartlarına uyğun hazırlanmış Heydər Əliyev Beynəlxalq Aeroportunun Baş Planı hava limanının uzunmüddətli inkişaf strategiyasını müəyyən edir. Heydər Əliyev Beynəlxalq Hava Limanı "Airports Council International" (ACI) təşkilatına üzv olmaqla qlobal standartlara uyğun fəaliyyət göstərir və karbon emissiyalarının azaldılması istiqamətində "Airport Carbon Accreditation" (ACA) proqramının ikinci səviyyəsini təmin etmişdir. Hazırda bu proqramın üçüncü səviyyəyə keçid üçün hazırlıq işlərini davam edir.

Infrastrukturun uyğunlaşdırılması, investisiya xərcləri və normativ tələblərə cavab vermək kimi çətinliklərə baxmayaraq, hava limanı beynəlxalq təcrübədən yararlanaraq və qabaqcıl hava limanları ilə əməkdaşlıq edərək bu problemlərin həlli istiqamətində uğurla fəaliyyət göstərir. İnnovativ nəqliyyat texnologiyalarının tətbiqi Heydər Əliyev Beynəlxalq Hava Limanının qlobal aviasiya bazarındakı mövqeyini gücləndirəcək, xidmət keyfiyyətini artıracaq və onun uzunmüddətli dayanıqlı inkişaf məqsədlərinə töhfə verəcəkdir.

Açar sözlər: aeroport, layihə, texnologiya, karbon emissiyası, rəqəmsal transformasiya.

Giriş. Heydər Əliyev Beynəlxalq Hava Limanı Azərbaycanın hava nəqliyyatı sistemində mühüm rol oynayaraq, ölkənin iqtisadi və sosial inkişafına əhəmiyyətli töhfə verir. Geostrateji mövqeyi və müasir infrastrukturunu ilə liman, regionda beynəlxalq aviasiya əlaqələrinin inkişafında əsas mərkəzlərdən biri kimi çıxış edir. Azərbaycanın tranzit potensialının artırılması, qlobal hava yük daşımlarında iştirakının genişləndirilməsi və sərnəşin axınının effektiv idarə olunması baxımından hava limanının inkişafı mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Qlobal aviasiya sənayesində müşahidə olunan texnoloji tərəqqi və innovativ yanaşmalar hava limanının fəaliyyətində yeni imkanlar açır və onun gələcək inkişaf strategiyasına təsir göstərir.

Son illərdə dünyada hava nəqliyyatı sahəsində müşahidə olunan inkişaf tendensiyaları, rəqəmsallaşma, avtomatlaşdırma və ekoloji davamlılıq kimi amilləri ön plana çıxarır. Heydər Əliyev Beynəlxalq Hava Limanı da bu tendensiyalardan geri qalmamaq üçün müasir nəqliyyat

texnologiyalarının tətbiqini prioritet məsələlərdən biri kimi qəbul edir. Limanın strateji inkişaf planında innovativ texnologiyaların tətbiqi ilə sərnəşin və yük daşımalarında effektivliyin artırılması, xidmət keyfiyyətinin yüksəldilməsi və əməliyyat xərclərinin optimallaşdırılması nəzərdə tutulur. Yeni texnologiyalar hava limanının idarəetmə və əməliyyat sistemlərini daha çevik və səmərəli etməklə, beynəlxalq aviasiya bazarında mövqeyini möhkəmləndirəcək.

Metodlar. Müasir hava limanlarında tətbiq edilən yeni nəqliyyat texnologiyaları müxtəlif istiqamətləri əhatə edir. Bunlara sərnəşin axınının idarə edilməsi üçün süni intellekt əsaslı sistemlər, avtonom yerüstü nəqliyyat vasitələri, avtomatlaşdırılmış yük və baqaj emalı prosesləri, biometrik identifikasiya sistemləri və yaşıl texnologiyaların tətbiqi daxildir. Heydər Əliyev Beynəlxalq Hava Limanı da bu texnologiyalardan istifadə edərək, sərnəşinlərə daha sürətli və rahat xidmət təqdim etmək, əməliyyat proseslərini optimallaşdırmaq və aviasiya sektorunda dayanıqlı inkişaf prinsiplərinə uyğun fəaliyyət göstərmək niyyətindədir.

Bununla yanaşı, yeni nəqliyyat texnologiyalarının tətbiqi hava limanının əməliyyat mühitini daha təhlükəsiz və etibarlı hala gətirmək potensialına malikdir. İntellektual idarəetmə sistemləri vasitəsilə uçuşların planlaşdırılması və yer xidmətlərinin koordinasiyası daha səmərəli şəkildə həyata keçirilə bilər. Əlavə olaraq, ətraf mühitin qorunması və karbon emissiyasının azaldılması məqsədilə elektrik və hibrid nəqliyyat vasitələrinin istifadəsi də mühüm prioritetlərdən biri kimi müəyyən edilib.

Nəticə və müzakirələr. Yeni texnologiyaların tətbiqi ilə yanaşı, bəzi çağırışlar da meydana çıxır. Bunlara yüksək investisiya tələbləri, infrastrukturun uyğunlaşdırılması, texniki kadr hazırlığı və hüquqi tənzimləmə məsələləri daxildir. Heydər Əliyev Beynəlxalq Hava Limanının bu məsələləri uğurla həll etmək üçün beynəlxalq təcrübədən yararlanması və qabaqcıl hava limanları ilə əməkdaşlıq etməsi vacibdir.

Bu yeniliklər hava limanının dayanıqlı inkişafını təmin etməklə yanaşı, Azərbaycanın beynəlxalq hava nəqliyyatı bazarındakı rolunu daha da gücləndirəcək. Beləliklə, Heydər Əliyev Beynəlxalq Hava Limanı yeni nəqliyyat texnologiyalarının tətbiqi ilə qlobal aviasiya sektorundakı mövqeyini möhkəmləndirəcək və sərnəşinlərin, eləcə də yükdaşımaların daha sürətli və təhlükəsiz şəkildə həyata keçirilməsini təmin edəcək.

Heydər Əliyev Beynəlxalq Hava Limanında yeni nəqliyyat texnologiyalarının tətbiqi, əməliyyat səmərəliliyinin artırılması və sərnəşin təcrübəsinin yaxşılaşdırılması baxımından mühüm əhəmiyyət daşıyır. Bu texnologiyalar hava limanının fəaliyyətini daha çevik və dayanıqlı etməklə yanaşı, xidmət keyfiyyətinin artırılmasına və əməliyyat xərclərinin optimallaşdırılmasına imkan yaradır. Əsas yeni nəqliyyat texnologiyaları aşağıdakı sahələri əhatə edir:

- Heydər Əliyev Beynəlxalq Aeroportunun Baş Planının (Master Plan) hazırlanması: Aeroportun uzunmüddətli inkişaf strategiyasını müəyyən edən bu plan, infrastrukturun genişləndirilməsi, xidmətlərin optimallaşdırılması və sərnəşin təcrübəsinin təkmilləşdirilməsini əhatə edir [1]. Hava limanının baş planları, ICAO-nun hava limanı infrastrukturunun mühüm rol oynadığı qlobal mülki aviasiya sisteminin potensialını və səmərəliliyini artırmaq kimi strateji məqsədini dəstəkləyir. ICAO-nun tövsiyələrinə əsasən, bütün hava limanları gələcək infrastruktur inkişafı proqramlarını məntiqi, davamlı və səmərəli şəkildə istiqamətləndirmək üçün master plan hazırlamalıdır [2].
- Rəqəmsal transformasiya: Özünü qeydiyyat (self check-in), baqaj təhvil xidmətləri (self baggage drop-off) və biometrik həllər (Travel One-ID) vasitəsilə sərnəşinlərə daha sürətli və rahat xidmətlər təqdim edilir. Bu texnologiyalar sərnəşin axınının effektiv idarə olunmasını və gözləmə müddətinin minimuma endirilməsini təmin edir.
- Avtomatlaşdırılmış baqaj idarəetmə sistemləri: Gediş baqaj zonasında tomoqrafların yenilənməsi və faktiki baqaj sistemi ilə inteqrasiyası, eləcə də gəliş zonasında baqajlara baxış üçün X-Ray-lərin yenilənməsi və eyni formada baqaj sistemi ilə inteqrasiyası həyata keçirilir. Bu yeniliklər baqaj yoxlanış prosesinin sürətləndirilməsinə və hava limanının ümumi yükləmə qabiliyyətinin artırılmasına imkan yaradır.

- A-CDM-in təkmilləşdirilməsi: Aeroport əməkdaşlığını və məlumat mübadiləsini gücləndirən A-CDM (Airport Collaborative Decision Making) sisteminin tətbiqi, əməliyyat proseslərinin daha dəqiq və effektiv şəkildə idarə olunmasına imkan yaradır [3].
- Terminal ərazisində günəş panellərinin quraşdırılması: Yaşıl enerji mənbələrinin istifadəsi hava limanının enerji sərfini azaltmaqla yanaşı, ekoloji dayanıqlılığını artırmağa kömək edir [4].
- ACI üzvlüyü: Heydər Əliyev Beynəlxalq Hava Limanı, Airports Council International (ACI) təşkilatına üzv olmaqla qlobal aviasiya standartlarına uyğun fəaliyyət göstərir və beynəlxalq əməkdaşlıq imkanlarını genişləndirir [5].
- ACA karbon emissiyası: Aeroportun karbon emissiyası səviyyəsinin azaldılması məqsədilə ACA (Airport Carbon Accreditation) proqramının 2-ci səviyyəsi əldə olunub və 3-cü səviyyəyə keçid üçün hazırlıq işləri aparılır [6].

Heydər Əliyev Beynəlxalq Hava Limanında yeni nəqliyyat texnologiyalarının tətbiqi, hava limanının strateji inkişaf planının vacib hissəsidir. Bu yeniliklər, əməliyyat səmərəliliyinin artırılması, sərnəşin məmnuniyyətinin yüksəldilməsi və ekoloji dayanıqlılığın təmin edilməsi istiqamətində əhəmiyyətli irəliləyişlərə nail olmağa imkan verir. Hava limanında həyata keçirilən rəqəmsal transformasiya və infraqstruktura edilən investisiyalar nəticəsində, fəaliyyət proseslərinin daha sürətli və dəqiq şəkildə idarə olunması mümkün olacaqdır.

Eyni zamanda, hava limanının qlobal aviasiya sənayesində lider mövqeyini qoruyub saxlamaq üçün beynəlxalq təşkilatlarla əməkdaşlığın genişləndirilməsi və müasir standartların tətbiqi davam etdirilməlidir. Gələcəkdə, hava limanının fəaliyyətinin daha da optimallaşdırılması və sərnəşin axınının artması üçün innovativ texnologiyalara investisiya qoyuluşu davam etdiriləcəkdir.

Beləliklə, Heydər Əliyev Beynəlxalq Hava Limanı, innovativ yanaşmalar və texnoloji yeniliklərin tətbiqi ilə regionun və dünyanın aparıcı hava limanlarından biri olmağa davam edəcəkdir. Bu istiqamətdə atılan addımlar, hava limanının dayanıqlı inkişaf strategiyasına uyğun olaraq gələcəkdə daha böyük uğurların əldə olunmasına zəmin yaradacaqdır.

Ədəbiyyat

- [1] Analysis of Expansion Options at Baku Airport - Facility Requirement Analysis by Dornier Consulting International GmbH. 2024
- [2] https://www.icao.int/MID/Documents/2022/Airport%20Master%20Seminar/AMP%2011%20%20IATA%20Supporting%20Doc%20%20Airport%20Master%20Planning_July22.pdf
- [3] A-CDM Implementation at GYD Airport - DFS Aviation Services GmbH. 2024
- [4] Summary of Findings – Description of the existing situation at Heydar Aliyev International Airport report by Dornier Consulting International GmbH. 2024
- [5] “Azərbaycan Hava Yolları” QSC Avropa Beynəlxalq Hava Limanları Şurasına üzv olub. <https://airport.az/az/press-release/az-rbaycan-hava-yollari-qsc-avropa-beyn-lxalq-hava-limanlari-surasina-uzv-olub/>
- [6] AZAL karbon emissiyalarının kompensasiyası proqramına start verir. <https://www.azal.az/az/airline/news/details/?id=11102024>

DEVELOPMENT PROSPECTS OF HEYDAR ALIYEV INTERNATIONAL AIRPORT IN THE CONTEXT OF THE APPLICATION OF NEW TRANSPORT TECHNOLOGIES

Mammadov Sh.F., Mirzayev F.M.

Abstract. Heydar Aliyev International Airport plays a key role in Azerbaijan's economic and social development. With its strategic location and modern infrastructure, the airport aims to enhance passenger flow management and expand its role in global air cargo operations. Embracing trends like digital

transmission, it has implemented self-service check-in, aiming biometric authentication upgrade. Significant infrastructure upgrades have been made, including the introduction of advanced self-check-in kiosks and baggage drop-off points, enabling smoother passenger processing through internal projects. Additionally, the airport has upgraded its baggage handling system (BHS) by replacing tomographs to enhance security screening and operational efficiency.

Efforts are also underway to boost environmental sustainability through solar energy, carbon reduction, and eco-friendly initiatives. To further improve operational effectiveness, the Airport Collaborative Decision Making (A-CDM) system is being introduced, ensuring better coordination and efficiency. A Master Plan, aligned with ICAO standards, guides long-term development. As a member of Airports Council International (ACI), the airport adheres to global standards and works towards reducing carbon emissions through the Airport Carbon Accreditation (ACA) program.

Despite challenges such as infrastructure adaptation, investment costs, and regulatory compliance, the airport leverages international expertise to overcome them. The adoption of innovative transport technologies strengthens its position in the global aviation market, improves service quality, and supports long-term sustainability goals, ensuring it remains a competitive and forward-thinking hub.

Keywords: airport, projects, technologies, carbon emission, digital transmission.



MÜASİR DÖVRDƏ AZƏRBAYCANDA ELEKTRON TİCARƏTİN İNKİŞAF İSTİQAMƏTLƏRİ

Omərov R.V.

omrovramazan9@gmail.com

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Məqalədə Azərbaycanda elektron ticarətin müasir vəziyyəti, inkişaf dinamikası və perspektivləri təhlil edilir. COVID-19 pandemiyasından sonra ölkədə e-ticarət bazarının sürətli inkişafı, rəqəmsal ödəniş sistemlərinin təkmilləşdirilməsi və onlayn alış-veriş platformalarının genişlənməsi prosesi araşdırılır. Eyni zamanda, sahənin qarşılaşdığı çətinliklər və həlli yolları müzakirə edilir.

Açar sözlər: elektron ticarət, onlayn alış-veriş, rəqəmsal ödənişlər, e-kommersiya, elektron biznes.

Giriş. Son illər Azərbaycanda elektron ticarət sektoru sürətli inkişaf mərhələsinə qədəm qoymuşdur. Mərkəzi Bankın məlumatlarına görə, 2023-cü ildə ölkədə elektron ticarət dövriyyəsi 3.96 milyard manat təşkil etmişdir. 2024-cü ilin əvvəlində isə bu göstərici ötən ilin müvafiq dövrü ilə müqayisədə 25.5% artım göstərmişdir. Bu artımın əsas səbəbləri arasında rəqəmsal infrastrukturun təkmilləşdirilməsi, mobil internetin əhatə dairəsinin genişlənməsi və elektron ödəniş sistemlərinin inkişafı xüsusi yer tutur.

Metodlar. Tədqiqat işində statistik təhlil, müqayisəli analiz metodlarından istifadə edilmişdir. Məlumatlar Dövlət Statistika Komitəsi, Mərkəzi Bank və Rəqəmsal İnkişaf və Nəqliyyat Nazirliyinin rəsmi hesabatlarından əldə edilmişdir.

Azərbaycanda elektron ticarətin vəziyyəti. Azərbaycanda elektron ticarət son on il ərzində xeyli inkişaf etmişdir. 2024-cü ilin əvvəlində ölkədə internet istifadəçilərinin sayı 9.19 milyon nəfərə çatmışdır ki, bu da ölkə əhalisinin təxminən 88%-ni təşkil edir. Bu göstərici elektron ticarətin inkişafı üçün əlverişli mühit yaradır.

Cədvəl 1. Azərbaycanda İnternet və Elektron Ticarət Statistika (2023)

Göstərici	Dəyər
İnternet istifadəçiləri	9.19 milyon nəfər (88%)
Onlayn alış-veriş edənlər	5.2 milyon nəfər (56%)
Elektron ticarət həcmi	3.96 milyard AZN (2023)
Ən çox satılan məhsullar	Elektronika, geyim, ərzaq

Elektron ticarətin inkişafının əsas problemləri

- **İnfrastruktur çatışmazlığı:** elektron ticarətin genişlənməsi üçün zəruri olan yüksək sürətli internet və logistika xidmətləri hələ də kifayət qədər inkişaf etməyib.
- **Elektron ödəniş sistemlərinin məhdudiyyətləri:** beynəlxalq ödəniş sistemlərinə çıxışda müəyyən çətinliklər mövcuddur.
- **Qanuni çərçivənin təkmilləşdirilməsi:** elektron ticarətlə bağlı qanunvericilik bazası hələ də tam formalaşmayıb, bu da sahibkarlar üçün müəyyən risklər yaradır.

Cədvəl 2. Elektron ticarətin əsas platformaları

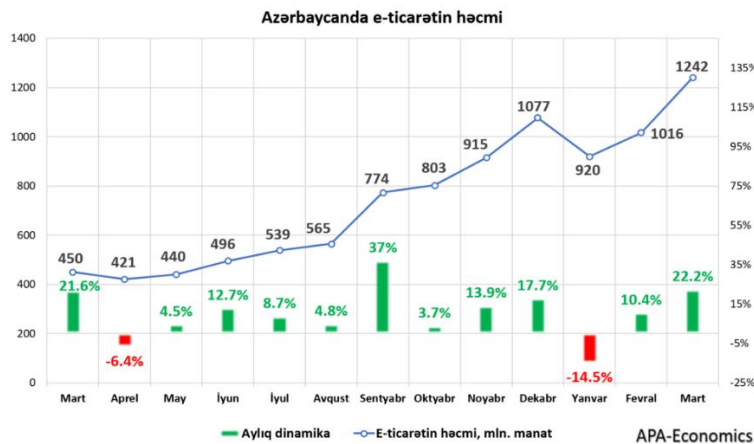
Platforma	Təsvir
Kontakt Home	Yerli elektron ticarət platforması, əsasən məişət texnikası və elektronika satışı
Epoint.az	Kiçik və orta sahibkarlar üçün rəqəmsal ödəniş aqreqatoru və elektron ticarət platformasıdır.
Amazon, AliExpress	Beynəlxalq platformalar, geniş məhsul çeşidi.

E-ticarət sahəsində mövcud tendensiyalar. Azərbaycanda elektron ticarətin inkişafında aşağıdakı əsas tendensiyalar müşahidə olunur:

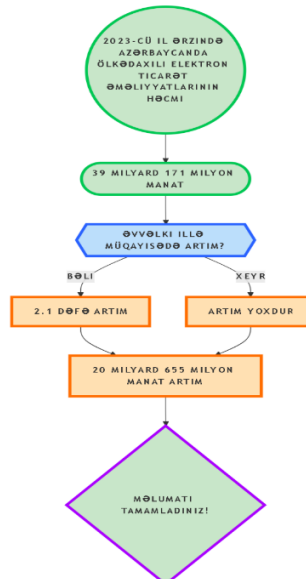
1. Mobil ticarətin artımı: Mərkəzi Bankın 2023-cü il hesabatına əsasən, elektron ticarət əməliyyatlarının 58%-i mobil cihazlar vasitəsilə həyata keçirilmişdir.
2. Elektron ödənişlərin genişlənməsi: Rəsmi statistikaya görə, ölkədə elektron ödənişlərin həcmi 2024-cü ilin ilk rübündə əvvəlki ilin eyni dövrü ilə müqayisədə 35% artmışdır.
3. Yeni platformaların yaranması: Rəqəmsal İnkişaf və Nəqliyyat Nazirliyinin məlumatına əsasən, son iki ildə 80-dən çox yeni elektron ticarət platforması qeydiyyatdan keçmişdir.
4. Beynəlxalq integrasiya: Azərbaycan Mərkəzi Bankının hesabatlarına əsasən, yerli e-ticarət platformalarının xarici ödəniş sistemləri ilə integrasiyası 40% artmışdır.

Aparılan araşdırmalar göstərir ki, Azərbaycanın e-ticarət bazarının əsas inkişaf istiqamətləri bunlardır:

- Süni intellekt həllərinin tətbiqi
- Logistika və çatdırılma xidmətlərinin təkmilləşdirilməsi
- Elektron ödəniş sistemlərinin təhlükəsizliyinin artırılması
- Qanunvericilik bazasının gücləndirilməsi.



Şəkil 1. Azərbaycanda E-ticarət həcmi dinamikası (aylıq analiz)



Şəkil 2. 2023-cü ildə Azərbaycanda ölkədaxili elektron ticarət əməliyyatlarının həcmi və artım dinamikası

E-ticarətin inkişafında mövcud olan əsas problemlər:

1. Kiber təhlükəsizlik məsələləri
2. Logistika infrastrukturunun məhdudiyyətləri
3. Rəqəmsal savadlılıq səviyyəsinin yetərli olmaması
4. Hüquqi tənzimləmə mexanizmlərinin təkmilləşdirilməsi ehtiyacı

Nəticə. Azərbaycanda elektron ticarət sektoru dinamik inkişaf mərhələsindədir. Rəqəmsal transformasiya prosesinin sürətlənməsi və dövlət dəstəyi bu sahənin inkişafına əhəmiyyətli təsir göstərir. Mövcud problemlərin həlli və təklif edilən inkişaf istiqamətlərinin reallaşdırılması elektron ticarətin daha da genişlənməsinə şərait yaradacaqdır.

Təkliflər:

- E-ticarət sahəsində vahid dövlət strategiyasının hazırlanması
- Elektron ödəniş sistemlərinin təhlükəsizliyinin gücləndirilməsi
- Kiçik və orta sahibkarların e-ticarətə cəlb edilməsi
- Beynəlxalq təcrübənin öyrənilməsi və tətbiqi.

Ədəbiyyat

- [1] Azərbaycan Mərkəzi Bankının 2023-cü il üzrə Elektron Ödəniş Sistemləri hesabatı
- [2] Dövlət Statistika Komitəsinin İnformasiya Cəmiyyəti statistik məcmuəsi (2023)
- [3] Rəqəmsal İnkişaf və Nəqliyyat Nazirliyinin 2023-cü il hesabatı
- [4] Elektron ticarət haqqında Azərbaycan Respublikasının Qanunu
- [5] Dünya Bankının "Rəqəmsal İnkişaf Hesabatı 2023
- [6] Baku.ws (Azərbaycanda elektron ticarətin mövcud vəziyyəti və perspektivlər
- [7] Banker.az (Dünya elektron ticarət dönəmi: Biz bu prosesə niyə gecikirik?)
- [8] Editor.az (Şəffaf iqtisadiyyat: Azərbaycanda elektron ticarətin inkişafı)

MODERN DIRECTIONS OF E-COMMERCE DEVELOPMENT IN AZERBAIJAN

Omarov R.V.

Abstract. The article analyzes the current state, development dynamics and prospects of e-commerce in Azerbaijan. The rapid development of the e-commerce market in the country after the COVID-19 pandemic, the improvement of digital payment systems and the expansion of online shopping platforms are being investigated. At the same time, the challenges faced by the industry and solutions are discussed.

Keywords: e-commerce, online shopping, digital payments, e-business, electronic business



AVIAŞİRKƏTLƏRDƏ BİZNES RİSKLƏRİNİN İDARƏ EDİLMƏSİ STRATEGİYALARI

Nəsirov C.E.

nesirovcavad24@gmail.com

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə: Aviaşirkətlərdə biznes risklərinin idarə edilməsi strategiyaları aviasiya sənayesində fəaliyyət göstərən şirkətlərin uğurunu və davamlılığını təmin etmək üçün çox vacibdir. Bu strategiyalar potensial riskləri müəyyən etmək, qiymətləndirmək və azaltmaq üçün strukturlaşdırılmış yanaşmalar təklif edir. Əməliyyat, maliyyə, strateji və hüquqi risklər də daxil olmaqla, müxtəlif risk növlərinə qarşı tədbirlər görülür. Effektiv risklərin idarə edilməsi strategiyaları aviaşirkətlərə bu riskləri proaktiv şəkildə idarə etməyə və potensial itkiləri minimuma endirməyə imkan verir. Bu yanaşma hava yolu əməliyyatlarının təhlükəsizliyini və etibarlılığını artırır, eyni zamanda maliyyə sabitliyini və rəqabət qabiliyyətini gücləndirir.

Açar sözlər: SWOT analiz, risk xəritəsi, aviasiyada risklərin idarə edilməsi, NGS, sosial risk, sistemli risk, sistemli risk

Giriş. Aviaşirkətlərdə biznes risklərinin idarə edilməsi strategiyaları, aviasiya sənayesində fəaliyyət göstərən şirkətlərin uğurunu və davamlılığını təmin etmək üçün vacibdir. Bu strategiyalar potensial riskləri müəyyən etmək, qiymətləndirmək və azaltmaq üçün strukturlaşdırılmış yanaşmalar təklif edir. Aviaşirkətlər müxtəlif növ risklərlə üzləşirlər, o cümlədən əməliyyat riskləri, maliyyə riskləri, strateji risklər və hüquqi risklər. Əməliyyat riskləri avadanlıq nasazlıqları, texniki xidmət problemləri və insan səhvləri ilə əlaqədardır. Maliyyə riskləri isə valyuta məzənnələrinin dəyişməsi, yanacaq qiymətlərinin artması və iqtisadi böhranlar kimi amillərlə bağlıdır. Strateji risklər isə bazar dəyişiklikləri, rəqabət və tənzimləyici dəyişikliklərdən qaynaqlanır. Hüquqi risklər isə qanunvericilik və tənzimləyici tələblərə uyğunluqla əlaqədardır.

İstifadə edilən metodlar: 1.SWOT Analizi: Güclü və zəif tərəfləri, imkanları və təhdidləri müəyyən etmək üçün istifadə olunur. 2.Risk Xəritəsi: Potensial risklərin vizual təsviri və onların təsir dərəcəsinin müəyyən edilməsi.

Effektiv risk idarəetmə strategiyaları aviaşirkətlərə bu riskləri proaktiv şəkildə idarə etməyə və potensial zərərləri minimuma endirməyə imkan verir. Bu strategiyalara risklərin müəyyən edilməsi və qiymətləndirilməsi, risklərin azaldılması tədbirlərinin həyata keçirilməsi və risklərin davamlı monitorinqi daxildir. Aviaşirkətlər həmçinin risklərin idarə edilməsi üzrə mütəxəssislərlə əməkdaşlıq edərək, ən yaxşı təcrübələri və qabaqcıl texnologiyaları tətbiq edə bilirlər. Bu yanaşma aviaşirkətlərin əməliyyatlarının təhlükəsizliyini və etibarlılığını artırır, eyni zamanda maliyyə sabitliyini və rəqabət qabiliyyətini gücləndirir. Nəticədə, aviaşirkətlər daha davamlı və uğurlu fəaliyyət göstərə bilirlər.

Risk - faktiki nəticələrin gözlənilən nəticələrdən fərqli olması ehtimalıdır. Riskin əsasən iki əsas kateqoriyasını müəyyən edirlər: sistemli və sistemli.

Sistematik risk investisiyanın bazar qeyri-müəyyənliyidir, yəni bir sənaye və ya qrupdakı bütün (və ya bir çox) şirkətlərə təsir edən xarici amilləri təmsil edir. Sistematik olmayan risk investisiyanın performansına təsir göstərə bilən aktivlərə xas qeyri-müəyyənlikləri təmsil edir.

Risklərin bir çox növləri var.

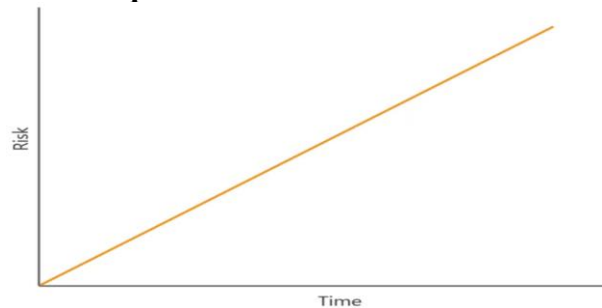
1.Sistemli risklər- əsasən bazara təsir edir, yəni bir və ya bir neçə şirkətə təsir etmir ümumilikdə bütün sahələrə təsir edir.

2.Sistemli risklər - təkcə bir şirkət və ya bir neçəsinə məhdudlaşdırılır.

3.Siyasi/Tənzimləyici risk - müvafiq orqanların qəbul etdikləri qərarlar nəticəsində yaranan risklər.

4. Maliyyə riski - maliyyə sahəsində baş verən risklərdir. Təkcə bir şirkətdə baş vermir.
 5. Faiz dərəcəsi risk - faizlərin artması və ya azalması ilə yaranan risklərdir.
 6. Ölkə riski - bir ölkədə baş verən qeyri-müəyyənliklərin təsiri.
 7. Sosial risk - sosial normaların dəyişməsi ilə yaranan risklər.
 8. Ekoloji Risk - Ətraf mühitlə bağlı öhdəliklər və ya ətraf mühitdəki dəyişikliklərin təsiri ilə bağlı risklər.
 9. Əməliyyat riski – şirkətin əməliyyatları, o cümlədən tədarük zənciri və məhsul və ya xidmətlərinin çatdırılması ilə bağlı risklər.
 10. İdarəetmə riski – idarəetməsində yaranan problem səbəbindən olan risklər.
 11. Hüquqi risk – Davalar və ya fəaliyyət azadlığı ilə bağlı yaranan risklər.
 12. Rəqabət – Sənayedə rəqabətin dərəcəsi və rəqiblərin seçimlərinin şirkətə təsiri nəticəsi yaranan risklər.
- Nağd pul axını və ya gözlənilən gəlir gələcəyə nə qədər uzaqdırsa, bir o qədər riskli (və ya daha qeyri-müəyyən) olur. Zaman və qeyri-müəyyənlik arasında güclü müsbət əlaqə var. Bunu aşağıdakı diaqramda daha dəqiq göstərmək olar [1].

Diaqram 1. Riskin və zamanın artması



Aviasiyadakı risklər digər sahələrdəki risklərdə fərqlənir. Burdakı risklərin ən böyük faktoru insan amildir. Aviasiyada risklər müxtəlifdir.

1. Sistemin və texnologiyaların köhnəlməsi- vaxt keçdikcə texnologiyalar inkişaf edir. Texnologiyalar aviasiyada böyük əhəmiyyət daşıyır. Xırda bir texniki nasazlıq təyyarələrin işini böyük dərəcədə korlaya bilər. Sistemlərin köhnəlməsi səyahətlər zamanı qarşıya çıxan ən böyük risklərdən biridir. Hətta 2017-ci ildə Delta aviaşirkətinin 300 yaxın uçuşunun ləğv edilməsinə gətirib çıxarmışdır. Lakin nəzərə alınmalı bir amil də var ki, bütün bunları yeniləmək üçün kifayət qədər maliyyə vəsaiti olmalıdır.

2. Heyət çatışmazlığı və ya kifayət qədər hazırlılıqlarının olmaması - bəzi ölkələr üçün bu sahədə kadrların hazırlanması üçün zəruri bazası olmur. Lakin bu sahədə işləmək istəyənlərə çoxlu şərtlərin qoyulması kadrlar işini çətinləşdirir. Hətta ABŞ kimi ölkədə növbəti 10 illikdə təxmin 800000 pilot və bir o qədər də texniki işçiyə ehtiyac olduğunu deyilir.

3. İqlim dəyişiklikləri- ən vacib risklərdən biridir. Əslində əvvəlcədən bu riski proqnozlaşdırmaq olur. Lakin gözlənilməzliklər hər zaman mövcuddur. İqlim dəyişikliklər səbəbin hər il onlarla reys təxirə salınır və ya ləğv edilir. ABŞ və okean yaxın digər dövlətlərdə gizlənilməz fəvqəladə hallar baş verə bilər.

4. Bəzi sahələrdə baş verən kəskin qiymət artımı- əsasən neft qiymətlərin artımı bu sahədə olan xidmət təsir edir və qiymətlərin artmasına gətirib çıxarır.

5. İqtisadi tənəzzül- bəzi ölkələrdə baş verən dəyişikliyin səbəb olur. Dünya bazarlarında baş verən dəyişiklərdə burada rol oynayır. [3]

Bunlarla yanaşı digər risklərdə mövcuddur. Bu risklərin idarə edilməsi çox vacib məsələdir. Risklərin idarəedilməsi - təşkilatınıza təsir edə biləcək təhdidlərin və ya qeyri-müəyyənliklərin müəyyən edilməsi, qiymətləndirilməsi və azaldılması üçün sistematik prosesdir. [4]

Riski strateji olaraq üç səbəbin sadalamaq olar:

1. Böyümə ilə bağlı təzyiqlər: Bu, tez-tez kədr və ya sənaye sahəsində bilik boşluqlarını aviasiya üçün daha zərərli edən sürətlənmiş genişlənmə sürətindən qaynaqlanır.
2. Mədəniyyətə görə təzyiqlər: Sahibkarlıqla bağlı risk götürmək mükafatlarla gəlsə də, icraçı müqavimət və daxili rəqabət problemlər yarada bilər.
3. İnformasiya idarəçiliyinə görə təzyiqlər: Məlumat effektiv liderlik üçün əsas olduğundan, performans ölçülərindəki boşluqlar mərkəzləşdirilməmiş qərarların qəbulu ilə nəticələnə bilər.
4. Aviasiya risklərinin idarə edilməsi insanların təhlükəsizliyini təmin etmək, əməliyyat fasilələrini minimuma endirmək və normativlərə uyğunluğu qorumaq üçün çox vacibdir. Aviasiyada risklərin səmərəli idarə edilməsi potensial təhlükələri azaldır, həm sənişinləri, həm də ekipajı qoruyur, eyni zamanda əməliyyatların rəvan işləməsinə təmin edir.

Proaktiv aviasiya risklərinin idarə edilməsi qəzaların qarşısını alır və ümumi uçuş təhlükəsizliyini artırır. Bu yanaşma yalnız hadisələrin qarşısını almaqdan ibarət deyil; həm də gəmidə olan hər kəs üçün daha təhlükəsiz və etibarlı mühit yaratmaqdan ibarətdir. Təşkilatlar risklərin idarə edilməsi strategiyalarına sərmayə yatırıqda, daha rəvan və təhlükəsiz əməliyyatlar üçün güclü zəmin yaradırlar.

Mülki aviasiyada normativ hüquqi aktlar və standartlar vacibdir. ABŞ və ətraf ölkələrində FAA standartı beynəlxalq miqyasda isə İCAO və Avropada isə EASA kimi təhlükəsizlik standartları istifadə edilir. Bu standartların risklərin azaldılması və təhlükələrin qarşısını almaq üçün böyük əhəmiyyət kəsb edir.

Hərtərəfli aviasiya risklərinin idarə edilməsi planı potensial təhlükələri müəyyən etməklə başlayır. Bu təhlükələr əlverişsiz hava şəraiti, avadanlıq nasazlıqları, insan səhvləri və kibertəhlükəsizlik təhdidlərini əhatə edə bilər. Hər bir riski diqqətlə qiymətləndirməklə, təşkilatlar öz əməliyyat mənzərələrini və potensial zəifliklərini daha yaxşı başa düşürlər. Bu yanaşma, əməliyyatların təhlükəsizliyini və etibarlılığını artırmaq üçün vacibdir.

Aviasiyada risklərin azaldılması strategiyaları. Risklər müəyyən edildikdən sonra növbəti addım təsirli təsir azaltma strategiyalarının həyata keçirilməsidir. Bu strategiyalara aşağıdakılar daxildir:

- Təkmilləşdirilmiş təhlükəsizlik protokolları
- Proaktiv monitorinq sistemləri
- Məlumat analitikası

Aviasiya təhlükəsizliyini artırmaq üçün texnologiyadan istifadə. Müasir texnologiya aviasiya risklərinin idarə edilməsində mühüm rol oynayır. Aşağıdakı texnologiyalar təhlükəsiz əməliyyatları dəstəkləyir:

- Proqnozlaşdırılan analitika
- Real vaxt monitorinqi
- Süni intellekt

Bu texnologiyalar təşkilatlara riskləri daha tez qabaqlamağa və onlara cavab verməyə kömək edir, aviasiyanın bütün sahələrində təhlükəsizliyi gücləndirir.

Aviasiya risklərinin idarə edilməsində ümumi problemlər.

Stress altında insan faktorları və qərarların qəbulu:

1. İnsan səhvi aviasiyada ən mürəkkəb problemlərdən biridir, xüsusən də sürətli qərarların vacib olduğu yüksək stressli vəziyyətlərdə.
2. Yorğunluq, stress və vaxt təzyiqi konsentrasiyaya təsir edə bilər və potensial bəla başa gələn səhvlərə səbəb ola bilər.

3. Kiçik səhvlər və ya nəzarətsizliklər dərhal aradan qaldırılmadıqda daha böyük təhlükəsizlik risklərinə çevrilə bilər.

Təlim və hazırlıq:

1. Aviasiya risklərinin idarə edilməsi xüsusi təlimlərə böyük diqqət yetirir.
2. Dözümlülük və situasiya haqqında məlumatlılığa diqqət yetirməklə, təlim personalı yüksək təzyiqli ssenarilərdə soyuqqanlılığı qorumaq, tənqidi düşünmək və aydın, dəqiq qərarlar qəbul etmək bacarıqlarını inkişaf etdirməyə kömək edir.

NGS təlim proqramı:

1. NGS-də komandanı diqqətdə qalmaq və təzyiq altında dəqiq yerinə yetirmək bacarıqları ilə təchiz etmək üçün nəzərdə tutulmuş məqsədyönlü davamlılıq və situasiya məlumatlılığı təlimi təklif edilir.
2. Təlimə rol oyunları, simulyasiyalar və ssenariyə əsaslanan cavablar daxildir ki, bu da heyətə nəzarət olunan, yüksək gərginlikli mühitlərdə kritik qərarların qəbul edilməsini praktikada tətbiq etməyə imkan verir.
3. Komandanızı fəal şəkildə hazırlamaqla səhv nisbətlərini azalda, əməliyyat təhlükəsizliyini qoruya və ümumi dayanıqlığı artırma bilərsiniz.

Effektiv aviasiya riskinin idarə edilməsi üçün ən yaxşı təcrübələr. Təhlükəsizlik idarəetmə sisteminin inkişafı. Güclü Təhlükəsizlik İdarəetmə Sistemi (SMS) riskləri müəyyən etmək, qiymətləndirmək və azaltmaq üçün strukturlaşdırılmış yanaşma təklif edir. SMS tətbiq etməklə, aviaşirkətlər təhlükəsizliyə nəzarət etmək və potensial problemləri proaktiv şəkildə həll etmək üçün mərkəzləşdirilmiş çərçivə əldə edirlər. Bu sistem təhlükəsizlik və hesabatlılıq mədəniyyətini təşviq edir.

Davamlı Təlim və Təhlükəsizlik Auditləri. Müntəzəm təhlükəsizlik yoxlamaları və davamlı təlim yüksək təhlükəsizlik standartlarını qorumaq üçün vacibdir. Təhlükəsizlik auditləri cari protokolları qiymətləndirməyə və potensial boşluqları aşkar etməyə kömək edir. Davamlı təlim kadrları inkişaf edən risklər haqqında hazırlayır və məlumatlandırır. Bu təcrübələr aviasiya təhlükəsizliyini artırmaq və əməliyyatları daha təhlükəsiz etmək üçün vacibdir.

Əməliyyatlar əsasında risk idarəetmə planlarının fərdiləşdirilməsi. Hər bir aviasiya əməliyyatı unikaldır və xüsusi risklərin idarə edilməsi planı tələb edir. Əsas amillər, məsələn, yer, donanmanın ölçüsü və əməliyyat növü təşkilatın üzləşə biləcəyi xüsusi riskləri formalaşdırır. Öz yanaşmanızı fərdiləşdirmək unikal çağırışları effektiv şəkildə həll etməyə imkan verir.

Risk idarəetmə məsləhətçiləri ilə əlaqə. Təcrübəli aviasiya riski məsləhətçiləri ilə əməkdaşlıq hərtərəfli, uyğunlaşdırılmış planın hazırlanmasında əvəzsizdir. Məsləhətçilər riskləri müəyyən etmək, təhlükəsizlik protokollarını təkmilləşdirmək və beynəlxalq standartlara uyğunluğu təmin etmək üçün ixtisaslaşdırılmış təcrübə təqdim edirlər. Mütəxəssislərlə əlaqə saxlamaqla təşkilatlar ən yaxşı təcrübələrə və anlayışlara çıxış əldə edirlər.

Risklər müxtəlifdir və onların idarə edilməsi xüsusi yanaşmalar tələb edir.

Nəticə. Aviadaşıyıcı şirkətlər üçün biznes risklərinin effektiv idarə olunması, onların davamlı inkişafını və rəqabət qabiliyyətini artırmaq üçün mühüm rol oynayır. Təklif olunan strategiyalar – süni intellekt və böyük verilərdən istifadə, alternativ yanacaq texnologiyalarının tətbiqi, kiber təhlükəsizlik tədbirlərinin gücləndirilməsi, yeni biznes modellərinin formalaşdırılması və əməliyyatlarda avtomatlaşdırılmış sistemlərin tətbiqi – aviaşirkətlərin risklərə qarşı daha çevik və dayanıqlı olmasına imkan yaradır.

Ədəbiyyat

- [1]<https://corporatefinanceinstitute.com/resources/career-map/sell-side/risk-management/risk/>
- [2]<https://riskandinsurance.com/7-critical-risks-facing-the-aviation-industry/>
- [3]<https://online.hbs.edu/blog/post/risk-management>
- [4]<https://northcottglobalsolutions.com/aviation-risk-management-ensuring-safeflights/>

BUSINESS RISK MANAGEMENT STRATEGIES IN AIRLINES**Nasirov C.E.**

Abstract. Business risk management strategies in airlines are crucial for ensuring the success and sustainability of companies operating in the aviation industry. These strategies offer structured approaches to identify, assess, and mitigate potential risks. Measures are taken against various types of risks, including operational, financial, strategic, and legal risks. Effective risk management strategies enable airlines to proactively manage these risks and minimize potential losses. This approach enhances the safety and reliability of airline operations while also strengthening financial stability and competitiveness.

Keywords: SWOT analysis, risk address, risk management in aviation, NGS, social risk, systematic risk, unsystematic risk.



AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ CİNAYƏT-HÜQUQ SİYASƏTİNİN MÜHÜM İSTİQAMƏTLƏRİ

Babayeva S.M.

samira.babayeva@naa.edu.az

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Azərbaycan Respublikasının cinayət hüquq siyasəti cinayət qanunvericiliyində müəyyən edilmiş əsas prinsiplərə əsaslanaraq inkişaf edir. Bu siyasəti bir neçə aspektdən təhlil etmək mümkündür: 1) cinayətkarlığa qarşı mübarizə çərçivəsində həyata keçirilən tədbirlər sistemi kimi; 2) humanizm institutu kontekstində; 3) cəzanın iqtisadiyyatı prinsipi baxımından; 4) qanunvericiliyin təkmilləşdirilməsi istiqamətində. Ulu Öndər Heydər Əliyev hakimiyyətə gəldikdən sonra cinayətkarlığa qarşı mübarizədə mühüm əhəmiyyət kəsb edən və cinayət hüquq siyasətinin təkmilləşdirilməsinə yönəlmiş kompleks tədbirlər Azərbaycan Respublikasında həyata keçirilmişdir. Bu tədbirlər ölkədə cinayət səviyyəsinin azalmasına əhəmiyyətli təsir göstərmişdir. Azərbaycan Respublikası terrorçuluğa qarşı fəal mübarizəni dəstəkləmək üçün öz hava məkanını və hava limanlarını açıq elan etmişdir. Azərbaycan dövləti terrorçuluğa qarşı mübarizəyə yönəlmiş bir sıra beynəlxalq və regional konvensiyalara qoşulmuşdur.

Açar sözlər: cinayət-hüquq siyasəti, humanizm, cəzaya qənaət prinsipi, evtanaziya, dekriminalizasiya.

Giriş. Azərbaycan Respublikasında cəza siyasətinin cinayət-hüquqi təhlili mühüm elmi əhəmiyyəti ilə yanaşı istintaq-məhkəmə təcrübəsi üçün də vacib xüsusiyyətə malikdir. Bu baxımdan, elmi-tədqiqat işi aktualdır.

Tədqiqatın nəzəri-metodoloji bazası. Tədqiqatın metodoloji bazasını ictimai və humanitar elmlər tərəfindən aşkar edilmiş və işlənib hazırlanmış, aprobeasiya edilmiş idrak metodları təşkil edirlər. Bu məqsədlə ümumelmi dialektik idrak metodundan və bu metoddan irəli gələn xüsusi elmi metodlardan: məntiqi, tarixi-hüquqi, müqayisəli-hüquqi, konkret-sosioloji, sistemli-struktur və sistemli-funksional metodlardan istifadə edilmişdir. Bu metodların tətbiqi sayəsində obyektlər qarşılıqlı əlaqə və qarşılıqlı təsir şəraitində təhlil edilmiş, müəyyən meyllər aşkarlanmış, ümumiləşdirmələr aparılmışdır.

Elmi yeniliyi: Elmi-tədqiqat işinin elmi yeniliyi tədqiqat işində aşağıdakı şəkildə formulla edilmişdir:

- Təklif edirik ki, Azərbaycan Respublikasının Cinayət Məcəlləsinin 135-ci maddəsi aşağıda göstərilən redaksiyada yenidən təqdim olunsun:

“Evtanaziya, yəni sağalmaz xəstəliyə düçar olmuş xəstənin xahişi ilə həkim (həkim konsiliumunun rəyinə əsasən) tərəfindən onun ölümünü hər hansı vasitə və ya hərəkətlə tezləşdirmə”

- Üç ilədək müddətə müəyyən vəzifə tutma və ya müəyyən fəaliyyətlə məşğul olma hüququndan məhrum edilməklə və ya edilməməklə, iki ilədək müddətə islah işləri və ya üç ilədək müddətə azadlıqdan məhrum etmə ilə cəzalandırılır.

Qeyd: Sağalmaz xəstəliyə düçar olmuş xəstənin xahişi, xəstənin sağlamlıq durumu buna imkan vermədikdə isə onun yaxın qohumunun (yaxud himayəçisinin) xahişi əsasında həkim tərəfindən (həkim konsiliumunun rəyinə əsasən) onun həyatının davam etməsinə kömək edən süni tədbirləri müəyyən müddətdən sonra dayandırma cinayət sayılır.

Azərbaycan Respublikasının cinayət-hüquq siyasəti cinayət qanununda müəyyən olunmuş rəhbər başlanğıclara-prinsiplərə söykənərək inkişaf edir. Bu siyasəti bir neçə istiqamətdən təhlil etmək olar: 1) cinayətkarlıqla mübarizə sahəsində həyata keçirilən fəaliyyət sistemi kimi; 2) humanizm institutu kontekstində; 3) cəzaya qənaət prinsipi aspektində; 4) qanunvericiliyin təkmilləşdirilməsi istiqamətində.

Birinci istiqamət cinayətkarlıqla mübarizə sahəsində həyata keçirilən tədbirlər sistemi kimi müəyyən oluna bilər. Ulu Öndər Heydər Əliyev hakimiyyətə gəldikdən sonra cinayətkarlıqla mübarizədə xüsusi əhəmiyyət daşıyan və cinayət – hüquqi istiqamətdə həyata keçirilən kompleks tədbirlər sistemi Azərbaycan Respublikasında cinayətkarlığın tendensiyasına azalan xətlə təsir etmiş oldu. Azərbaycan Respublikası terrorizmə qarşı əməli mübarizəni dəstəkləmək üçün öz hava məkanını və hava limanlarını açıq elan etmişdir. Azərbaycan dövləti həm beynəlxalq, həm də regional səviyyədə terrorçuluğa qarşı mübarizə ilə əlaqədar qəbul edilən bir çox konvensiyalara qoşulub. Ulu Öndər Heydər Əliyevin uzaqgörən siyasəti sayəsində dövlətimiz beynəlxalq antiterror koalisiyasının fəal iştirakçılarından birinə çevirib. Cinayətkarlıqla mübarizə sahəsində bir çox qanunvericilik aktı qəbul edilmişdir: "Terrorçuluğa qarşı mübarizə haqqında" Azərbaycan Respublikasının Qanunu (18 iyun 1999-cu il № 687-IQ), "Terrorizmin maliyyələşdirilməsi ilə mübarizə haqqında" Konvensiyaya qoşulmaq barədə Azərbaycan Respublikasının Qanunu (1 oktyabr 2001-ci il), "Hava gəmilərinin qanunsuz zəbt edilməsinə qarşı mübarizə haqqında" Konvensiyaya qoşulmaq barədə Azərbaycan Respublikasının Qanunu (9 noyabr 1999-cu il), "Adamların girov götürülməsinə qarşı mübarizə haqqında" Beynəlxalq Konvensiyaya qoşulmaq barədə Azərbaycan Respublikasının Qanunu (9 noyabr 1999-cu il), "Terrorizm, mütəşəkkil cinayətkarlıq və digər növ təhlükəli cinayətlərlə mübarizə sahəsində GUAM iştirakçısı olan dövlətlərin hökumətləri arasında əməkdaşlıq haqqında" Sazişin təsdiq edilməsi barədə Azərbaycan Respublikasının Qanunu (10 iyun 2003-cü il), "İnsan alverinə qarşı mübarizə haqqında" Azərbaycan Respublikasının Qanunu (28 iyun 2005-ci il), "Narkotik vasitələrin, psixotrop maddələrin və onların prekursorlarının qanunsuz dövriyyəsinə və narkomanlığa qarşı mübarizəyə dair 2019–2024-cü illər üçün Dövlət Proqramı"nın təsdiq edilməsi barədə Azərbaycan Respublikası Prezidentinin Sərəncamı (22 iyul 2019-cu il), "Cinayət yolu ilə əldə edilmiş əmlakın ləqallaşdırılmasına və terrorçuluğun maliyyələşdirilməsinə qarşı mübarizə haqqında" Azərbaycan Respublikasının Qanunu (30 dekabr 2022-ci il) və s.

Dövlətimizin cəza siyasətinin formalaşmasına mühüm dərəcədə təsir göstərən amillərdən biri də humanizm institutudur. Azərbaycan Respublikasının Cinayət Məcəlləsinin 9-cu maddəsində öz təsbitini tapmış humanizm prinsipinə görə: "Cinayət Məcəlləsi insanların təhlükəsizliyini təmin edir. Cinayət törətmiş şəxsə tətbiq edilən cəza və digər cinayət-hüquqi xarakterli tədbirlər işgəncə və ya digər qəddar, qeyri-insani, yaxud ləyaqəti alçaldan xarakter və ya məqsəd daşıya bilməz". (1)

Cəza dövlətin adından çıxarılan məhkəmə hökmü ilə müəyyən olunan cinayət – hüquqi xarakterli tədbirdir. Cəza dövlət siyasətinin mühüm qollarından birini təşkil edir və cinayət məsuliyyətinin fundamental əsasıdır. Kriminoloqların tədqiqatlarına nəzər saldıqda görürük ki, cəza sisteminin sərtliliyi cinayətkarlığın qarşısının alınmasında təsiredici amil kimi çıxış etmir. İnkişaf etmiş iqtisadiyyat, işsizliyin aradan qaldırılması, əhali arasında aparılan kompleks maarifləndirmə tədbirləri, ölkə ərazisində mövcud olan ictimai-siyasi sabitlik və s. bu kimi mühüm məsələlər cinayətkarlığın tendensiyasına azalan xətlə təsir edən ən mühüm amillər sırasında durur. Buna görə də, müasir dünyada inkişaf etmiş ölkələr sərt cəza siyasətindən imtina edərək humanist cəza siyasətinə keçmişdir. Cəza insanların psixikasına təsir edir, sosial ədalətin bərpa olunması, cinayətkarlığın qarşısının alınması vasitəsi kimi çıxış edir, həmçinin cinayət törədən şəxslərin islah olunmasını təmin edir.

Dövlətimizin cəza siyasətinin digər mühüm istiqamətini cəzaya qənaət prinsipi təşkil edir. Azərbaycan Respublikasının CM- in 58.1-ci maddəsinə görə, törədilmiş cinayətə görə nəzərdə tutulmuş cəzalardan daha ciddi cəza növü və ya həddi yalnız o halda təyin edilir ki, az ciddi cəza növü və ya həddi cəzanın məqsədlərini təmin edə bilmir. Cinayət qanunumuz (CM-in 79-cu maddəsi) humanizm mövqeyini və cəzaya qənaət prinsipini rəhbər tutaraq müəyyən edir ki, şəxsiyyət əleyhinə ağır və ya xüsusilə ağır cinayət törətməyə görə beş ildən çox müddətə azadlıqdan məhrum etməyə məhkum edilmiş şəxslər istisna olmaqla, məhkəmə məhkum edilmiş hamilə qadınlar və ya on dörd yaşına qədər uşağı olan qadınlar, habelə on dörd yaşına çatmamış uşağını təkbaşına böyüdən kişilər tərəfindən uşaq on dörd yaşına çatanaqədər cəzanın çəkilməsini təxirə sala bilər [1].

Ulu öndər Heydər Əliyevin hüquq siyasətinin cinayət-hüquqi aspektlərinin digər mühüm istiqaməti kimi əfv etmə institutunun bərpası və Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Əfv Məsələləri Komissiyasının yaradılmasını göstərmək olar [2].

1995-2003-cü illərdə 7 amnistiya aktı və 32 əfv fərmanı qəbul edildi. Bu amnistiya aktları 77 mindən çox insana şamil edildi, onlardan 21 min 325 nəfəri cəzasının çəkilməmiş hissəsindən azad olundu. Ulu öndər həmçinin törətdiyi cinayət əməlinə peşmançılıq keçirən, cəzasının bir hissəsini çəkən 3 mindən artıq şəxsi də əfv etdi. Ulu öndər Heydər Əliyev böyük humanistlik nümayiş etdirərək imzaladığı əfv fərmanları ilə 1994-1995-ci illərdə dövlət çevrilişi cəhdlərində iştirak edən insanların da bir qismini bağışladı [5].

Yüksək humanizm prinsipləri ilə daim diqqətdə olan Azərbaycan Respublikasının Prezidenti İlham Əliyev 2003-cü ildən bu günədək bu kursu uğurla davam etdirməkdədir. Cənab prezidentin təşəbbüsü ilə qəbul edilmiş sonuncu amnistiya aktı da dövlətimizin humanist siyasətinin növbəti təzahürüdür. 5 noyabr 2021-ci ildə 8 Noyabr – Zəfər Günü münasibətilə qəbul edilmiş amnistiya aktı ümumilikdə 17,267 şəxsə şamil olunmuşdur. Amnistiyanın tətbiq edildiyi şəxslər arasında 733 Vətən müharibəsi iştirakçısı, 837 qadın və 65 yetkinlik yaşına çatmayan şəxs var idi.

Prezidentimiz tərəfindən imzalanan əfv etmə fərmanları, Milli Məclis tərəfindən qəbul edilən amnistiya aktları mühüm strateji əhəmiyyət daşımaqla, cəmiyyətimizdə Azərbaycan Respublikası adından qəbul olunan qanunların ədalətli, humanist olduğuna inam duyğusunun aşılmasında olduqca mühüm əhəmiyyət daşıyır. Çünki, bu zaman cəzanın məqsədlərindən biri olan məhkumların islah olunması prosesi inkişaf etmiş olur. Təcrübə göstərir ki, etimad göstərilən və dövlət tərəfindən bağışlanan şəxslərin yenidən cinayət yoluna qədəm qoyması faktlarına digər şəxslərlə müqayisədə daha az rast gəlinir.

Cinayət-hüquq siyasətinin ən mühüm istiqamətlərindən biri cinayət qanununun təkmilləşdirilməsi proseslərinin düzgün təşkilidir. Bir təklif üzərində fikrimizi istiqamətləndirmək istəyirik. Məsələn, Azərbaycan Respublikasının Cinayət Məcəlləsinin 135-ci maddəsi “Evtanaziya” adlanır. Göstərilən maddədə evtanaziyanın anlayışı qüsurlu müəyyən olunmuşdur. Qeyd edilir ki, evtanaziya- xəstənin xahişi ilə onun ölümünü hər hansı vasitə və ya hərəkətlə tezləşdirmə və ya həyatının davam etməsinə kömək edən süni tədbirləri dayandırma. Bu tərkib milli cinayət qanunumuzda məsuliyyəti yüngülləşdirici halda adam öldürmənin bir forması hesab olunur. Bu mövzu ətrafında yuxarıda aparılmış təhlillərdən də məlum olduğu kimi, evtanaziya sağalmaz xəstəliyə düçar olmuş xəstənin xahişi əsasında həkimin onu öldürməsi prosedurudur. Ölüm aktı məhz həkim ixtisasına malik şəxslər tərəfindən icra olunur. Amma cinayət qanunumuzda verilmiş anlayışda xəstənin sağalmaz xəstə olması, cinayətin subyektinin məhz həkim ixtisasına malik olan şəxs olması ilə əlaqədar göstərişlər əks olunmamışdır. Qeyd olunan məqamlar onun məzmununun dərk olunması ilə əlaqədar ciddi kolliziya yaradır. Belə ki, Azərbaycan Respublikasının Cinayət Məcəlləsinin 120.1-ci maddəsi qəsdən adam öldürmə cinayətinin sadə motivlərini özündə əks etdirir. Hansı ki, yuxarıda da qeyd etdiyimiz kimi, qonşu Rusiya Federasiyası cinayət qanunvericiliyində sadə motivlərdən biri kimi, evtanaziya şərtlərində qəsdən adam öldürmə də nəzərdə tutulur.

İstər Azərbaycan Respublikasının cinayət qanununun doktrinal şərtlərində, istər “Qəsdən adam öldürmə işləri üzrə məhkəmə təcrübəsi haqqında” Azərbaycan Respublikası Ali Məhkəmə Plenumunun 12 dekabr 2002-ci il tarixli 3 sayılı qərarında, istərsə də Azərbaycan Respublikası Ali Məhkəməsi Plenumunun “Qəsdən adam öldürmə işləri üzrə məhkəmə təcrübəsi haqqında” 2002-ci il 12 dekabr tarixli 3 nömrəli Qərarında dəyişiklik edilməsi barədə 20 dekabr 2024-cü il tarixli 14 nömrəli Qərarında qəsdən adam öldürmənin sadə növü şərh olunarkən xəstənin xahişi ilə onun öldürülməsi elementi qəsdən adam öldürmənin mərhəmətlilik niyyətilə cinayətin törədilməsi yüngülləşdirici halının tətbiqini şərtləndirən sadə növü kimi başa düşülür [3;4]. Yəni, sadə qəsdən adam öldürmə (CM 120.1) və cinayətin mərhəmətlilik niyyətilə törədilməsi yüngülləşdirici halı (CM 59.1.5). Evtanaziya tərkibini nəzərdə tutarkən qanunverici əslində bu əməlin məhz xüsusi subyekt (həkim) tərəfindən törədilməsini nəzərdə

tutmuşdur. Çünki, maddənin sanksiyasına nəzər salsaq, müəyyən vəzifə tutma və ya müəyyən fəaliyyətlə məşğul olma hüququndan məhrum etmə cəzasının əlavə cəza olaraq tətbiq olunmasının nəzərdə tutulduğunu da görürük. Qanunvericilik texnikası baxımından yanaşsaq, xüsusi subyektli cinayət tərkiblərinin qurulmasında bu məqamın nəzərə alınmasını müşahidə etmək olar. Evtanaziya sivil Avropa ölkələrinin qanunvericiliyində həmçinin, həkim ixtisasına məxsus şəxslər tərəfindən icra olunur. Həkim olmayan şəxslər tərəfindən bu əməlin törədilməsi sadə motivlərlə qəsdən adam öldürmə adlana bilər. Hazırda aşağıdakı ölkələrdə evtanaziya qanuni hesab edilir:

- Belçika: 2002-ci ildən etibarən evtanaziya qanunidir;
- Niderland (Hollandiya): 2002-ci ildən etibarən evtanaziya qanuniləşdirilmişdir;
- Lüksemburq: Evtanaziya qanunidir;
- İspaniya: 2021-ci ildə evtanaziya qanuniləşdirilmişdir;
- Portuqaliya: 2023-cü ildə ölümcül xəstəliyi olan insanların evtanaziya tələblərini təmin edən qanun qəbul edilmişdir;
- Kanada: Evtanaziya qanunidir;
- Kolumbiya: Evtanaziya qanunidir;
- Yeni Zelandiya: Evtanaziya qanunidir;
- Avstraliya: Evtanaziya bəzi ştatlarda qanunidir;
- Almaniya: Müalicəsiz xəstəliyə düçar olan xəstələr və onların qohumları "xeyirxah motivlərdən çıxış edərək" evtanaziya tətbiq edə bilərlər.

Bu ölkələrdə evtanaziya müəyyən şərtlər və prosedurlar çərçivəsində həyata keçirilir. Qanunvericilikdə fərqliliklər olduğundan, hər bir ölkədə tətbiq qaydaları və tələbləri dəyişə bilər. Azərbaycan Respublikasının qanunvericiliyi evtanaziyayı məsuliyyəti yüngülləşdirici halı olan qəsdən adam öldürmə kimi müəyyən edir. Fikrimizcə, kiminsə həkimdən onu öldürməsini xahiş etməsi, həmin şəxsi öldürməyə əsas verə bilməz. Çünki bu, birinci növbədə sui-istifadə hallarına gətirib çıxara bilər. Cinayət qanunu əməlin cinayət kimi tövsif olunmasında analogiya institutunun tətbiqini rədd edir. Qanunçuluq prinsipi ən vacib prinsiplərdən biri kimi vacib əhəmiyyət daşıyır. Qanunun genişləndirici və ya məhdudlaşdırıcı təfsiri hüququ tətbiq edən orqanlar üçün yolverilməzdir. Belə təfsirlər yalnız rəsmi şərh formasında Azərbaycan Respublikasının Milli Məclisi və ya Azərbaycan Respublikasının Konstitusiyaya Məhkəməsi tərəfindən verilə bilər. Təhlil etdiyimiz evtanaziya tərkibi ilə bağlı belə şərhlərin olmadığını nəzərə alaraq (bu tərkibdə məhdudlaşdırıcı təfsirin aparılmasına ehtiyac duyulur), qanunvericilikdə evtanaziyanın anlayışının dəqiqləşdirilməsinə ehtiyac duyuruq. Təklif edirik ki, Azərbaycan Respublikasının Cinayət Məcəlləsinin 135-ci maddəsi aşağıda göstərilən redaksiyada yenidən təqdim olunsun:

“Evtanaziya, yəni sağalmaz xəstəliyə düçar olmuş xəstənin xahişi ilə həkim (həkim konsiliumunun rəyinə əsasən) tərəfindən onun ölümünü hər hansı vasitə və ya hərəkətlə tezləşdirmə”

- üç ilədək müddətə müəyyən vəzifə tutma və ya müəyyən fəaliyyətlə məşğul olma hüququndan məhrum edilməklə və ya edilməməklə, iki ilədək müddətə islah işləri və ya üç ilədək müddətə azadlıqdan məhrum etmə ilə cəzalandırılır.

Qeyd: Sağalmaz xəstəliyə düçar olmuş xəstənin xahişi, xəstənin sağlamlıq durumu buna imkan vermədikdə isə onun yaxın qohumunun (yaxud himayəçisinin) xahişi əsasında həkim tərəfindən (həkim konsiliumunun rəyinə əsasən) onun həyatının davam etməsinə kömək edən süni tədbirləri müəyyən müddətdən sonra dayandırma cinayət sayılır.

Fikrimizcə təklif edilən bu anlayış evtanaziyanın mənə və məzmununun aydınlaşdırılmasında mühüm əhəmiyyət daşıyır. Anlayışdan göründüyü kimi, passiv evtanaziya qeyddə göstərilən şərtlərə əməl olunmaqla tətbiq olunduğu təqdirdə dekriminal hesab olunmalıdır. Çünki, bu məqam əvvəla kütləvi ictimai şüurla, əxlaqla qəbul olunur, ikincisi, dini ideologiya baxımından yolveriləndir. Əksər dini ideologiyalarda, xüsusən də səmavi dinlərdə xəstənin ölümünü süni tədbirlərlə uzatma nəinki humanist addım sayılmır, əksinə xəstə şəxsə əzab vermək kimi qəbul olunur. Digər tərəfdən, təcrübənin

araşdırılması nəticəsində məlum olur ki, passiv evtanaziya, yəni yaxın qohumunun (yaxud himayəçisinin) xahişi əsasında həkim tərəfindən (həkim konsiliumunun rəyinə əsasən) onun həyatının davam etməsinə kömək edən süni tədbirləri müəyyən müddətdən sonra dayandırma halları demək olar ki, hər gün baş verir. Bəzən xəstələrdə mərkəzi sinir sisteminin progressiv pozulması, zədələnməsi nəticəsində huşun itməsi, xarici qıcıqlara qarşı reaksiyasızlıq, kəskin inkişaf edən, ölüm öncəsi geri dönə bilən ağır patoloji vəziyyəti mövcud olur ki, tibbdə bu, komatoz vəziyyət adlanır. Komatoz hal diaqnozu qoyulmuş şəxslərin həyatının davam etməsinə kömək edən süni tədbirlərin bir müddət sonra dayandırılması xəstənin yaxınlarının razılığı ilə həyata keçirilir. Cinayət qanununun mövcud redaksiyasına görə isə bu, passiv evtanaziya, passiv evtanaziya real praktikada həqiqətən də törədilir, lakin, məhz kütləvi əxlaqla qəbul edilən olduğundan cəzalandırma mərhələsinə gəlib çıxmır. Evtanaziya cinayət tərkibi Azərbaycan Respublikasının Cinayət Məcəlləsinə 1999-cu ildən daxil edilməsinə baxmayaraq, bir dəfə də olsun bu tərkiblə cinayət işinin başlanılmasına dair fakt yoxdur. Azərbaycan Respublikasında aktiv evtanaziya ümumiyyətlə tətbiq olunmamış, passiv evtanaziya isə daim tətbiq olunmasına baxmayaraq, cinayət-hüquqi müstəviyə qaldırılmayıb. Bunun səbəblərinin isə yuxarıda qeyd etmişdik.

Bu səbəbdən də, cinayət qanununa verilmiş təklifdə evtanaziyanın passiv formasının dekriminal olmasını qeyd etmişik.

Evtanaziya cinayət qanununda təsbit olunmalıdır. Məsuliyyəti yüngülləşdirici halda adam öldürmənin bir forması kimi də olsa aktiv evtanaziya dekriminalaşdırıla bilməz. Dünya həkim assosiasiyalarının bəyanatlarında da aktiv evtanaziya pislənir və bunun tibb elmini tənbelləşdirən, yeni elmi nailiyyətlərin əldə olunmasını ləngidən səbəbləri qeyd olunur. Üstəlik, evtanaziyanın tamamilə dekriminalaşdırılması həkim peşəsinə malik şəxsləri bir növ insan qatili mövqeyinə qoymaq demək olar, və ya sui-istifadə hallarını yaradır. Evtanaziya əməlinin kriminal əməl kimi cinayət qanununda göstərilməsi, xüsusən də yuxarıda göstərilən sanksiyalar kontekstində həkimlərin bu işdən-aktiv evtanaziya çəkinməsinə təmin etmiş olar.

Nəticə. Yuxarıda şərh edilənlər əsasında aşağıdakı nəticələrə gəlirik:

1. Bu siyasəti bir neçə istiqamətdən təhlil etmək olar: 1) cinayətkarlıqla mübarizə sahəsində həyata keçirilən fəaliyyət sistemi kimi; 2) humanizm institutu kontekstində; 3) cəzaya qənaət prinsipi aspektində; 4) qanunvericiliyin təkmilləşdirilməsi istiqamətində.
2. Azərbaycan Respublikasının Cinayət Məcəlləsinin 135-ci maddəsi “Evtanaziya” adlanır. Göstərilən maddədə evtanaziyanın anlayışı qüsurlu müəyyən olunmuşdur. Qeyd edilir ki, evtanaziya- xəstənin xahişi ilə onun ölümünü hər hansı vasitə və ya hərəkətlə tezləşdirmə və ya həyatının davam etməsinə kömək edən süni tədbirləri dayandırma. Bu tərkib milli cinayət qanunumuzda məsuliyyəti yüngülləşdirici halda adam öldürmənin bir forması hesab olunur. Bu mövzu ətrafında yuxarıda aparılmış təhlillərdən də məlum olduğu kimi, evtanaziya sağalmaz xəstəliyə düçar olmuş xəstənin xahişi əsasında həkimin onu öldürməsi prosedurudur. Ölüm aktı məhz həkim ixtisasına malik şəxslər tərəfindən icra olunur. Amma cinayət qanunumuzda verilmiş anlayışda xəstənin sağalmaz xəstə olması, cinayətin subyektinin məhz həkim ixtisasına malik olan şəxs olması ilə əlaqədar göstərişlər əks olunmamışdır. Qeyd olunan məqamlar onun məzmununun dərk olunması ilə əlaqədar ciddi kolliziya yaradır. Belə ki, Azərbaycan Respublikasının Cinayət Məcəlləsinin 120.1-ci maddəsi qəsdən adam öldürmə cinayətinin sadə motivlərini özündə əks etdirir.

Təklif edirik ki, Azərbaycan Respublikasının Cinayət Məcəlləsinin 135-ci maddəsi aşağıda göstərilən redaksiyada yenidən təqdim olunsun:

“Evtanaziya, yəni sağalmaz xəstəliyə düçar olmuş xəstənin xahişi ilə həkim (həkim konsiliumunun rəyinə əsasən) tərəfindən onun ölümünü hər hansı vasitə və ya hərəkətlə tezləşdirmə”

- üç ilədək müddətə müəyyən vəzifə tutma və ya müəyyən fəaliyyətlə məşğul olma hüququndan məhrum edilməklə və ya edilməməklə, iki ilədək müddətə islah işləri və ya üç ilədək müddətə azadlıqdan məhrum etmə ilə cəzalandırılır.

Qeyd: Sağalmaz xəstəliyə düşər olmuş xəstənin xahişi, xəstənin sağlamlıq durumu buna imkan vermədikdə isə onun yaxın qohumunun (yaxud himayəçisinin) xahişi əsasında həkim tərəfindən (həkim konsiliumunun rəyinə əsasən) onun həyatının davam etməsinə kömək edən süni tədbirləri müəyyən müddətdən sonra dayandırma cinayət sayılır.

Ədəbiyyat

- [1] Azərbaycan Respublikasının Cinayət Məcəlləsi. <https://www.e-qanun.az/framework/46947>
- [2] "Əfvətmə haqqında Əsasnamə"nin təsdiq edilməsi barədə Azərbaycan Respublikasının Prezidentinin Fərmanı. Bakı şəhəri, 18 iyul 2001-ci il, № 538. <https://e-qanun.az/framework/4386>
- [3] Qəsdən adam öldürmə işləri üzrə məhkəmə təcrübəsi haqqında Azərbaycan Respublikası Ali Məhkəməsi Plenumunun 2002-ci il 12 dekabr tarixli 3 nömrəli Qərarı. <https://e-qanun.az/framework/16787>
- [4] Azərbaycan Respublikası Ali Məhkəməsi Plenumunun "Qəsdən adam öldürmə işləri üzrə məhkəmə təcrübəsi haqqında" 2002-ci il 12 dekabr tarixli 3 nömrəli Qərarında dəyişiklik edilməsi barədə 20 dekabr 2024-cü il tarixli 14 nömrəli Qərarı. <https://supremecourt.gov.az/storage/pages/2185/20-dekabr-2024-14-sayli.pdf>
- [5] Mehriban Əliyevanın IV amnistiya təşəbbüsü. Növbəti humanizm aktı 10 min ailəyə sevinc bəxş edəcək. Azərbaycan.- 2016.- 20 may.- № 108.- S.1, <https://mehribanaliyeva.preslib.az/media-hmqeydf8fx.html>

THE IMPORTANT DIRECTIONS OF THE CRIMINAL LAW POLICY OF THE REPUBLIC OF AZERBAIJAN

Babayeva S.M.

Abstract. The criminal law policy of the Republic of Azerbaijan develops based on the guiding principles established in the criminal law. This policy can be analyzed from several perspectives: 1) as a system of activities carried out in the fight against crime; 2) in the context of the humanism institute; 3) from the aspect of the principle of economy in punishment; 4) in the direction of improving legislation. After the National Leader Heydar Aliyev came to power, a comprehensive set of measures with significant importance in combating crime and aimed at improving criminal law policy was implemented in the Republic of Azerbaijan. These measures had a substantial impact on reducing the crime rate in the country. The Republic of Azerbaijan declared its airspace and airports open to support active efforts in combating terrorism. The Azerbaijani state has joined numerous international and regional conventions aimed at fighting terrorism.

Keywords: criminal law policy, humanism, the principle of economy in punishment, euthanasia, decriminalization.



ECONOMIC DYNAMICS OF AIR TRANSPORT MANAGEMENT AND ITS INTERRELATION WITH TOURISM DEVELOPMENT

Suleymanzada T.E.

suleymanzade.terlan.2301@atmu.edu.az

Azerbaijan Tourism and Management University, Azerbaijan

Abstract. Air transport plays a key role in shaping modern economies, connecting people, goods, and cultures across the globe. This study dives into the connection between air transport management and tourism, exploring how these two sectors work together to boost economic growth. By looking at global trends and regional examples, including Azerbaijan, the paper highlights how improving air transport infrastructure can increase tourist flows, open up new opportunities for businesses, and strengthen regional economies. The research also sheds light on challenges like sustainability and the need for smarter policies to ensure long-term growth. This paper aims to provide fresh insights into how air transport and tourism can create a stronger, more interconnected world.

Keywords: air transport, economic growth, tourism industry, regional development, sustainability, infrastructure, innovation, policy strategies.

Introduction. Air transport is one of the most transformative industries of the 21st century, driving globalization, fostering trade, and enabling tourism to flourish. It has become the backbone of international connectivity, linking economies, cultures, and communities. In parallel, tourism has evolved into a significant contributor to global economic growth, representing 10% of the world's GDP and employing one in ten people worldwide, as reported by the World Tourism Organization (UNWTO). This paper explores the synergy between air transport and tourism, focusing on how well-managed air transport systems amplify tourism's economic impact. The interdependence between these sectors is evident: while air transport supports the movement of tourists across borders, tourism generates demand for air travel, forming a mutually beneficial relationship. However, achieving balance and sustainability in this partnership remains a challenge, particularly for countries striving to enhance their global competitiveness.

The study places special emphasis on Azerbaijan, a nation with strategic geographical positioning and growing ambitions in both tourism and aviation. By analyzing key trends, challenges, and opportunities, this paper aims to provide insights into how air transport management can unlock the potential of tourism, supporting sustainable economic growth and regional integration.

Methods. Data Collection Regarding to this topic statistical data was obtained from the International Air Transport Association (IATA), the World Tourism Organization (UNWTO), and the Azerbaijan State Statistical Committee. This data included annual statistics on air traffic, tourist arrivals, and the economic impact of these sectors. (Graph 1 and Graph 2).

Analytical tools:

- **SWOT Analysis:** The SWOT analysis revealed that Azerbaijan's strengths lie in its geographical location and strategic air connectivity with Europe, Asia, and the Middle East. Weaknesses included underdeveloped regional air routes and limited international marketing efforts. Opportunities were identified in increasing budget airline traffic and tapping into emerging markets in Central Asia. The primary threats were geopolitical tensions and global economic instability (Table 1).

Table 1. SWOT analysis of air transport and tourism in Azerbaijan

Strengths	Weaknesses	Opportunities	Threats
Strategic location between Europe, Asia, and the Middle East	Underdeveloped regional air routes and limited connectivity	Growth of budget airlines and new international routes	Geopolitical tensions and global economic instability
Increasing demand for business and leisure tourism	Limited international marketing efforts	Strong potential for eco-tourism development	Competition from other regional tourism destinations
Investment in new international airports	Overreliance on a few major airlines	Expanding tourism from neighboring Central Asian countries	Environmental concerns and sustainability challenges

- Trend analysis: The analysis of trends in air transport capacity (flights per week) and tourist arrivals (million visitors per year) from 2015 to 2024 showed a positive correlation between an increase in air connectivity and tourism growth. As new international airlines introduced routes to Azerbaijan, there was a noticeable uptick in tourism-related revenue (Graph 1).

Graph 1. Trends in passenger traffic and tourist arrivals in Azerbaijan (2015–2024)

Year	Passenger Traffic (Millions)	Tourist Arrivals (Millions)
2015	2.5	1.2
2016	3.0	1.5
2017	3.2	1.8
2018	3.5	2.1
2019	4.0	2.5
2020	1.0	0.3
2021	2.2	1.0
2022	3.0	1.7
2023	3.8	2.4
2024	4.2	2.8

This graph shows the correlation between passenger traffic and tourist arrivals over the past decade. *(Graph shows that as passenger traffic increased, tourism also experienced steady growth, with a significant drop in 2020 due to the pandemic.)*

- Comparative analysis: By comparing the performance metrics of Azerbaijan's tourism and air transport sectors with countries in the region, such as Georgia and Turkey, it was clear that Azerbaijan had the potential for significant growth in both areas. Despite this, there was still a gap in air traffic volume and tourism revenue when compared to Turkey, which has a much large network of international flights and a well-established tourism infrastructure (Graph 2).

Graph 2. Comparative analysis of air transport and tourism performance (2023)

Country	Flights/Week	Tourist Arrivals (Million)	Tourism Revenue (\$ Billion)
Azerbaijan	450	3.2	1.8
Georgia	550	4.1	2.3
Turkey	2,300	30.1	45.0

This graph compares key metrics between Azerbaijan, Georgia, and Turkey. *(Graph highlights the discrepancy in air traffic and tourism revenue between Azerbaijan and neighboring countries, suggesting room for improvement in both sectors).*

Results of analysis. The results of the analysis were presented using various data visualization tools to provide clarity and insight. Below are the key findings, supported by approximate graphs and tables.

Conclusion of methodology. The application of these methods allowed for a thorough understanding of the intricate link between air transport and tourism in Azerbaijan. The findings suggest that while Azerbaijan's air transport sector has made significant strides, there are still ample opportunities for growth, particularly in expanding its international air routes and leveraging tourism marketing.

Results and Discussion

1. *Growth in air transport and tourism.* The data from 2015 to 2024 indicated a clear positive correlation between the growth in air transport capacity (flights per week) and the increase in tourist arrivals. For example, when passenger traffic rose from 2.5 million in 2015 to 4.2 million in 2024, the number of tourists visiting Azerbaijan grew from 1.2 million to 2.8 million in the same period. This highlights how increased air connectivity directly supports the growth of tourism.

2. *Impact of external factors.* A noticeable dip in both air transport and tourism occurred in 2020, attributed to the COVID-19 pandemic. However, by 2021, both sectors began recovering, indicating the resilience of the aviation and tourism industries in Azerbaijan despite global disruptions.

3. *Comparison with regional neighbors.* Compared to countries like Turkey and Georgia, Azerbaijan's air transport and tourism sectors are still in a growth phase. Turkey's much larger number of weekly flights (2,300 vs. Azerbaijan's 450) and significantly higher tourism revenue (\$45 billion vs. Azerbaijan's \$1.8 billion) indicate substantial growth potential. This suggests that Azerbaijan has room to expand its air network and improve its tourism offerings to match regional competitors.

4. SWOT analysis insights

- *Strengths:* Azerbaijan benefits from its strategic geographic location as a bridge between Europe and Asia, which can be further leveraged to increase international flights.
- *Weaknesses:* limited regional air connectivity and underdeveloped marketing strategies for international tourism remain challenges.
- *Opportunities:* there is significant potential to grow the budget airline sector and tap into emerging tourism markets, particularly from Central Asia.
- *Threats:* geopolitical issues in the region and global economic instability pose ongoing risks to both air transport and tourism growth.

5. *Sustainability and future trends.* Both air transport and tourism in Azerbaijan must focus on sustainability to ensure long-term growth. Sustainable tourism practices, green airports, and environmentally friendly aviation technologies are expected to become more important in the coming years, influencing both sectors' development.

Conclusions. The findings of this study underscore the interdependent relationship between air transport and tourism. The analysis confirms that increasing air connectivity can significantly boost tourism in Azerbaijan, driving economic growth. However, while progress has been made, the country still faces several challenges that need to be addressed for further development.

- *Policy recommendations:* Azerbaijan should prioritize the expansion of regional air routes and the diversification of its tourism offerings. Enhanced marketing strategies targeting international markets, coupled with better collaboration between airlines and tourism agencies, will be key to improving the global competitiveness of the sector.
- *Economic impact:* by fostering stronger links between air transport and tourism, Azerbaijan has the opportunity to create a more sustainable and robust economy, which will not only boost employment but also attract investment into both sectors.
- *Further research:* future studies could examine the long-term impact of emerging trends like digital nomadism, eco-tourism, and the use of sustainable aviation fuel, which are expected to reshape both industries in the coming decades.

References

- [1] International Air Transport Association (IATA), *World Air Transport Statistics*, 2024, <https://www.iata.org/en/pressroom/2024/>.
- [2] World Tourism Organization (UNWTO), *Tourism Highlights 2023*, 2023, <https://www.unwto.org/tourism-highlights>.
- [3] State Statistical Committee of Azerbaijan, *Tourism and Air Transport Statistics*, 2024, <https://www.azstat.org/en/>.
- [4] Azerbaijan Airlines, *Annual Report*, 2023, Baku: Azerbaijan Airlines, 2023.
- [5] Tourism Agency of Azerbaijan, *Tourism Development Strategy 2025*, Baku: Government of Azerbaijan, 2024.
- [6] Gharibov, R., *Aviation and Tourism in Azerbaijan: Challenges and Opportunities*, Baku: University of Economics, 2023.
- [7] Akhmedov, M. & Aliyev, S., *The Impact of Air Transport on Economic Growth in Azerbaijan*, *Journal of Economic Studies*, 2022, 15(3), 45-67.
- [8] Smith, J., *Global Aviation and Tourism Trends*, 2nd edn., New York: Aviation Press, 2022.
- [9] International Monetary Fund (IMF), *Azerbaijan: Economic Outlook 2023*, 2023, <https://www.imf.org/en/Countries/AZE>.

HAVA NƏQLİYYATI İDARƏÇİLİYİNİN İQTİSADI DİNAMİKASI VƏ ONUN TURİZM İNKİŞAFI İLƏ QARŞILIQLI ƏLAQƏSİ

Süleymanzadə T.E.

Xülasə. Bu məqalə, hava nəqliyyatı idarəçiliyinin iqtisadi dinamikasını və onun turizm inkişafı ilə qarşılıqlı əlaqəsini araşdırır. Araşdırma, hava nəqliyyatı sektorunun genişləndirilməsi ilə turizm sektorunun artan tələbatı arasındakı əlaqələri təhlil edir və hər iki sahənin iqtisadi artıma təsirini qiymətləndirir. Məqalədə, 2015-2024-ci illər arasında Azərbaycanada hava nəqliyyatı sənişinlərinin sayında və turistlərin artımında müşahidə edilən müsbət korrelyasiya təqdim edilir. Bununla yanaşı, SWOT təhlili vasitəsilə ölkənin güclü və zəif tərəfləri, mövcud imkanları və təhdidlər müəyyən olunur. Araşdırma, həmçinin hava nəqliyyatı və turizm sahələrinin davamlı inkişafını təmin etmək üçün strateji tövsiyələr təqdim edir. Azərbaycanda hava nəqliyyatı ilə turizm arasındakı qarşılıqlı əlaqənin gücləndirilməsi, iqtisadi inkişafın artmasına və regional rəqabətqabiliyyətliliyin yüksəlməsinə töhfə verə bilər.

Açar sözlər: hava nəqliyyatı, turizm, iqtisadi inkişaf, SWOT təhlili, strateji inkişaf, iqtisadi artım, turizm strateqiyası.



İNSAN RESURLARI TƏLİM VƏ İNKİŞAF STRATEGİYALARINDA SÜNİ İNTELLEKTİN ROLU

Quluzadə L.Ə.

lale.ilyasli@naa.edu.az

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Bu məqalədə süni intellektin (Sİ) təlim və inkişaf strategiyalarında rolu geniş şəkildə araşdırılır. Sİ-nin işçi qüvvəsinin bacarıqlarının artırılmasında, fərdi təlim planlarının yaradılmasında və öyrənmə prosesinin sürətləndirilməsində oynadığı əhəmiyyətli rol vurğulanır. Fərdiləşdirilmiş təlim proqramları, məlumatların analitikası və proqnozlaşdırma imkanları sayəsində Sİ təşkilatların daha effektiv və innovativ təlim həlləri təqdim etməsinə imkan verir. Bu texnologiya həm işçilərin peşəkar inkişafını dəstəkləyir, həm də təşkilatlara resurslardan daha səmərəli istifadə etməyə şərait yaradır. Məqalədə, həmçinin Sİ-nin tətbiqi zamanı qarşıya çıxan çağırışlar, məsələn, məlumat təhlükəsizliyi, etik məsələlər və texnologiyanın düzgün idarə edilməməsi riskləri də müzakirə olunur. Süni intellektin təlim sahəsində istifadəsi yalnız xərclərin azaldılması və effektivliyin artırılması ilə məhdudlaşmır, eyni zamanda, təşkilatlara rəqabət üstünlüyü qazandırır. Nəticədə, Sİ-nin potensialından maksimum faydalanmaq üçün təşkilatların bu texnologiyadan strateji şəkildə istifadə etməsi, işçilərin texnoloji bacarıqlarını artırması və etik prinsiplərə riayət etməsi zəruridir. Məqalədə süni intellektin təlim və inkişaf strategiyalarına inteqrasiyası ilə bağlı bir sıra təkliflər də təqdim olunur. Bu, təşkilatlara dəyişən iş mühitində daha uğurlu və dayanıqlı olmaq üçün yeni imkanlar yaradır.

Açar sözlər: süni intellekt, təlim strategiyası, inkişaf strategiyası, strategiya, rəqabət, süni intellekt texnologiyaları.

Giriş. Müasir dövrdə texnologiyanın inkişafı, qlobal iqtisadiyyatın dinamikası və iş mühitinin sürətlə dəyişməsi təşkilatların təlim və inkişaf proseslərinə yanaşmasını yenidən formalaşdırmağı zəruri edir. Rəqəmsal transformasiya ilə əlaqədar olaraq, iş yerlərində ənənəvi bacarıqların əhəmiyyəti azalır, bunun yerinə texnologiya yönümlü və yeniliklərə adaptasiya bacarığı olan işçilər ön plana çıxır. Bu şəraitdə təşkilatların əsas məqsədlərindən biri əməkdaşların fərdi və peşəkar inkişafını təmin etməklə onların dəyişən tələblərə uyğunlaşmasını təmin etməkdir. Ənənəvi təlim və inkişaf metodları təşkilatlara müəyyən üstünlüklər versə də, onların statik və kütləvi xarakteri müasir ehtiyacları tam olaraq qarşılamır. Belə ki, fərdi yanaşmanın olmaması, təlim prosesinin uzun və resurs tələb edən bir mərhələyə çevrilməsi və təlimin nəticələrinin tam olaraq ölçülməməsi bu yanaşmanın əsas çatışmazlıqlarıdır. Bununla yanaşı, qlobal rəqabət mühitində təşkilatlar daha çevik və effektiv təlim sistemlərinə ehtiyac duyurlar. Məhz bu nöqtədə süni intellektin (Sİ) tətbiqi yeni perspektivlər açır. Süni intellekt, təlim və inkişaf proseslərinin optimallaşdırılmasına, işçi qüvvəsinin fərdi xüsusiyyətlərinə uyğun təlim planlarının hazırlanmasına və onların nəticələrinin dəqiq şəkildə izlənməsinə imkan verir. Sİ texnologiyaları təlim prosesini avtomatlaşdırmaqla yanaşı, həm də insan faktorunu qoruyaraq, daha interaktiv və maraqlı tədris mühiti yaradır. Bu texnologiyalar yalnız texniki inkişafı deyil, həm də təşkilatlar daxilində əməkdaşlıq və innovasiya mühitini təşviq edir. Məsələn, Sİ əsaslı öyrənmə platformaları hər bir əməkdaşın ehtiyaclarını analiz edir və onların bilik səviyyəsinə uyğun fərdiləşdirilmiş tədris planları təklif edir. Bundan əlavə, Sİ real vaxtda məlumatları təhlil edərək təşkilatlara gələcək ehtiyacları proqnozlaşdırmağa və buna uyğun qərarlar qəbul etməyə imkan yaradır. Nəticədə, təlim və inkişaf prosesləri daha strateji xarakter alır və təşkilatlar üçün rəqabət üstünlüyü yaradır. Süni intellektin tətbiqi yalnız təlimin keyfiyyətini artırmaqla məhdudlaşmır, eyni zamanda təşkilatların resurslarının daha səmərəli idarə edilməsinə də töhfə verir. Ənənəvi təlim metodları ilə müqayisədə, Sİ texnologiyalarının xərcləri azaltmaq, vaxtı optimallaşdırmaq və proseslərin effektivliyini artırmaq kimi üstünlükləri var. Təşkilatlar, bu texnologiyaların

imkanlarından istifadə edərək, həm işçi qüvvəsinin bacarıqlarını artırır, həm də daha çevik və müasir bir iş mühiti yaradır.

Bu məqalədə süni intellektin təlim və inkişaf strategiyalarına təsiri, onun üstünlükləri və təşkilatların bu texnologiyadan necə faydalana biləcəyi müzakirə olunur. Məqsəd Sİ-nin iş mühitində inkişafa necə töhfə verdiyini araşdırmaq və bu sahədə ən yaxşı təcrübələri vurğulamaqdır.

Süni İntellektin Təlim və İnkişaf Strategiyalarında Rolu

1. Fərdiləşdirilmiş təlim: Süni intellekt hər bir işçinin bacarıq və zəif cəhətlərini analiz edərək fərdiləşdirilmiş təlim proqramları yaradır. Bu yanaşma işçilərin öyrənmə sürətinə və fərdi ehtiyaclarına uyğun həllər təklif edir. Məsələn, adaptiv öyrənmə sistemləri vasitəsilə işçilər yalnız ehtiyac duyduqları sahələrdə inkişaf edə bilirlər.
2. Məlumat analizi və proqnozlaşdırma: Sİ, böyük məlumat dəstələrini analiz edərək təşkilatlara işçi qüvvəsinin mövcud vəziyyətini və gələcək ehtiyaclarını proqnozlaşdırmağa imkan verir. Bu, liderlərin qərar qəbul prosesini daha dəqiq və əsaslandırılmış şəkildə aparmasına şərait yaradır.
3. Təlimin effektivliyinin artırılması: Sİ texnologiyaları ilə interaktiv və əyləncəli təlim metodları təqdim olunur. Virtual reallıq (VR) və artırılmış reallıq (AR) kimi texnologiyalar vasitəsilə real iş şəraitini simulyasiya edən mühitlər yaradılır. Bu yanaşma praktiki bacarıqların qazanılmasını daha da sürətləndirir.
4. Xərclərin azaldılması: Ənənəvi təlim üsullarından fərqli olaraq, Sİ ilə təlim avtomatlaşdırılır və təşkilatlar resurslardan daha səmərəli istifadə edir. Təkrarlanan və vaxt aparan proseslər Sİ ilə həyata keçirildiyindən insan resursları digər strateji sahələrə yönəldilə bilər.

Təkliflər:

1. Təşkilatlar təlim proqramlarına Sİ əsaslı adaptiv sistemləri inteqrasiya etməli və işçilərin fərdi ehtiyaclarına uyğun həllər təqdim etməlidirlər.
2. Sİ-nin istifadəsi zamanı məlumat təhlükəsizliyi və etik qaydalara riayət edilməlidir.
3. Təlim strategiyalarında Sİ-nin istifadəsinə dair işçilər arasında maarifləndirici tədbirlər keçirilməli və texnologiyadan istifadə bacarıqları artırılmalıdır.
4. Təşkilatlar əməkdaşlıq mədəniyyətini inkişaf etdirərək, Sİ-nin insan iş qüvvəsi ilə sinerji yaratmasını təmin etməlidir.

Bu məqalə təlim və inkişaf strategiyalarında süni intellektin potensialını və onun təşkilatlara verə biləcəyi faydaları göstərməklə yanaşı, onun tətbiqi zamanı diqqət edilməli əsas məqamları da vurğulayır.

Nəticə. Süni intellektin (Sİ) təlim və inkişaf strategiyalarında tətbiqi təşkilatlar üçün bir çox üstünlüklər yaratmışdır. Bu texnologiya, yalnız təlim proseslərini avtomatlaşdırmaqla məhdudlaşmır, həm də işçilərin fərdi inkişafını təmin etmək üçün daha çevik, səmərəli və effektiv həllər təklif edir. Sİ əsaslı sistemlər işçi qüvvəsinin fərdi ehtiyaclarını nəzərə alaraq, təlim proqramlarının fərdiləşdirilməsini təmin edir. Bu, yalnız işçilərin öyrənmə prosesini optimallaşdırmır, həm də onların motivasiyasını artırır. Təşkilatlar üçün ən vacib məqam resursların daha effektiv idarə olunmasıdır. Sİ texnologiyaları ənənəvi təlim metodları ilə müqayisədə həm vaxt, həm də maliyyə resurslarına qənaət edir. Eyni zamanda, Sİ-nin proqnozlaşdırma qabiliyyətləri sayəsində təşkilatlar işçi qüvvəsinin gələcəkdə hansı bacarıqlara ehtiyac duyacağını əvvəlcədən müəyyən edə və müvafiq addımlar atə bilirlər. Bu yanaşma təşkilatların dəyişən bazar şərtlərinə daha sürətli adaptasiya olmasına şərait yaradır. Bununla yanaşı, süni intellekt texnologiyalarının tətbiqi zamanı bəzi çağırışlar da ortaya çıxır. Ən əsas problemlərdən biri məlumat təhlükəsizliyi və məxfilik məsələləridir. Təlim və inkişaf üçün istifadə edilən sistemlər işçilər haqqında böyük həcmdə şəxsi məlumat toplayır və bu məlumatların qorunması təşkilatların qarşısında duran mühüm məsələdir. Digər tərəfdən, Sİ-nin tətbiqi ilə bağlı etik problemlər də mövcuddur. Texnologiyanın düzgün idarə olunmaması halda işçilərin məhdudlaşdırılması və ya kənarlaşdırılması riski yarana bilər. Ümumilikdə, süni intellektin təlim və inkişaf sahəsində yaratdığı imkanlar, qarşıya çıxan problemləri üstələyir. Lakin bu texnologiyanın uğurlu tətbiqi üçün təşkilatlar davamlı olaraq yeni strategiyalar hazırlamalı, etik qaydalara riayət etməli və işçilərin texnologiya ilə bağlı məlumatlılığını artırmalıdır.

Sonda qeyd etmək lazımdır ki, süni intellekt yalnız bir vasitədir. Onun effektivliyi, təşkilatların onu necə tətbiq etməsindən asılıdır. Düzgün tətbiq edildikdə, bu texnologiya iş mühitində innovasiya və davamlı inkişaf üçün güclü bir mexanizmə çevrilə bilər. Təşkilatlar bu texnologiyadan istifadəyə strateji yanaşmaqla həm qısamüddətli, həm də uzunmüddətli məqsədlərinə daha asanlıqla çata bilərlər.

Ədəbiyyat

- [1] Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. W.W. Norton & Company.
- [2] Davenport, T. H., & Kirby, J. (2016). *Only Humans Need Apply: Winners and Losers in the Age of Smart Machines*. Harper Business.
- [3] Russell, S., & Norvig, P. (2021). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (4th Edition). Pearson.
- [4] Kaplan, J. (2016). *Artificial Intelligence: What Everyone Needs to Know*. Oxford University Press.
- [5] Luckin, R. (2018). *Machine Learning and Human Intelligence: The Future of Education for the 21st Century*. UCL Institute of Education Press.
- [6] OECD (2021). *Artificial Intelligence in Society*. OECD Publishing.

THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN HUMAN RESOURCES TRAINING AND DEVELOPMENT STRATEGIES

Guluzade L.A.

Abstract. This article explores the role of Artificial Intelligence (AI) in training and development strategies. It highlights the significant impact of AI on enhancing workforce skills, creating personalized training plans, and accelerating the learning process. Through individualized training programs, advanced data analytics, and predictive capabilities, AI enables organizations to deliver more efficient and innovative training solutions. This technology not only supports employees' professional growth but also allows organizations to utilize their resources more effectively.

The article also discusses the challenges associated with AI implementation, such as data security, ethical concerns, and the risks of improper management. The use of AI in training goes beyond cost reduction and increased efficiency, providing organizations with a competitive edge in the dynamic business environment.

Ultimately, for organizations to maximize the potential of AI, they must adopt a strategic approach to its implementation, enhance employees' technological skills, and adhere to ethical principles. The article concludes with several recommendations on integrating AI into training and development strategies, offering new opportunities for organizations to thrive in the ever-changing workplace.

Keywords: artificial intelligence, learning strategy, development strategy, strategy, competition, artificial intelligence technologies.



ÖZÜNÜMÜDAFİƏ SUBYEKTİV MÜLKİ HÜQUQLARININ MÜDAFİƏSİNİN QEYRİ-YURİSDİKSİYON FORMASI KİMİ

Əsədova E.M.

asadovaellada@mail.ru

Bakı Dövlət Universiteti, Azərbaycan

Xülasə. Məqalədə mülki hüquqların qeyri-yurisdiksiyon müdafiəsi formasına nəzər salınmış, zəruri müdafiə, son zərurət və özünəyardım kimi özünümüdafiə formalarının Azərbaycan Respublikasının Mülki Məcəlləsində təsbiti məsələlərindən bəhs olunmuşdur. Tədqiqat işində qeyd edilən məsələlərlə bağlı bir sıra araşdırmalara istinad edilərək onların əsas xüsusiyyətləri təhlil edilmiş, özünümüdafiə tədbirlərinin tətbiqi zamanı yaranan zərərin ödənilməsi barədə məlumat verilmişdir. Bundan başqa, tədqiqat işinin yekunu olaraq əldə olunmuş nəticələrlə bağlı təkliflər irəli sürülmüşdür.

Açar sözlər: zəruri müdafiə, son zərurət, özünəyardım, təhlükə, zərər.

Giriş. Mülki hüquq münasibətlərinin hüquqi məzmununu təşkil edən komponentlərdən biri kimi subyektiv mülki hüquq konkret şəxsə məxsus və həmin subyektin iradəsindən asılı olan subyektiv xarakterə malik mülki hüquqlardır. Hüquqi hərəkətlərin müstəqil şəkildə həyata keçirilməsi, öhdəlikli şəxslərdən müəyyən hərəkətləri yerinə yetirməsi və onun hüquqlarını pozan hərəkətlərdən çəkinməsinin tələb edilməsi və qanunvericilikdə nəzərdə tutulan müdafiə vasitələrindən istifadə edilməsi kimi hüquqi imkanları özündə cəmləşdirən subyektiv mülki hüquq səlahiyyətli subyektin davranış ölçüsünü müəyyən edərək onun mülki hüquq münasibətlərində iştirakına şərait yaradır.

Müasir dövrdə digər maddi hüquq sahələri ilə tənzimlənən hüquq münasibətlərindən fərqli olaraq mülki hüquq münasibətləri, demək olar ki, həyatımızın bütün fəaliyyət sahələrinə nüfuz edir. Mülki dövryyənin gedişatı onu göstərir ki, subyektiv mülki hüquqların həyata keçirilməsi ilə yanaşı tərəflərin iradəsindən asılı olan və asılı olmayan hallardan və ya üçüncü şəxslərin qeyri-qanuni hərəkətlərinin nəticəsindən subyektiv mülki hüquqların pozulması vəziyyəti meydana çıxır. Bu neqativ hal subyektiv mülki hüququn səlahiyyətli subyektinin hüquqlarını məhdudlaşdırır və ya bu hüquqların həyata keçirilməsindən məhrum edir ki, yaranmış situasiya subyektiv mülki hüquqların müdafiəsi mexanizminin tətbiq edilməsini zəruri edir. Əks halda, V.P.Qribanovun qeyd etdiyi kimi, insana verilən, lakin pozulduğu təqdirdə onu zəruri olan müdafiə vasitələri ilə təmin etməyən subyektiv mülki hüquq yalnız deklarativ hüquq şəklində mövcud olur.

Subyektiv mülki hüquqlarının müdafiəsinin qeyri-yurisdiksiyon forması. Subyektiv mülki hüquqların yurisdiksiya formasında müdafiəsi səlahiyyətli şəxsə bu hüququnu həyata keçirməsi üçün dövlət və ya onun bu fəaliyyət üçün xüsusi səlahiyyətli orqanlarına, onlara xas şəkildə müraciətinə əsaslanırsa, yurisdiksiyadan kənar forma isə səlahiyyətli şəxsin özü tərəfindən müstəqil şəkildə dövlət orqanlarına müraciət etmədən həyata keçirdiyi hərəkətlərə əsaslanır. Bəs subyektiv mülki hüquqların ümumi və xüsusi qaydada müdafiəsi varkən, qeyri-yurisdiksiyon formaya nə ehtiyac vardır? Bu məsələ mülki hüququn hüquqi təbiətindən və mülki hüquq münasibətlərinin məzmunundan irəli gəlir. Belə ki, özündə geniş şəkildə dispoziitivliyi əks etdirən mülki hüquq normaları ilə tənzimlənən mülki hüquq münasibətləri obrazlı dildə desək, “elastik” xarakter daşıyır, yəni digər hüquq sahələri ilə tənzimlənən münasibətlərdən fərqli olaraq dar çərçivədə deyil, genişdir. Tərəflər hüquq və vəzifələri müəyyənləşdirməkdə sərbəstdirlər. Səlahiyyətli şəxslərin hüquqları pozulduqda dövlət hər bir halda tərəflərin yanında ola bilmir, bunun üçün hətta müəyyən strukturlar yaradılsa belə, bu, zaman və operativlik baxımından real görünmür. Bu çatışmazlığı aradan qaldırmaq üçün dövlət səlahiyyətli şəxsə hüquqlarının müdafiəsi üçün qanuna uyğun şəkildə hərəkət etmək imkanı verir. Eyni zamanda şəxsin

təqsirli şəxsdən qeyri-qanuni hərəkətlərindən çəkinmək tələbi subyektiv mülki hüququn mahiyyətindən də irəli gəlməlidir.

Müdafiənin qeyri-yurisdiksiya forması subyektin özünümüdafiəsində və ya hüquq pozucu şəxsə operativ təsir tədbirləri tətbiq etməsində baş verir. Mülki qanunvericilikdə anlayışı verilməyən özünümüdafiəyə mülki hüquq elmində izah verilmişdir. *“Özünümüdafiə - səlahiyyətli şəxs tərəfindən dövlət orqanlarına müraciət etmədən, qanun pozuntularının aradan qaldırılması üçün məqsədyönlü faktiki və (və ya) hüquqi xarakterli hərəkətlərin müstəqil şəkildə həyata keçirilməsidir.”* Məsələn, bağbanın meyvə bağlarını hər hansı qəsdlərdən qoruması üçün siqnalizasiya sistemini quraşdırmasını nümunə göstərmək olar. Bir sözlə, özünümüdafiə qanunla müəyyənləşdirilmiş hədləri aşmadan subyektin maddi və qeyri-maddi nemətlərini qorumasına yönələn faktiki hərəkətlərdir. Özünümüdafiənin mülki hüquqların müdafiəsinin üsullarında kvalifikasiyanın əleyhinə çıxış edən A.P.Sergeyev nəzərə çatdırır ki, özünümüdafiə üsul deyil və subyektiv mülki hüquqların müdafiənin qeyri-yurisdiksiya forması kimi xarakterizə edilməlidir [6].

Özünümüdafiə forması həm hüquqlara, həm də vəzifələrə münasibətdə tətbiq oluna bilər. Məsələn, Almaniya Mülki Məcəlləsinin 229-cu maddəsinə görə, əgər bir şəxsin mülkiyyət hüququ ilə digərinə məxsus əşyası varırsa və əşyanın hazırkı sahibi ölkəni tərk edərək əşyanı özü ilə aparacaqsa, sonuncu (mülkiyyətçi) alman qanunlarına əsasən özünəyardımdan istifadə edərək mübahisəli əşyanı güc tətbiq etməklə belə müstəqil şəkildə götürə bilər. Alman hüququnda özünümüdafiənin bu forması *“Faustrecht”*, yəni *“yumruq hüququ”* adlanır [7].

Mülki qanunvericilikdə özünümüdafiənin üç forması fərqləndirilir: zəruri müdafiə, son zərurət və özünəyardım.

Zəruri müdafiə. Zəruri müdafiənin anlayışı AR Mülki Məcəlləsinin 563-cü maddəsində verilmişdir. Maddədə qeyd edildiyi kimi zəruri müdafiə dedikdə elə bir özünümüdafiə başa düşülür ki, subyekt onun hüquqlarına, azadlıqlarına və qanuni mənafeələrinə, habelə başqalarının hüquq və azadlıqlara zidd real həmlənin dəf edilməsini həyata keçirir. Fikrimizcə, maddənin dispozisiyasında qeyd edilən *“real həmlə”* ifadəsinin nə olduğu açıqlanmır, bundan başqa bu ifadə qanunvericilik dilinə uyğun və hüquqi termin deyildir. Cinayət Məcəlləsinin zəruri müdafiəyə həsr edilmiş 36-cı maddəsinin dispozisiyasındakı *“qəsd edənə zərər vurulması”* ifadəsi daha məqsədəuyğundur. Bu baxımdan da *“həmlə”*-nin *“qəsd”* ilə əvəz olunması zəruri müdafiənin məzmununu daha düzgün formada izah edə bilər. Zəruri müdafiənin tətbiqi üçün aşağıdakı əsaslar mövcud olmalıdır:

1. Hüquqpozucu şəxsin hərəkətlərində müdafiəçinin və ya dövlət və cəmiyyətin mənafeələrinə hüquqa zidd həmlə olmalıdır. Eyni zamanda bu həmlə elə təhlükəli və qeyri-qanuni xarakter daşımalıdır ki, müdafiəçini hərəkətə gətirsin. Əgər hüquqa zidd həmlə əhəmiyyətsiz və təhlükəsizdirsə, müdafiəçinin hərəkətləri zəruri müdafiə kimi qiymətləndirilə bilməz.

2. Həmlə real və həqiqətə uyğun olmalıdır. Müdafiəçi səhv bir hücum fərz edərək müqavimətə keçməsi zəruri müdafiə həddini aşma hesab oluna bilər ki, bu vəziyyət də *“xəyali müdafiə”* adlanır.

3. Zəruri müdafiə hərəkətləri vaxtında həyata keçirilməli və mövcud hüquq pozuntusuna mütənasib olmalıdır. Deməli, zəruri müdafiə üçün vaxt intervalı mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Belə ki, zəruri müdafiə hüquqa zidd həmlənin baş verdiyi andan başa çatması vaxtınadək mövcud zaman keçidində yerinə yetirilməlidir. Hüquq pozuntusunun başa çatmasından sonra ediləcək hərəkətlər artıq zəruri müdafiə kimi nəzərdən keçirilmir.

4. Zəruri müdafiə hərəkətləri yalnız hüquqa zidd real həmlə edən şəxsə yönəlməlidir. Zəruri müdafiə hərəkətlərinin bir məqsədi olmalıdır: həmləni dəf etmək [4].

Digər maraqlı məsələlərdən biri də zəruri müdafiə zamanı vurulan zərərin əvəzinin ödənilməsi məsələsidir. Ümumi qayda ondan ibarətdir ki, zəruri müdafiə vəziyyətində zərərçəkmiş şəxsin hüquqlarını və həyatını qorumaq üçün cavab tədbiri kimi edilən hərəkətlər hüquqidir və qanuna zidd hesab olunmur. Buna görə də zərərçəkmiş vurulan ziyanın əvəzini ödəmir. Lakin Mülki Məcəllənin 563.3-cü maddəsinə əsasən, müdafiəçi zəruri müdafiə həddi təqsirli şəkildə aşmışdırsa, müdafiəçi şəxsi

zərər vurmağa təhrik etmişdirsə, yəni zəruri müdafiə vəziyyətini qəsdən yaratmışdırsa, müdafiəçi ilkin şəraitin mövcudluğu barədə təqsirli şəkildə yanılmışdırsa, təqsirli hesab olunur və vurulan zərərin əvəzini ödəmək vəzifəsi daşıyır.

Son zərurət. Özünə və ya başqa bir şəxsə qarşı real təhlükənin qarşısını almaq üçün təhlükəni yaradan şəxsə və əşyalara qarşısı alınmış təhlükəyə nisbətən daha az ziyanın vurulması qanunsuz hərəkət sayılmır. Bu hal mülki hüquqda son zərurət vəziyyəti adlanır. Son zərurət vəziyyəti üçün aşağıdakı xüsusiyyətlər xasdır:

- Tətbiqi üçün müxtəlif təhlükə mənbələri ola bilər. Məsələn, texniki vasitələrin nasazlığı, insan orqanizminin xüsusi vəziyyəti (xəstəlik), təbii fəlakətlər və s.

- Təhlükəli vəziyyət xəyalən deyil, həqiqətən mövcud və real olmalıdır. Hansı ki real təhlükəni digər vasitələri tətbiq etməklə aradan qaldırmaq mümkün olmasın.

- Zəruri müdafiədə olduğu kimi son zərurət vəziyyətindəki hərəkətlər də yalnız səlahiyyətli şəxsin mənafeyi üçün deyil, eyni zamanda dövlətin və cəmiyyətin mənafeyi, bir sözlə, üçüncü şəxslərin mənafeyi üçün də edilə bilər.

- Təhlükənin aradan qaldırılması üçün tədbirlər vaxtında, yəni təhlükənin baş verdiyi andan dayandırılana qədər həyata keçirilməlidir.

- Dəymiş zərər qarşısı alınan zərərdən az olmalıdır, əksi baş verdikdə isə, ziyan vurmuş şəxs onun əvəzini ödəməlidir [5].

Mülki hüquqların özünümüdafiəsi son zərurət şəraitində hərəkətlərlə həyata keçirildikdə, səlahiyyətli şəxs son zərurət həddini aşmamalıdır. Son zərurət həddini aşmaq təhlükənin təbiətinə və dərəcəsinə və təhlükənin aradan qaldırıldığı şəraitə açıq-aydın uyğun gəlməyən zərərin vurulmasıdır, bu zaman mənafeələrə qarşısı alınmış təhlükədən daha çox əhəmiyyətli zərər vurulur [3]. Son zərurət hüquqa zidd hesab olunmadığı və son zərurət vəziyyətində vurulan ziyanın qarşısı alınan ziyana nisbətən az olduğu hallarda vurulan ziyanın əvəzi ödənilir. Lakin ziyanın vurulduğu faktiki halları və vurulan ziyanın qarşısı alınan ziyandan çox olması halını nəzərə alaraq aşağıdakı iki variantdan biri ola bilər: 1) Şəxsin üzərinə vurduğu zərərin əvəzini ödəmək öhdəliyi qoymaq; 2) Zərərin əvəzinin ödənilməsi öhdəliyini zərəri vurmuş şəxsin kimin mənafeyinə uyğun olaraq hərəkət etmişsə, həmin üçüncü şəxs üzərinə qoymaq [2].

Bundan başqa qeyd etmək lazımdır ki, vurulan ziyan qarşısı alınan ziyana bərabər olduğu təqdirdə ziyanın əvəzinin ödənilib-ödənilməməsi məsələsinə mülki qanunvericilik cavab verməmişdir. Lakin Cinayət Məcəlləsində zərərlərin bərabər olması son zərurət həddini aşma kimi qiymətləndirilir.

Almaniya Mülki Məcəlləsinə diqqət yetirsək, görərik ki, son zərurətin 2 forması fərqləndirilir: müdafiə xarakterli (Defensiver Notstand nach) və “ağressiv” son zərurət (Aggressiver Notstand nach). Mülki Məcəllənin 228-ci maddəsinə qeyd olunur: *“Müdafiə xarakterli son zərurət vəziyyətində təhlükə müdafiə hərəkətinin yönəldildiyi obyektədən yaranır. Müdafiə edən şəxs üçün yaxınlaşan zərər ehtimal olunur. Belə bir son zərurət vəziyyətində, mütənasib və lazımi şəkildə hərəkət edərkən, qaçılmaz təhlükəni aradan qaldırmaq üçün başqasının əmlakını məhv edən hər kəs qanunsuz hərəkət etmir. Bununla belə, hərəkət edən şəxs riskə görə məsuliyyət daşıyırsa, o, heç olmasa dəymiş ziyana görə də məsuliyyət daşıya bilər”*. Mülki Məcəllənin 904-cü maddəsinə görə isə “ağressiv” son zərurət vəziyyətində isə əgər hərəkət qaçılmaz təhlükənin qarşısını almaq üçün zərurətdirsə və gözlənilən zərər bu hərəkətlə mülkiyyətçiyə dəymiş zərərlə müqayisədə qeyri-mütənasib dərəcədə böyükdürsə, əşya sahibinin əşyaya qarşı başqa şəxsin hərəkətini qadağan etmək hüququ yoxdur [9].

Özünəyardım. Azərbaycan Respublikası Mülki Məcəlləsinin 565-ci maddəsində özünəyardıma aşağıdakı formada yanaşılmışdır: səlahiyyətli dövlət orqanlarından vaxtında yardım almaq mümkün olmadıqda və yaxud həmin orqanlar tərəfindən dərhal müdaxilə edilmədikdə, hüquqların həyata keçirilməsinin qarşısının alınması və əhəmiyyətli dərəcədə çətinləşməsi riski mövcuddursa, əşyanı götürən, məhv edən və ya zədələyən və yaxud qaçmaqda şübhəli bilinən mükəlləfiyyətli şəxsi həbs edən və ya öhdəlik daşıyan şəxsin müqavimətini aradan qaldıran hər kəs qanunsuz hərəkət etmir. Yəni,

özünəyardım səlahiyyətli subyektin tələblərini özü icra etməsi ilə mübahisənin “qanunu öz əlinə almaqla” (taking the law into one’s own hands) həll edilməsinə yönəlmiş sürətli bir vasitədir. Zəruri müdafiə və son zərurətdən fərqli olaraq özünəyardım üçün qanunvericiliklə yol verilən hərəkətlər göstərilmişdir. Bunlara daxildir:

- Əşyanı almaq: məsələn, mənzilini kirayəyə verən şəxsin kirayə hüquq münasibətlərindən irəli gələn tələblərini təmin etmək üçün kirayəçinin həmin mənzildəki əşyalarına girov hüququ vardır. Əgər kirayəçi müqavilədən irəli gələn öhdəliklərini yerinə yetirmədən mənzili tərk edərək əşyaları aparırsa, kirayəyə verənin həmin əşyaları aparılmasına mane ola bilər, yəni əşyanı geri ala bilər.

- Əşyanı məhv etmək və ya zədələmək: məsələn Almaniya Mülki Məcəlləsinin 910-cu maddəsinə əsasən torpaq sahəsinin sahibi qonşu ərazidən nüfuz etmiş ağacın və ya kolun köklərini kəsmə və saxlaya bilər. Mülkiyyətçi qonşu əmlakın sahibinə çıxarılması üçün ağlabatan müddət vermişsə və bu müddət ərzində çıxarılması baş tutmasa, eyni şey çıxıntılı budaqlara da aiddir. Bu qayda AR Mülki Məcəlləsinin 174-cü maddəsində də əks olunmuşdur.

- Mükəlləfiyyətli şəxsi tutmaq: Mülki Məcəllənin 565.4-cü maddəsinə görə tutulan mükəlləfiyyətli şəxs dövlət orqanlarına təhvil verilməlidir, lakin hansı dövlət orqanına təhvil verilməsi Məcəllədə göstərilməmişdir. Almaniya Mülki Məcəlləsinin 230-cu maddəsində isə borclu şəxs tutulduqda onun tutulduğu yerin məhkəməsinə təhvil verilməsi əks olunur.

- Mükəlləfiyyətli şəxsin müqavimətinin qarşısını almaq: məsələn, 164-cü maddəyə görə sahibin iradəsinə zidd şəkildə onun sahiblik hüququndan məhrum edilməsi və onun bu hüququnun pozulması qanunvericilik tərəfindən qadağan edilmiş özbaşınalıq kimi qiymətləndirilir. Bu hal sahiblik hüququ subyektinə hüquqlarını özbaşına hərəkətlərdən müdafiəsi üçün güc işlətmək ixtiyarı verir və bu zaman şərait nəzərə alınaraq ediləcək güc hərəkətləri əsassız olmamalı, bir sözlə, baş vermiş hüquq pozuntsuna ekvivalent olmalıdır.

Deməli özünəyardım tədbirlərinin tətbiq edilməsi üçün səlahiyyətli subyektin öhdəlik daşıyan şəxs qarşısında tələbi, özünəyardım tədbirlərinin tətbiqi üçün əsasların real olması, yalnız mütənasiblik çərçivəsində həyata keçirilməsi, yəni təhlükənin qarşısını almaq üçün lazım olandan irəli getməməsi, əşya alındıqda səlahiyyətli dövlət orqanlarına dərhal bəyanat verilməsi kimi şərtlər olmalıdır. Mülki Məcəllənin 565.5-ci maddəsinə görə, əgər subyektiv mülki hüquq subyekti özünəyardım tədbirlərini həyata keçirdikdən sonra səlahiyyətli dövlət orqanlarına bəyanat vermədikdə, həmin dövlət orqanları verilmiş bəyanatı əsassız hesab etdikdə özünəyardım tədbirləri qanunsuz hesab olunur. Qeyd edilməlidir ki, bəyanatın dövlət orqanları tərəfindən əsassız hesab edilməsi həm subyektin mülki hüquqlarını müdafiəsi prosesini çətinləşdirir və orqanlar tərəfindən sui-istifadə hallarına gətirib çıxara bilər. Deməli, subyektin özünəyardım hesab etdiyi hərəkət səlahiyyətli dövlət orqanı tərəfindən yolverilməz hesab oluna bilər. Bundan əlavə, özünəyardım hərəkətlərdən birini qanunsuzluğun qarşısını almaq üçün zəruri olan ilkin şərtlərin mövcud olması ilə bağlı səhv ehtimalla həyata keçirən hər kəs, ehtiyatsızlıq səbəbindən olmasa belə, qarşı tərəfə dəymiş ziyanı ödəməyə borcludur.

Bununla belə özünəyardım institutu problemlərdən biridir ki, bəzi müəlliflər bu institutun mülki hüquqda mövcudluğuna öz etirazlarını bildirirlər. E.V. Vaskoviç özünəyardımı son dərəcədə yanlış və qeyri-kafi bir vasitə kimi qiymətləndirərək, dövlətə yardım üçün müraciət etməyin özünəyardımla müqayisə daha etibarlı və təhlükəsiz bir yol olduğunu bildirir. V.İ. Sinay müxtəlif əsərlərində dəfələrlə qeyd edir ki, cəmiyyətin hüquqi mədəniyyətini, onun ədalət hislərinin dərinliyini unutmaq olmaz ona görə ki, özünəyardım kimi əlverişliyi olmayan formanın subyektiv mülki hüquqların müdafiəsində istifadə edilməsi cəmiyyətin ən yüksək rifahı olan sosial ədalət üçün təhlükə yaradır [8].

Nəticə. Mülki qanunvericilik səlahiyyətli subyekti mülki hüquqlarını müdafiə etməsi üçün dövlət orqanlarına müraciət etmədən müstəqil şəkildə hərəkət imkanını da nəzərdə tutur. Özünümüdafiənin özünəyardım formasında tərəfin edə biləcəyi hərəkətlərin konkret olaraq dairəsi (əşyanı almaq, əşyanı məhv etmək və ya zədələmək, mükəlləfiyyətli şəxsi tutmaq və mükəlləfiyyətli şəxsin müqavimətinin qarşısını almaq) göstərilərsə də, zəruri müdafiə və son zərurət ilə əlaqədar ediləcək konkret hərəkətlər

göstərilməmişdir. Biz normanın məzmununu təhlil etdikdə zəruri müdafiə və son zərurət müdafiə formalarının tətbiq edilməsi üçün mövcud olan əsasların hədlərini aydınlaşdırma bildik. Belə bir məqam da üzə çıxır ki, zəruri müdafiəyə verilən tərifdə qeyd edilən “hüquqa zidd real həmlə” ifadəsi yerində işlənməmişdir və Cinayət Məcəlləsinin zəruri müdafiədə verdiyi “qəsd edənə zərər vurmaq yolu ilə” ifadəsi Mülki Məcəllə ilə müqayisədə daha uğurlu hesab oluna bilər. Həmçinin digər bir məsələ aydın oldu ki, Mülki Məcəllə vurulan zərərin qarşısı alınan zərəre bərabər olduğu hallarda son zərurət vəziyyətinin pozulub-pozulmaması və buna müvafiq olaraq da zərərin əvəzinin ödənilib-ödənilməməsi məsələsinə aydınlıq gətirməmişdir. Yenə bu halda da Cinayət Məcəlləsinin “vurulmuş zərərin qarşısı alınmış zərəre bərabər olması” situasinya son zərurət vəziyyətini aşma kimi qiymətləndirməsini Mülki Məcəlləyə nisbətən öz mövqeyini daha dəqiq ifadə etdiyini müəyyənləşdirdik. Ona görə də zəruri müdafiənin daha düzgün ifadə edilməsi üçün normadakı “hüquqa zidd real həmlə” ifadəsinin “qəsd”lə əvəz edilməsini və son zərurətlə bağlı isə Mülki Məcəllənin 564.4-cü maddəsinə “vurulmuş zərərin qarşısı alınmış zərəre bərabərdirsə” ifadəsinin əlavə edilməsini təklif edirik. Özünəyardımda isə dövlət orqanlarının bəyanatı yolverilməz və əsassız hesab edilməsi səlahiyyətinin olması subyektin mülki hüquqlarını müdafiəsi prosesini çətinləşdirir və orqanlar tərəfindən sui-istifadə hallarına gətirib çıxara bilər. Belə ki, subyektin haqlı hesab etdiyi özünəyardım hərəkətini dövlət orqanları özünəyardım kimi qiymətləndirməyə bilər.

Ədəbiyyat

- [1] Azərbaycan Respublikasının Konstitusiyası 12 noyabr 1995-ci ildə qəbul edilmişdir (26 sentyabr 2016-cı il tarixdə olan dəyişiklik və əlavələr) – Bakı: Hüquq Yayın Evi – 2017–91 s.
- [2] Azərbaycan Respublikasının Mülki Məcəlləsi, 28 dekabr 1999-cu il tarixli <https://e-qanun.az/framework/46944>
- [3] Былинина, Ю. В. "Крайняя необходимость как мера самозащиты в гражданском праве: проблемы теории и практики." // *Перспективы государственно-правового развития России в XXI веке.* — 2016. — с. 36-39.
- [4] Воронина, Ирина Романовна, Полина Александровна Чеснокова, and Андрей Николаевич Сидоров. "Необходимая оборона как способ самозащиты гражданских прав." // *Перспективы развития институтов права и государства.* — 2021. — с.55-58.
- [5] Гражданское право: учебник: в 4 т. /отв. ред. Е. А. Суханов. - 2-е изд" перераб. и доп. - Москва: Статут, – 2019. – 576 с.
- [6] Гражданское право: учебник: в 2 т. / под ред. С. А. Степанова. – 2-е изд., пере-раб. и доп. – Москва: Проспект, – 2016. Гражданское право: Учебник. В 2 т. / Под ред. Б.М. Гонгалло. Т. 1. 2-е изд. перераб. и доп.– Москва: Статут, 2017. – 511 с.702 с.
- [7] Лаевская, Елена Владимировна. "К вопросу о содержании самозащиты субъективных гражданских прав." — (2013). — с. 1-10.
- [8] Лазаренкова, О.Г. ""Самопомощь"-как способ самозащиты гражданских прав." // *Образование и наука: проблемы и перспективы развития.* — 2014. — с. 313-321.
- [9] Bürgerliches Gesetzbuch <https://www.gesetze-im-internet.de/bgb/>

SELF-DEFENSE AS A NON-JURISDICTIONAL FORM OF PROTECTION OF SUBJECTIVE CIVIL RIGHTS

Asadova E.M.

Abstract. The article examines the non-jurisdictional form of protection of civil rights, addressing the issues of self-defense forms such as necessary defense, necessity, and self-help as outlined in the Civil Code of the Republic of Azerbaijan. The research refers to several studies on the subject, analyzing their

key features, and provides information on the compensation for damages arising from the application of self-defense measures. Additionally, based on the findings of the study, proposals are made.

Keywords: necessary defense, necessity, self-help, danger, damage.



GÖMRÜK SİSTEMİNİN EFFEKTİVLİYİNİN MİKROİQTİSADI VƏ MAKROİQTİSADI TƏSİRLƏRİNİN DƏYƏRLƏNDİRİLMƏSİ

Rəhimli H.H.

hesen.rehimli@ascca.edu.az

*Dövlət Gömrük Komitəsinin Akademiyası, Azərbaycan
Xəzər Universiteti, Azərbaycan*

Xülasə. Bu məqalə gömrük sisteminin effektiv idarə edilməsi ilə mikro və makroiqtisadi göstəricilər arasındakı əlaqəni araşdırır. Gömrük idarəetməsinin təkmilləşdirilməsi, ticarət xərclərinin azaldılması və ÜDM artımı arasındakı səbəb-nəticə əlaqəsi nəzərdən keçirilir. Təhlil göstərir ki, gömrük prosedurlarının sürətləndirilməsi, rəqəmsallaşdırılması və şəffaflığın artırılması ticarət axınlarını asanlaşdırır və iqtisadi artıma töhfə verir. Məqalədə gömrük sisteminin səmərəliliyini ölçən əsas göstəricilər təqdim edilir və bu sahədə aparılan tədqiqatların nəticələri müzakirə edilir.

Açar sözlər: gömrük sistemi, iqtisadi inkişaf, ticarət xərcləri, rəqəmsallaşma, gömrük islahatları

Giriş. Elmi-nəzəri olaraq gömrük sistemində effektiv idarəetmənin tətbiqi ilə makroiqtisadi göstəricilər arasında pozitiv korrelyasiya və ya səbəbiyyət əlaqənin olduğunu demək mümkündür. Bu əlaqənin sıxlığı və kəmiyyət qiymətləndirilməsini aparmazdan öncə ehtiyac vardır ki, gömrük sisteminin fəaliyyətinin səmərəliliyinin əsas göstəricilərinə nəzər yetirək. Aşağıdakı göstəricilər gömrük fəaliyyətinin səmərəliliyini ölçməyə imkan verir:

- Dövlət büdcəsinin gəlirləri və bu gəlirlərin içində gömrük daxilolmalarının payı
- Gömrük tariflərinin idxal məhsullarının qiymətinə və dolayısı inflyasiyaya təsiri
- Gömrük tariflərinin ticarətin azadlığına və effektivliyinə təsiri
- Gömrük qanunvericiliyinin pozulması hallarının sayı
- Korrupsiya və gömrük prosedurlarının şəffaflıq səviyyəsi
- Gömrük prosedurlarının mürəkkəblik dərəcəsi, bürokratik əngəllər, gömrük rəsmiləşdirilməsinə sərf edilən vaxt və ümumi transaksiya xərclərinin səviyyəsi
- Gömrük fəaliyyətinin rəqəmsallaşdırılma və avtomatlaşdırılma səviyyəsi
- Gömrük inzibətçiliğinin, idarəetməsinin, infrastrukturunun və gömrük idarələrində resurslardan istifadənin effektivliyi

Metodlar. Bu məqalənin hazırlanmasında geniş elmi ədəbiyyat araşdırması aparılmış və müxtəlif nəzəri və empirik mənbələrdən istifadə edilmişdir. Təhlil prosesində həm klassik, həm də müasir akademik araşdırmalara istinad olunmuş, mövcud biliklər sistemli şəkildə müqayisə edilmişdir. Bundan əlavə, empirik məlumatlar təhlil olunaraq tədqiqatın nəticələrinin etibarlılığı artırılmışdır. Beləliklə, bu yanaşma mövzunun dərin və hərtərəfli araşdırılmasına imkan yaratmışdır.

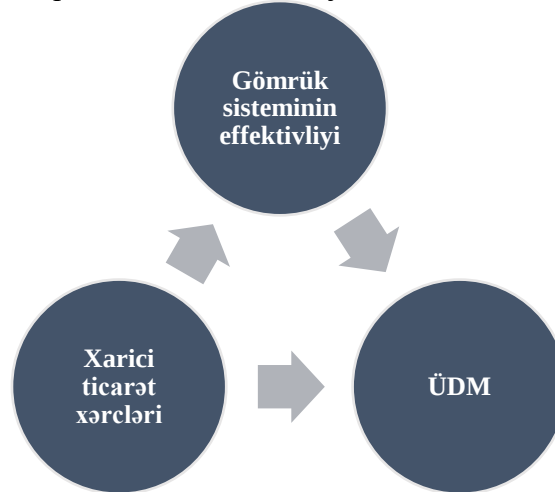
Nəticə və müzakirələr. Tədqiqatlar göstərir ki, gömrükdə səmərəli proseslər qlobal təchizat zəncirində gecikmələrin və təhlükəsiz çatdırılma müddətlərinin qarşısını alır. Gömrükdə sərf olunan vaxtın bir günlük azaldılması gömrük tariflərinin 0,6 % azalmasına bərabərdir. Ticarətin asanlaşdırılması üzrə bütün tədbirlərin həyata keçirildiyini fərz etsək, idxal xərclərinin 0,9 faiz, ixrac xərclərinin isə 1,2 faiz azalmasına nail olmaq olar. Qlobal rifah baxımından gömrük proseslərində ləngimələrin qarşısını almaqla isə 210 milyard dollara qədər qənaət etmək olar.

Bir sıra elmi tədqiqatların nəticələrindən məlum olur ki, gömrük rüsumları gəlirlərinin ÜDM artımına həm birbaşa, həm də dolaylı təsirləri var. Birbaşa mənada, gömrük rüsumları gəlirləri dövlət vəsaitlərinin mühüm mənbəyi rolunu oynayır və bu, müxtəlif sahələrə yönəlmiş dövlət xərclərini artırma bilər. Dövlət investisiyaları isə iqtisadi fəallığı stimullaşdırmaq, məşğulluq imkanları yaratmaq və insan kapitalını artırmaq potensialına malikdir və bununla da davamlı iqtisadi artımı təmin edir. Gömrük rüsumlarının

gəlirləri, həmçinin xarici ticarətin dinamikasına, investisiya modellərinə, fiskal siyasətdə çevikliyə, ümumi rəqabət qabiliyyətinə və iqtisadiyyatın səmərəliliyinə təsir göstərir.

Tədqiqatlar göstərir ki, xarici ticarət xərclərinin azaldılması vasitəsilə dünyanın hər yerindən məhsul və xidmətlərə daha asan, daha sürətli və daha ucuz çıxış bir ölkənin iqtisadi artımını stimullaşdırır. Ticarət xərclərinin azalması nəticəsində ölkələrin rəqabət qabiliyyəti artır və iqtisadi aktivlik güclənir.

Tədqiqatda göstərilir ki, gömrükdəki hər hansı gecikmə ticarət həcmində azalmaya və ÜDM artımının yavaşlamasına səbəb olur. Gömrük proseslərindəki 1% yaxşılaşma ümumi iqtisadi məhsuldarlıqda əhəmiyyətli artımla nəticələnə bilər. Bu səbəbdən də, gömrükdə rəqəmsal texnologiyaların tətbiqi və şəffaflığın artırılması ilə həm ixrac, həm də idxal prosedurlarının sürətləndirilməsi vacibdir. Hökumətlər gömrük səmərəliliyini artırmaq üçün daha çox sərmayə yatırmaqlıdır, çünki bu, iqtisadi artımı dəstəkləyir.



Şəkil 1. Ticarət xərcləri, gömrük sisteminin effektivliyi və ÜDM arasındakı əlaqə

Xarici ticarət xərclərinin artması gömrük fəaliyyətinin effektivliyinə mənfi təsir göstərir. Gömrük işinin səmərəsizliyi daha yüksək səviyyəli xarici ticarət xərclərinin səbəbi olsa da, bunun əksi də ola bilər: ticarət və nəqliyyat infrastrukturunu kimi ticarətin müxtəlif birbaşa və dolayı xərcləri gömrük işinin səmərəliliyinə mənfi təsir göstərə bilər. Məsələn, səmərəli və effektiv nəqliyyat və liman infrastrukturunun olmaması sərhəd inzibatchılığının fəaliyyətinə mənfi təsir göstərir və zəif infrastruktur çox vaxt uzun gözləmə müddətləri və sıxlığa səbəb olur.

Gömrük sisteminin effektivliyinin artması isə ÜDM-ə müsbət təsir göstərir. Gömrük və sərhəd idarəçiliyi proseslərində səmərəliliyin yüksək səviyyələri rəqabət qabiliyyətinə və iqtisadi artıma güclü müsbət təsir göstərir. Gömrük prosedurlarının səmərəliliyi logistika performansının mühüm amili olmaqla, iqtisadi artımla sıx bağlıdır. Bunun əksinə olaraq, çətin gömrük prosesləri gecikmələrə səbəb olur və ticarət və iqtisadi artıma əhəmiyyətli maneələr kimi çıxış edir. Tədqiqatlar logistika performansının ÜDM-ə əhəmiyyətli təsir göstərdiyini müəyyən ediblər.

Xarici ticarət xərclərinin artması ÜDM-ə mənfi təsir göstərir. Zəif ticarət və nəqliyyat infrastrukturunu və çətin tənzimləmələr, əksinə, ticarətin maya dəyərini artırır, iqtisadi artıma mane olur.

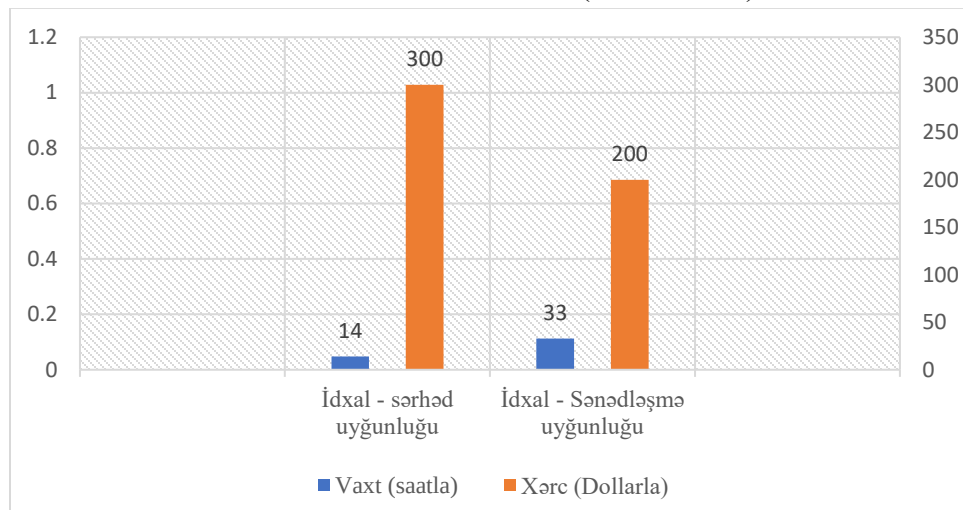
Ölkələr son nəticədə öz vətəndaşları üçün adambaşına düşən ÜDM-in daha yüksək səviyyəsinə çatmağı hədəfləyirlər. Buna nail olmağın bir yolu da ölkənin qlobal miqyasda məhsul istehsalında nə qədər rəqabətli olmasından asılıdır. Qlobal miqyasda rəqabətə davamlı olmaq üçün ölkələrdən daha aşağı xarici ticarət xərclərinə və yüksək gömrük sisteminin effektivliyinə nail olmaq tələb olunur.

Xarici ticarət xərclərinin azaldılması səyləri adambaşına düşən ÜDM-in daha yüksək səviyyəsini əldə etmək üçün çox vacibdir. Tədqiqatlar adətən gömrük səmərəliliyinin ticarət xərclərinin azaldılmasının arxasında mühüm rol oynayan rolunu vurğulayır.

Sürətli sərhəd keçidinə və çevik gömrük rəsmiləşdirilməsinə şərait yaradan, azalan əməliyyat xərcləri və subyektiv faktorların təsirini minimuma endirən texnoloji həll olmaqla sahibkarlar və gömrük orqanları arasında şəffaf və etibarlı əməkdaşlığa şərait yaradır. Bu, ölkədə biznesin inkişafına dəstək verməklə yanaşı, Azərbaycanın ticarətin asanlaşdırılmasına istiqamətlənən həllər yaratmaq sahəsində dünya təcrübəsinə önəmli töhfəsidir.

“Doing Business” hesabatındakı subindekslərdən biri də ixrac və idxal olunan məhsulların daşınma prosesi ilə bağlı vaxt və xərcləri qeydə alır.

Cədvəl 1. Sərhəddə ticarət (vaxt və xərc)



Sərhəddə ticarətin asanlıq baxımından ölkələrin reytingi onların sərhəddə ticarət indikatoru üzrə ballarının sıralanması əsasında müəyyən edilir. Bu ballar ixrac və idxal üçün sənədlərlə uyğunluq və sərhəddə tələblərə əmələtmə üzrə balların ədədi ortasıdır.

“Doing Business” mal partiyasının ümumi idxal və ixrac prosesində üç prosedur qrupu (sənədlərlə bağlı tələblərə əmələtmə, sərhəddə tələblərə əmələtmə və yüklərin ölkədaxili daşınması) ilə bağlı vaxt və xərcləri (tariflər istisna olmaqla) ölçür.

Cədvəl 2. Dünya Bankının Azərbaycan üzrə ən son açıqlanan məlumatları əsasında müəllif tərəfindən tərtib edilmişdir

İndikator	Azərbaycan	Avropa və Mərkəzi Asiya	İƏİT yüksək gəlirli ölkələr	Ən yaxşı tənzimləmə nəticəsi
İdxal vaxtı: sərhəd uyğunluğu (saatla)	14	20.4	8.5	1 (25 ölkə)
İdxal xərci: sərhəd uyğunluğu (dollara)	300	158.8	98.1	0 (28 ölkə)
İdxal vaxtı: sənədləşmə uyğunluğu (saatla)	33	23.4	3.4	1 (30 ölkə)
İdxal xərci: sənədləşmə uyğunluğu (dollara)	37	32	91	0 (30 ölkə)

Xarici ticarət xərcləri, gömrük sisteminin effektivliyi və ÜDM arasındakı əlaqənin əsas xüsusiyyətlərini belə sadalaya bilərik:

Gömrük effektivliyi və ticarət xərcləri: Araşdırmalar göstərir ki, gömrük sistemində gecikmələr ticarətin azalmasına və ÜDM-in böyümə sürətinə mənfi təsir edir. Məsələn, gömrükdə əlavə bir gün gecikmə ticarəti 1%-dən çox azalda bilər. Gömrükdə proseslərin sürətləndirilməsi, rəqəmsallaşdırma və insan resurslarının artırılması kimi tədbirlər bu təsirləri azaltmağa kömək edir və ÜDM-in artımına töhfə verir.

Gömrükdə modernləşmə və ÜDM: Gömrük sistemində texnoloji yeniliklər və proseslərin rəqəmsallaşdırılması ticarət axınlarının asanlaşmasına, gömrük əməliyyatlarının səmərəliliyinə və ölkələrin rəqabət qabiliyyətinə müsbət təsir göstərir. Daha az sənədləşmə tələb edən sistemlər və qısa gömrük gözləmə müddətləri ilə ÜDM artımında əhəmiyyətli müsbət nəticələr əldə edilir

Gömrük gəlirləri və ictimai infrastruktur: Gömrük vasitəsilə toplanan gəlirlər inkişaf etməkdə olan ölkələr üçün mühüm maliyyə mənbəyidir. Bu gəlirlər ictimai infrastrukturun, təhsilin və səhiyyənin inkişafına sərf olunaraq dolayısi ilə iqtisadi inkişafı dəstəkləyir

Gömrük effektivliyi və ticarət xərcləri: Gömrük proseslərinin səmərəliliyi ticarət xərclərini birbaşa təsir edir. Effektiv gömrük prosedurları ticarət maneələrini azaldır və beynəlxalq ticarət axınlarını asanlaşdırır.

Ədəbiyyat

- [1] Arvis, Jean-François, et al. Connecting to Compete: Trade Logistics in the Global Economy. World Bank, 2007.
- [2] Çelebi, Ü. (2022). The impact of trade costs upon gross domestic product: The customs efficiency index as a mediator. World Customs Journal, 16(1), 23–36.
- [3] De Wulf, Luc, and Sokol, José B., editors. Customs Modernization Handbook. World Bank Publications, 2005.
- [4] Engman, Michael. "The Economic Impact of Trade Facilitation." OECD Trade Policy Papers, no. 21, 2005.
- [5] Grainger, Andrew. "Customs and Trade Facilitation: From Concepts to Implementation." World Customs Journal, vol. 1, no. 1, 2007, pp. 17–30.
- [6] Hertel, Thomas W., and Mirza, Tanya. "The Role of Trade Facilitation in South Asian Economic Integration." World Bank Policy Research Working Paper, no. 4423, 2007.
- [7] Hollweg, Claire H., and Wong, Marn-Heong. "Measuring Regulatory Restrictions in Logistics Services." World Bank Policy Research Working Paper, no. 6551, 2013.
- [8] Hummels, David L., and Schaur, Georg. "Time as a Trade Barrier." American Economic Review, vol. 103, no. 7, 2013, pp. 2935–2959.
- [9] Moisé, Evdokia, and Sorescu, Silvia. "Trade Facilitation Indicators: The Potential Impact of Trade Facilitation on Developing Countries' Trade." OECD Trade Policy Papers, no. 144, 2013.
- [10] Portugal-Perez, Alberto, and Wilson, John S. "Trade Costs in Africa: Barriers and Opportunities for Reform." World Bank Policy Research Working Paper, no. 4619, 2008.
- [11] Wilson, John S., Mann, Catherine L., and Otsuki, Tsunehiro. "Trade Facilitation and Economic Development: A New Approach to Quantifying the Impact." The World Bank Economic Review, vol. 17, no. 3, 2003, pp. 367–389.

ASSESSMENT OF THE MICROECONOMIC AND MACROECONOMIC IMPACTS OF CUSTOMS SYSTEM EFFICIENCY

Rahimli H.H.

Abstract. This article examines the relationship between effective customs management and macroeconomic indicators. The causal link between customs administration improvements, trade cost reduction, and GDP growth is analyzed. The study reveals that accelerating customs procedures, digitalization, and increasing transparency facilitate trade flows and contribute to economic growth. Key indicators for measuring customs efficiency are presented, and findings from relevant studies are discussed.

Keywords: customs system, economic development, trade costs, digitalization, customs reforms.



KEÇMİŞDƏN GÜNÜMÜZƏ: AZƏRBAYCANDA TURİZMİN İNKİŞAF PERSPEKTİVLƏRİNİN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİNDƏ HAVA NƏQLİYYATININ ROLU

Abdullayeva Ü.Ə.

ulyaabdulla9@gmail.com

Dövlət Sərhəd Xidməti Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə: Məqalədə Azərbaycan Respublikasının keçmişdən başlayaraq günümüzədək zaman dilimində turizmin inkişaf perspektivlərinin qiymətləndirilməsində hava nəqliyyatının rolundan bəhs edilir. Hava nəqliyyatı vasitəsilə turizmin inkişafı üçün hansı addımlar atıldığı, bu sahədə görülən işlərin vəziyyəti və tənzimlənməsi müəyyənləşdirilir. Hər gün daha da yeniləşən, müasir dünyada turizm hər bir ölkə üçün iqtisadiyyatın ən dinamik yüksələn sahələrindən biri sayılır. Coğrafi mövqeyinə görə çox əlverişli bir ərazidə yerləşən ölkəmiz turizm baxımından ən perspektivli və yüksək potensiallı sahələrdən hesab edilir. Zəngin mədəni-tarixi irsi, əlverişli təbii şəraiti olan Azərbaycanın turizm sektorunda geniş inkişaf perspektivləri var. Qeyd etmək lazımdır ki, son zamanlar dövlətimizin qayğısı nəticəsində turizm inkişafımızın prioritet istiqamətlərindən birinə çevrilmişdir.

Açar sözlər: Azərbaycan, turizm, aviasiya, inkişaf, hava, nəqliyyat

Giriş. Turizm artıq bütün dünyada ən gəlirli sahələrdən birinə, geniş və inkişaf edən iqtisadi sektora çevrilmişdir. Azərbaycanda da bu sahənin inkişafına xüsusi diqqət göstərilməkdədir. Dövlət büdcəsinin 2025-2030-cu illərə kimi turizm sektorunun inkişafı hesabına genişləndirilməsi nəzərdə tutulduğu təsadüf deyil.

Metodika. Sistemli təhlil, müqayisəli təhlil, tarixi yanaşma, analiz və dəyərləndirmə metodlarından istifadə edilmişdir.

Müzakirə. Tarixə nəzər yetirdikdə insanların uçmaq arzuları təyyarənin yaranmasından sonra reallaşır və bu da turizm üçün daha yeni səviyyə hesab olunur.

Belə ki, uçuş sahəsində müsəlmanlar xristianları min il qabaqlamışlar. Əndəlus (İspaniyanın əyaləti) sakini, bərbər Abbas ibn Firnas 852-ci ildə uçmaq arzusunu gerçəkləşdirmişdi. Hətta ilk uçuşun icraçısı da müsəlman olmuşdur. 1630-cu ildə türk Əhməd Çələbi ixtira etdiyi “dəri qanadlı planer”i ilə İstanbuldakı Qalat zirvəsindən Bosfor boğazının üzərindən uçmuş və müvəffəqiyyətlə yerə enmişdir. Bu addımı ilə, o həm də qitədən-qitəyə, Asiyadan Avropaya uçuşun ilk təməlini qoymuşdur.

Aviasiya tarixinə düşmüş ilk azərbaycanlı aviatorlar Əli bəy Səməd bəy oğlu Verdiyev 1910-cu ildən başlayaraq Fransada aviamühəndislik təhsili almış, 1916-cı ildə Beynəlxalq Aviasiya Federasiyası tərəfindən pilot-aviator diplomuna layiq görülmüşdür. Daha sonra isə məzunu olduğu məktəbin müdavimlərinə uçuş dərsləri vermişdir. 1918-ci ildə Azərbaycana qayıdaraq mühəndis-mexanik kimi vətəninə xidmət etmişdir. Fərrux ağa Qayıbov isə ilk azərbaycanlı hərbi təyyarəçi olmuşdur. Fərrux ağa Qayıbovun idarə etdiyi dördmühərrikli bombardmançı təyyarə o vaxt üçün dünyada ilk dördmühərrikli ağır bombardmançı təyyarə olduğunu qeyd etmək olar.

Aviasiya turizmi Avropa, Avstraliya və Amerikada geniş inkişaf etsə də, ölkəmiz üçün tamamilə yeni turizm istiqamətidir. Azərbaycan turizm baxımından kifayət qədər geniş perspektivlərə malik olan ölkələrdən biridir.

Müstəqillik dövrünün aviasiya tarixi ilə davam etsək, aviasiya sahəsində bir neçə irimiqyaslı addımlar atıldığını görə bilərik. Belə ki, 1999-cu il oktyabrın 2-də ulu öndər Heydər Əliyevin iştirakı ilə “1998-2003-cü illər üçün Respublika Milli Aviasiyasının İnkişaf proqramı”na uyğun olaraq yeni aeroваğzal kompleksinin təntəli açılışı olmuşdu. Bir il sonra bu limana dünya aviasiyasında xüsusi yeri olan ilk “Boeing” təyyarəsi enir. 2004-cü ildə isə Bakı hava limanı tarixə “Heydər Əliyev adına Beynəlxalq Hava Limanı” olaraq düşür.

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti İlham Əliyevin rəhbərliyi ilə “Respublika Mülki Aviasiyasının II (2004-2010-cu illər) İnkişaf Proqramı” qəbul olunmuşdur. Yeni proqram çərçivəsində xarici şirkətlərdən müasir sərnişin və yük təyyarələrinin alınması, “Gəncə” və “Lənkəran” hava limanlarının yenidən qurulması, Heydər Əliyev adına Beynəlxalq Hava Limanında beşulduzlu mehmanxananın və bir sıra yeni layihələrin icrası nəzərdə tutulmuşdur.

Demək olar ki, son 15 ildə Prezident İlham Əliyevin rəhbərliyi ilə turizm sahəsində bir sıra islahatlar həyata keçirilib. Azərbaycan Respublikası Prezidentinin 2006-cı il 29 dekabr tarixli 512 nömrəli Fərmanı ilə mülki aviasiya sahəsində nəzarəti, dövlət siyasətini və tənzimləməni həyata keçirən icra hakimiyyəti orqanı olan Azərbaycan Respublikasının Dövlət Mülki Aviasiya Agentliyi yaradılmışdır. Agentlik beş şöbədən ibarətdir:

1. Uçuşların Təhlükəsizliyinə Nəzarət İdarəsi
2. Aviasiya Təhlükəsizliyi Departamenti
3. Lisenziyalaşdırma və reystrlərin aparılması şöbəsi
4. Xarici əlaqələr şöbəsi
5. Maliyyə-iqtisadiyyat şöbəsi

Dövlət proqramı çərçivəsində 2011-ci il Azərbaycanda “Turizm ili” elan olunmuşdu. Bu il ərzində Heydər Əliyev adına Beynəlxalq Hava Limanında turizm informasiya mərkəzi yaradılmışdır. “Silkway travel” turizm şirkəti tərəfindən mərkəzin fəaliyyətinə əməkdaşlar təyin olunmuş və hava limanında fəaliyyət göstərən turizm informasiya mərkəzini Azərbaycanın turizm potensialını tanıdan bukletlər, broşürlərlə və turist məlumat kitabçaları ilə təmin etmişdir. “Turizm ili” çərçivəsində Ümumdünya Turizm Təşkilatının Baş katibi Taleb Rifai Azərbaycana səfər etmiş və bu çərçivədə ölkədə bir sıra görüş, konfrans və seminarlar təşkil olunmuşdur. ABŞ-ın “Boeing” şirkətinin Bakıda səfərdə olan vitse-prezidenti Martin Benrott “Azərbaycanın hava nəqliyyatının getdikcə inkişaf etdiyini və AZAL-a 2012-ci ildən bir neçə yeni avialayner göndəriləcəyini, bunların sırasında “Boeing-787”, “Boeing-767”, “Boeing-737” kimi sərnişin və yük təyyarələri, eyni zamanda “Boeing-787 Dreamliner” təyyarəsi ilə təchiz edəcəyini qeyd etmişdir. Bununla yanaşı, “Azərbaycan 2020: gələcəyə baxış” kimi bir sıra dövlət proqramları İnkişaf Konsepsiyası dairəsində də turizmin inkişaf istiqamətləri öz əksini tapmışdır. Konsepsiyada 2020-ci ilə qədər turizm sahəsinin irəli getməsi, ümumi standartlara cavab vermiş turizm xidmət sferaları dairəsinin genişləndirilməsi, sektorun rəqabət qabiliyyətinin yüksəldilməsi istiqamətində tədbirlərin gerçəkləşdirilməsi nəzərdə tutulmuşdur.

Azərbaycan Respublikası Prezidentinin 2016-cı il 1 iyun tarixli “Elektron vizaların verilməsi prosedurunun sadələşdirilməsi və “ASAN Viza” sisteminin yaradılması haqqında” Fərmanı ilə “ASAN Viza” sistemi yaradılmış və bu sistem vasitəsilə əcnəbilər və vətəndaşlığı olmayan şəxslərin elektron vizanı 3 addımla (müraciət et, ödəniş et və e-vizanı yüklə) və 3 iş günü ərzində əldə edə bilməkləri xeyli sadələşdirilmişdir.

Digər addımlardan biri ölkə Prezidentinin 12 iyul 2016-cı il tarixli fərmanı ilə “Əcnəbilər və vətəndaşlığı olmayan şəxslər tərəfindən Azərbaycan Respublikasının ərazisində alınmış istehsal, yaxud kommersiya məqsədləri üçün nəzərdə tutulmayan mallara görə ödənilmiş əlavə dəyər vergisinin qaytarılması Qaydası” təsdiq edilib. Bu addım Azərbaycanı turistlər üçün cəlbedici ölkəyə çevirmək və ümumiyyətlə, turizm sektorunu inkişaf etdirmək məqsədilə atılmışdır. “Tax free” turistləri xərcləmələrə təşviq edən mexanizmdir. Hətta onların ölkə ərazisindən mal almasını stimullaşdırır. Bu sistem ölkənin turizm üzrə rəqabət qabiliyyətini artırmış, ölkəyə xarici valyuta gətirilməsini təmin etmişdir.

2017-ci ildən AZAL Azərbaycan Turizm Assosiasiyasının (AZTA) idarə heyətinin üzvü olmuşdur. Aviaşirkətin assosiasiyanın tərkibinə daxil olması ilk dəfə olmuşdur. AZAL-ın assosiasiyada fəaliyyəti turizm şirkətləri, hotellər və aviasiya sahəsinin fəaliyyətinin üçtərəfli əlaqələndirilməsinin formalaşdırılması deməkdir.

2017-ci il “Azərbaycan Hava Yolları” “Buta Airways” aviaşirkətinin yaradılması da ölkə turizminin inkişafına öz töhfəsini vermişdir.

Bir neçə il öncə Azərbaycan bazarına daxil olan “WizzAir” kimi digər aşağı büdcəli şirkətlərin də Azərbaycanda uçuşlara başlaması təyyarə bilətlərini daha münasib qiymətə alına bilməsi üçün Dövlət Turizm Agentliyi (DTA), qurum yanındakı Azərbaycan Turizm Bürosu (ATB) tərəfindən atılan uğurlu addımlardan sayılır.

2019-cu ildə Naxçıvan Beynəlxalq Hava Limanında nümunəvi xidmət təşkil olunmuşdur. Belə ki, Naxçıvan Beynəlxalq Hava Limanından yerli hava xətləri ilə Bakı şəhərinə, beynəlxalq hava xətləri ilə Moskva və İstanbul şəhərlərinə uçuşlar həyata keçirilmişdir. “Beynəlxalq Mülki Aviasiya Təşkilatı”nın qəbul etdiyi qərara görə, Naxçıvan Muxtar Respublikasının Türkiyə üzərindən birbaşa hava dəhlizinin açılması muxtar respublika üçün bir çox cəhətdən əhəmiyyətli olmuşdur. Bu hava dəhlizi vasitəsilə Türkiyə üzərindən beynəlxalq dəhlizlərə çıxış təmin edilmiş, beynəlxalq reyslər həyata keçirilərkən vaxta və yanacağa qənaət olunmuşdur.

Qeyd edim ki, işğaldan azad edilmiş bölgələrimizdə gələcəkdə infrastruktur qurulduqdan sonra oranın da turizm potensialını dünyaya çatdırmaq lazım olacaq. Bu da ora gələcək turistlərin sayında ciddi artıma səbəb ola bilər. Dörd il öncə təməli qoyulmuş Füzuli Beynəlxalq Hava Limanı təkcə nəqliyyat qovşağı deyil, həm də Qarabağ regionunun əlçatanlıq və inkişaf simvoludur. Bu hava limanı Zəfər Yolumun qapısı və Şuşa şəhərinə gedən əsas nəqliyyat qovşaqlarının açarıdır. Bu aeroport çox qısa vaxt ərzində bir çox hökumət başçıları, dövlət və xarici beyin mərkəzlərinin bir çox nümayəndələrini qəbul etmişdir. Bu da onun strateji əhəmiyyətini və regionun gələcək inkişaf perspektivlərini göstəricisidir. Şuşada keçirilən Türk dövlətləri Təşkilatının Dövlət başçıları qeyri-rəsmi Zirvə görüşü çərçivəsində 40-dan çox reys qəbul edib və yola salıbdır. 10-dan çox (Gulfstream V, Falcon 7X, Airbus 319, 320, 340 və Boeing 787) hava gəmilərinin Füzuli aeroportuna uğurlu enişi, müxtəlif tipli təyyarələri qəbul etmək qabiliyyəti onun müasir texnoloji səviyyəsi və beynəlxalq standartlara uyğunluğunu təsdiqləyir. Gələn sərnəşin və qonaqların rahatlığını təmin etmək üçün hava limanında baqaj konveyerləri, qeydiyyat sistemi, VIP zallar, mağazalar, restoranlar və digər zəruri məntəqələr fəaliyyət göstərir. Bu aeroportun fəaliyyətə başlaması bu ərazilərin iqtisadiyyatının inkişafına təkan verəcək, həm daxili, həm də xarici turizmin inkişafına kömək edəcəkdir. Bununla yanaşı, Azərbaycanın bu mövqedə daha da güclənməsinə səbəb olacaqdır.

Vaxtilə Xocalının müdafiəsi üçün bütün qüvvəsini səfərbər edən, aeroportdakı məxfi sənədlərin düşmən əlinə keçməməsi üçün dispetçer məntəqəsini partladan, son gülləsinə qədər döyüşən Əlif Hacıyevin xatirəsini yaşadan Xocalı aeroportunun da istifadəyə verilməsi gözlənilir. Xocalı aeroportu həm yerli, həm də beynəlxalq uçuşlar üçün yararlı olacağı düşünülür.

Bununla yanaşı, qeyd etmək lazımdır ki, Ələtin 750 hektarlıq ərazisində yeni hava limanının tikintisi işləri davam edir. Bu hava limanı yalnız yük terminalı kimi yox, həm də sərnəşindəşmə və biznes aviasiyasına xidmət göstərərək Azərbaycanı aviasiya mərkəzinə çevirmək məqsədi daşıyacaq.

Azərbaycan hər il çoxlu sayda beynəlxalq tədbirlərə ev sahibliyi etdiyindən Azərbaycana gələn turistlərin sayı son 15 ildə daha da artmaqda davam edir.

Hazırda “Azərbaycan Hava Yolları” Qapalı Səhmdar Cəmiyyəti respublika daxili reyslərlə yanaşı, dünyanın bir neçə ölkəsinə də beynəlxalq uçuşlar edir. Belə reyslər təkcə Bakıdan deyil, həm də Gəncə, Lənkəran, Naxçıvan, Qəbələ, Füzuli hava limanlarından da həyata keçirilir. Bu da maraqlı faktlardan biridir ki, Azərbaycan vətəndaşları dünyanın 69 ölkəsinə vizasız səfər edə bilərlər.

Nəticə. Hal-hazırda biletlərin bronlaşması və rezervləşməsi, prosesini avtomatlaşması sisteminin yaradılması, son istifadəçi üçün marşrutların yaradılması, daşıyıcı kompaniyanın seçilməsi səfər işlərini sürətləndirdi və daha da sadələşdirdi.

Bu da həqiqətdir ki, milli aviasiyamızın yüksəlişi bilavasitə peşəkar milli kadrların hazırlanması ilə bağlıdır. Bunun üçün də ölkəmizdə fəaliyyət göstərən Milli Aviasiya Akademiyasına borcluyuq.

Ədəbiyyat

1. Ələsgərova F.Q. Bronlaşdırma sistemləri// -Bakı: -2017: -s.151
2. Kərimova E.A. Azərbaycan aviasiyasının yaranması və inkişafı tarixi// -Bakı: Hərbi nəşriyyat, 2013: -s.208
3. Martin Benrott: “Azərbaycanın hava nəqliyyatı getdikcə inkişaf edir” //Azərbaycan, -2011. -5 iyun. -s.3
4. Mirzəyeva S.T. Aviasiyada insan amili// -Bakı: -2014: -s.56
5. [http://www.anl.az/down/meqale/kooperasiya/2020/04/780565\(meqale\).pdf](http://www.anl.az/down/meqale/kooperasiya/2020/04/780565(meqale).pdf)// kooperasiya: Elmi-praktiki jurnal. -2020. №4 (59). – s.154-159
6. [http://www/anl.az/down/meqale/xalqqazeti/2021/aprel/742910\(meqale\).pdf](http://www/anl.az/down/meqale/xalqqazeti/2021/aprel/742910(meqale).pdf)//Xalq qəzeti.-2021.-30 aprel. –s.1;2

THE ROLE OF AIR TRANSPORT IN ASSESSING THE DEVELOPMENT PROSPECTS OF TOURISM IN AZERBAIJAN FROM THE PAST TO THE PRESENT**Abdullayeva U.A.**

Abstract: The article begins with the past of the Republic of Azerbaijan the role of air transport in the evaluation of the development prospects of tourism in the period until today is discussed. What steps are taken for the development of tourism through air transport, the status and regulation of the work done in this field are determined. In the modern world, tourism is considered one of the most dynamically growing sectors of the economy for every country, which is updated every day. Our country, located in a very favorable area due to its geographical position, is considered one of the most promising and high-potential areas in terms of tourism. The tourism sector of Azerbaijan, with its rich cultural and historical heritage and favorable natural conditions, has broad development prospects. It should be noted that tourism has recently become one of the priority directions of our development as a result of the care of our state.

Keywords: Azerbaijan, tourism, aviation, development, air, transport.

BÖLMƏ 9. AVIASIYA TƏHLÜKƏSİZLİYİNİN AKTUAL PROBLEMLƏRİ**MÜLKİ HAVA GƏMİLƏRİNƏ QARŞI DAŞINAN ZENİT RAKET
KOMPLEKSİ VASİTƏSİLƏ HÜCUM HƏDƏSİNİN XARAKTERİSTİKASI****Həsənov A.C., Novruzova L.R.**hasanovafiq@caa.gov.az*Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan*

Xülasə. Məqalə mülki hava gəmilərinə qarşı daşınan zenit raket kompleksi (DZRK) vasitəsilə hücum hədəsinin xarakteristikasının tədqiqinə həsr edilir. DZRK-nın hava hücumundan müdafiə məqsədilə ixtira edilməsinə baxmayaraq, keçən əsrin 70-ci illərindən başlayaraq onlardan mülki hava gəmilərinə qarşı istifadə olunmuşdur. DZRK-nın fiziki və texniki xüsusiyyətlərinə, habelə qara bazardan alınmasının mümkünlüyünə görə qeyri-dövlət aktorları tərəfindən əldə edilməsi, gizlədilməsi, daşınması və mülki hava gəmilərinə qarşı istifadə olunması asandır. Bundan əlavə, DZRK uçuşun enmə və qalxma mərhələlərində və aşağı hündürlüklərdə uçan mülki hava gəmilərini yüksək dəqiqliklə vurma və məhv etmə xüsusiyyətlərinə malikdir.

DZRK vasitəsilə hücum hədəsi riskinin səviyyəsi münaqişə və ya belə silahların geniş yayıldığı zonalarda münaqişə olmayan və ya belə silahların geniş yayılmadığı zonalara nisbətən daha yüksək qiymətləndirilmişdir. Mülki hava gəmilərinə qarşı DZRK vasitəsilə hücum riskinin səviyyəsinin azaldılması üçün təhlükəsizlik tədbirlərinin gücləndirilməsinin vacibliyi vurğulanmışdır.

Açar sözlər: qanunsuz müdaxilə aktları, daşınan zenit raket kompleksi, risk, hücum, riskin qiymətləndirilməsi, hədə.

Giriş. Məlumdur ki, mülki aviasiya dövlətlər arasında ticarət dövriyyəsinin və turizmin, habelə siyasi və mədəni əlaqələrin inkişafına mühüm töhfələr verir. Bununla belə, mülki aviasiyanın fəaliyyətinə qarşı törədilən qanunsuz müdaxilə aktları (QMA) insanların həyat və sağlamlığının itirilməsinə, habelə maddi itkilərə və cəmiyyətdə mülki aviasiyaya olan inamın azalmasına səbəb olur.

Müasir dövrdə Beynəlxalq Mülki Aviasiya Təşkilatı (BMAT) tərəfindən mülki aviasiyanın fəaliyyətinə qarşı 17 növ QMA hədəsi müəyyənləşdirilmişdir. Belə hədələrdən biri daşınan zenit raket kompleksi (DZRK), raketlər və digər məsafədən hücum vasitələrindən istifadə etməklə mülki hava gəmilərinə qarşı törədilə bilən hücumdur [1].

BMAT-ın 17-ci Əlavədəki 4.3.6 standartına görə hər bir üzv dövlət aidiyyəti milli və yerli səlahiyyətli orqanlar tərəfindən aparılmış risk qiymətləndirilməsi əsasında hava limanında və onun yaxınlığında hava gəmilərinə qarşı istifadə olunan DZRK və oxşar hədə yaradan digər silahlardan istifadə etməklə hava gəmilərinə qarşı mümkün hücumların azaldılması üçün yerdə müvafiq tədbirləri və ya operativ prosedurları təmin etməlidir [2].

Mülki hava gəmilərinə qarşı DZRK vasitəsilə hücum hədəsi riskinin qiymətləndirilməsi və adekvat təhlükəsizlik tədbirlərinin həyata keçirilməsi üçün hədənin xarakteristikasının öyrənilməsinin zəruriliyi tədqiq edilən mövzunun aktuallığını sübut edir.

Məqalədə məqsəd, mülki hava gəmilərinə qarşı DZRK vasitəsilə hücumların təhlil edilməsi və riskin qiymətləndirilməsidir.

1. DZRK-nın xüsusiyyətləri

DZRK bir və ya bir neçə şəxs tərəfindən daşınan və atəş açıla bilən yer-hava raketidir (şəkil 1). DZRK aşağıdakı əsas hissələrdən ibarətdir: içərisində raket olan buraxıcı boru; işəsalma mexanizmi; batareya [3]. DZRK-nın uzunluğu 1,5-1,8 m, diametri 7,6 sm və kütləsi 15-19 kq-dır. DZRK-nın kütləsi və həndəsi ölçüləri onların asanlıqla gizlədilməsinə və daşınmasına imkan verir [4].



Şəkil 1. DZRK

DZRK-nın yuxarıda qeyd edilən xüsusiyyətləri onların qara bazarda dövriyyəsinə asanlaşdırır. Məlumdur ki, qara bazarda DZRK-nın qiyməti təxminən 5000 \$-dır. 2008-ci ilə qədər Kolumbiyanın İnqilabçı Silahlı Qüvvələri və Əl-Qaidə daxil olmaqla, ən azı 42 qeyri-dövlət qruplarının DZRK arsenalına malik olması təxmin edilir [5].

Hal-hazırda dünyada 500-750 min DZRK olduğu güman edilir. DZRK-nın 90 %-dan çoxu dövlət nəzarətindədir, lakin onların 75000-ə qədərinə nəzarət barədə məlumat yoxdur [4].

Hədəfin nişan alınmasına görə DZRK-nın üç əsas növü var: 1) mühərrikə və ya mühərrikdən çıxan işlənmiş qazlar kimi istilik mənbəyinə yönələn infraqırmızı sistemlər; 2) DZRK operatoru tərəfindən hədəfin vizual olaraq nişan alınması və radio idarəedicilər vasitəsilə raketin hədəfə yönləndirilməsi; 3) operator tərəfindən hədəfin lazerlə nişan alınması və raketin nişan alınmış hədəfə yönəlməsi [6].

DZRK vasitəsilə təxminən 8 km-ə qədər məsafədə və 4,5 km-ə qədər hündürlükdə olan hədəfləri vurmaq mümkündür [4].

DZRK raketinin səs sürətindən böyük sürətlə hədəfə dəyməsinin yaratdığı enerji, partlayış nəticəsində əmələ gələn zərbə dalğası və qəlpələr hədəfi məhv edən əsas amillərdir [7].

DZRK keçən əsrin 60-cı illərində silahlı qüvvələrin hava hücumlarından, xüsusilə aşağı hündürlükdə olan hava hədəflərindən qorunması üçün yaradılmışdır. Bununla belə, növbəti on illikdən başlayaraq, qeyri-dövlət aktorlarının əldə etdikləri DZRK-lar bütün dünyada mülki və hərbi hava gəmiləri üçün ciddi təhlükə mənbəyinə çevrilmişdir [3].

DZRK-nın sadaladığımız xüsusiyyətlərinə görə onlardan uçuşun enmə və qalxma mərhələlərində və aşağı eşelonlarda uçan mülki hava gəmilərinə qarşı istifadə olunması mümkündür və bu mülki aviasiyanın fəaliyyəti üçün ciddi hədə yaradır.

2. Mülki hava gəmilərinə qarşı DZRK vasitəsilə hücumların xarakteristikası

Mülki hava gəmilərinə qarşı DZRK vasitəsilə 1973-2007-ci illər ərzində 38-i insan itkisinə səbəb olmuş, 65 hücum həyata keçirilmiş və ya buna cəhd edilmiş və nəticədə 1007 nəfər həlak olmuşdur. İlk belə hücum cəhdi 15 yanvar 1973-cü ildə İtaliyada İsrail dövlətinin Boeinq 707 təyyarəsinə qarşı həyata keçirilmiş, lakin onun qarşısı alınmışdır. İnsan itkisinə səbəb olmuş ilk hücum isə 14 mart 1975-ci ildə Vietnamda DC-4 təyyarəsinə qarşı həyata keçirilmiş və 26 nəfər həlak olmuşdur. DZRK vasitəsilə ən çox insan itkisinə səbəb olmuş hücum 8 noyabr 1983-cü ildə Anqolada Boeinq 737 təyyarəsinə qarşı həyata keçirilmiş və 130 nəfər həlak olmuşdur. DZRK vasitəsilə sonuncu hücum isə 13 avqust 2007-ci ildə İraqda MD-83 təyyarəsinə qarşı həyata keçirilmiş, lakin xoşbəxtlikdən insan itkisi olmamışdır [4].

DZRK və digər atıcı silahlardan istifadə etməklə, erməni terror qrupları tərəfindən Azərbaycan Respublikasına məxsus olan mülki hava gəmilərinə qarşı terror hücumları həyata keçirilmişdir. 12 dekabr 1988-ci ildə Spitak şəhərində baş vermiş zəlzələ nəticəsində zərərçəkmişlərə Bakı şəhərindən göndərilən humanitar yükləri və xilasediciləri daşıyan İl-76 təyyarəsi Ermənistan ərazisində “Stinger” markalı DZRK ilə vurulmuş və nəticədə bortda olan 78 nəfərdən 77-si həlak olmuşdur. 20 noyabr 1991-ci ildə Xocavənd rayonunun Qarakənd kəndinin yaxınlığında Mi-8 helikopteri vurulmuş və nəticədə bortda olan Azərbaycan Respublikasının və digər dövlətlərin 22 nəfər vətəndaşı həlak olmuşdur. Bu hadisədən qısa bir müddət sonra, 28 yanvar 1992-ci ildə Ağdam-Şuşa marşrutu ilə uçan Mi-8 helikopteri vurulmuş və nəticədə 3 nəfər heyət üzvü və 41 nəfər sərnisin həlak olmuşdur [8].

DZRK vasitəsilə hücumların 63 %-i porşenli və turbovintli mühərrikli hava gəmilərinə qarşı həyata keçirilmişdir. Porşenli və turbovintli mühərrikli hava gəmiləri nisbətə aşağı hündürlükdə və aşağı sürətlə

uçduğundan, DZRK vasitəsilə həyata keçirilmiş 41 hücumdan 34-də hədəf vurulmuş və nəticədə 634 nəfər həlak olmuşdur. DZRK vasitəsilə reaktiv mühərrikli hava gəmilərinə qarşı 17 hücum həyata keçirilmiş, onlardan 7-si məhv edilmiş və 329 nəfər həlak olmuşdur [4].

DZRK vasitəsilə hücumlarının 90 %-i münəqişə zonalarında baş vermişdir [3]. Fikrimizcə bu amil, münəqişə zonalarında silahlı qrupların DZRK arsenalına malik olması və təhlükəsizlik qüvvələrinin “zəif” nəzarət imkanları ilə bağlıdır.

3. DZRK vasitəsilə hücum hədəsi riskinin qiymətləndirilməsi

QMA hədəsinin riski (R) hədənin baş vermə ehtimalı (E), onun mümkün nəticələri (N) və təhlükəsizlik tədbirlərinin zəifliyi (Z) əsasında qiymətləndirilir.

$$R = E + N + Z \quad (1)$$

DZRK vasitəsilə hücum hədəsinin riski hava limanlarına və hava gəmilərinə münasibətdə ayrı-ayrılıqda qiymətləndirilir. DZRK vasitəsilə hücumların baş vermə ehtimalı və onların mümkün nəticələri (insan itkisi, maddi ziyan və aviasiya sisteminə olan inamın azalması) münəqişə və ya belə silahların geniş yayıldığı zonalarda münəqişə olmayan və ya belə silahların geniş yayılmadığı zonalar nisbətən daha yüksək qiymətləndirilir. DZRK hücumlarının hava limanının hüdudlarından kənarda həyata keçirilməsinin mümkünlüyü həm münəqişə və ya belə silahların geniş yayıldığı zonalarda, həm də münəqişə olmayan və ya belə silahların geniş yayılmadığı zonalarda təhlükəsizlik tədbirlərinin tətbiqini çətinləşdirir və zəifliyi artırır [1]. Buna görə də DZRK vasitəsilə hücum hədəsi riskinin səviyyəsi münəqişə və ya belə silahların geniş yayıldığı zonalarda münəqişə olmayan və ya belə silahların geniş yayılmadığı zonalar nisbətən daha yüksək qiymətləndirilir.

9 yanvar 2025-ci ildə ABŞ-nin Dövlət Departamentinin hesabatında qeyd edilir ki, Ukrayna-Rusiya müharibəsi başlayandan bəri Ukraynaya 3000-dən çox “Stinger” markalı DZRK verilmişdir [9]. Hesab edirik ki, bu fakta və müharibə zonasından kənarda fəaliyyət göstərən qeyri-dövlət aktorlarının DZRK əldə etməsinin mümkünlüyünə əsasən mülki hava gəmilərinə qarşı DZRK vasitəsilə hücum hədəsi riskinin səviyyəsi bütün dünyada Ukrayna-Rusiya müharibəsindən əvvəlki dövrlə müqayisədə hal-hazırda daha yüksək qiymətləndirilməlidir.

Nəticə. Beləliklə, dünyanın müxtəlif regionlarında davam edən müharibələrə (münəqişələrə) görə təkcə müharibə (münəqişə) zonalarında deyil, bütün dünyada mülki hava gəmilərinə qarşı DZRK vasitəsilə hücum riskinin səviyyəsinin azaldılması üçün təhlükəsizlik tədbirlərinin gücləndirilməsi vacibdir.

DZRK vasitəsilə mülki hava gəmilərinə qarşı hücum riskinin səviyyəsinin azaldılması üçün DZRK və oxşar hədə yaradan digər silahlara nəzarətin, habelə qeyri-dövlət aktorlarının belə silahları əldə etməsinin qarşısının alınması və hava limanlarının nəzarət edilməyən zonalarında tətbiq edilən təhlükəsizlik tədbirlərinin gücləndirilməsini məqsəduyğun hesab edirik.

Ədəbiyyat

- [1] Doc 10108. Aviation Security Global Risk Context Statement, Third Edition, 2022.
- [2] Annex 17 to the Convention on International Civil Aviation. Aviation Security. Safeguarding International Civil Aviation against Acts of Unlawful Interference, Twelfth Edition, July 2022.
- [3] A41-WP/347. EX/149. 19/8/22.
- [4] “Acquisition and Use of MANPADS Against Commercial Aviation. Risks, Proliferation, Mitigation, and Cost of an Attack”. Sean M. Zeigler, Alexander C. Hou, Jeffrey Martini, Daniel M. Norton, Brian Phillips, Michael Schwillie, Aaron Strong, Nathan Vest. Dec 30, 2019.
- [5] Controlling the transfer of Man-Portable Air Defence Systems: A guide to best practice. Manpads handbook · Section 5: Annexes.
- [6] <https://2009-2017.state.gov/t/pm/wra/c62623.htm>.
- [7] Man-Portable Air Defence Systems (MANPADS). Countering the Terrorist Threat. Commonwealth of Australia June 2008.

[8] Erməni məsələsi: yalanlar, gerçəklər. Qazıyev Yusif. 2009.

[9] <https://www.state.gov/bureau-of-political-military-affairs/releases/2025/01/u-s-security-cooperation-with-ukraine>.

CHARACTERIZATION OF THE THREAT OF AN ATTACK BY A MAN-PORTABLE AIR-DEFENSE SYSTEM AGAINST CIVIL AIRCRAFT

Hasanov A.C., Novruzova L.R.

Abstract. The article is devoted to the research of the characteristics of the attack threat by man-portable air-defense systems (MANPADS) against civil aircraft. Even though MANPADS were invented for the purpose of air defense, since the seventies of the last centuries, they have been used against civil aircraft. Due to the physical and technical characteristics of MANPADS, as well as the possibility of obtaining them on the black market, it is easy for non-state actors to acquire, conceal, transport, and use them against civil aircraft. In addition, the MANPADS has the characteristics of high-precision shooting and destruction of civil aircraft on landing and takeoff phases of the flight and low-altitude flight.

The level of the threat of an attack by MANPADS was assessed to be higher in conflict or proliferation zones than outside of conflict or proliferation zones. It was emphasized the importance of strengthening security measures to reduce the level of the risk of attack by MANPADS against civil aircraft.

Keywords: acts of unlawful interference, man-portable air-defense system, risk, attack, risk assessment, threat.



PARTLAYICI MADDƏLƏRİN AŞKARLANMASI ÜÇÜN YENİ SENSOR TEKNOLOGİYALARININ TƏDQIQI

Əhmədova S.T., Əsgərov K.Ə.

sahmadova@naa.edu.az

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Yeni sensor texnologiyaları inkişaf etdikcə, yeni mikro və nanoölçülü sensorları yerləşdirmək üçün yeni sensor platformalarına ehtiyac olduğu aydındır. Bundan əlavə, yeni sensor materiallar kəşf olunduqca, sensorların reaksiyasını təkmilləşdirmək ehtiyacı duyulur. Xüsusilə partlayıcı maddələri daha sürətli və dəqiq müəyyən etmək üçün mikro maye seçmə və dielektrik üzərində electro wetting özündə birləşdirən analiz prosesi (EWOD) prinsipindən istifadə edilə bilər. Məqalədə həmin prinsipin işləmə ardıcılığı araşdırılmışdır.

Açar sözlər: partlayıcı maddə, sensor sistemlər, mikrofiltr membranı.

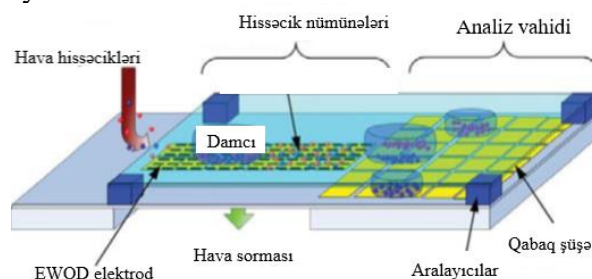
Giriş. İz sensoru texnologiyasını qiymətləndirmək üçün digər çox vacib amil ön hissədən seçmə mexanizmini başa düşməyi əhatə edir. Bu amil ən çox birbaşa ətraf mühitdən bir hissəcik nümunəsinin bir yerə vurulmasını tələb edən fiziki zondlama üsullarına təsir göstərir analiz üçün ionlaşma kamerası və ya aktiv səthdir. Partlayıcı maddələrin izlərinin aşkarlanması üçün ən çətin iş kimi müəyyən ediblər. Bundan əlavə, nümunəni əvvəlcədən konsentrasiya etmək qabiliyyəti adətən böyük tələb olunur. Laboratoriyada yaxşı nəticə göstərən bir çox kimyəvi analitik üsullar, məsələn, nüvə maqnit rezonansı, boşluq ringdown spektroskopiyası və digərləri, analizdən əvvəl nümunənin diqqətlə hazırlanmasını tələb edir. Bəzi hallarda tələb olunan həssaslığa və həlledici gücə nail olmaq üçün bir vakuum kamerası lazımdır. Bu atributlar qabaqcıl nümunənin alınması və işlənməsinin vacibliyinə görə bu texnologiyaların sahədə istifadəsini çətinləşdirir.

Çip üzərində laboratoriya cihazlarının inkişafı, ön hissədən nümunə götürmə hədəf analitin fondan ayrılmasını yaxşılaşdırmaq üçün vacib addımdır. Perforasiya edilmiş mikrofiltr membranlarında damcı manipulyasiyası və mikrohissəcik nümunəsinin yerinə yetirmək üçün elektrowetting-on-dielektrik (EWOD) hərəkətlərindən istifadə etdilər. Bu işdə havada olan mikroorqanizmlər iki əsas nümunə götürmə və analiz prosedurundan sonra müəyyən edilir və kəmiyyəti müəyyən edilir. Onlar hissəciklərin seçilməsi prosedurunu hissəciklərin toplanması və udulmasının iki alt prosesinə bölürlər. Birincisi, filtr membranları hissəciklərin toplanması üçün tez-tez istifadə olunur və daha sonra toplanan havadakı hissəciklər analiz prosedurundan əvvəl maye məhlulda udulur, çünki əksər bioanalitik üsullar maye fazada aparılır. Kolleksiya və udma prosesinin eyni vaxtda həyata keçirilməsi istəniləndə, qabarcıqlar və ya impingers istifadə edilə bilər.

Təsvir edilən proses havadakı hissəcikləri toplamaq üçün mikrofiltr membranı vasitəsilə havanın sorulması ilə başlayır. Filtr çuxurunun ölçüsündən daha böyük olan bu havadakı hissəciklər dayandırılır və mikrofiltr membranında toplanır. Sonra maye damcısı mikrofiltr membranı üzərində ardıcıl olaraq daxil edilmiş elektrodları aktivləşdirərək (EWOD prinsipi ilə), mikrofiltr səthindəki hissəcikləri götürərək və damlacığın özünə hopdurmaqla hərəkət edir. Bu prosesdə hərəkət edən damcıdakı səth gərginliyi hissəcikləri səthdən ayırmaqdan məsuldur. Nəhayət, udulmuş hissəcikləri ehtiva edən damcı EWOD işə salınması ilə avtomatik olaraq bitişik laboratoriya-on-a-chip analiz sisteminə nəql edilə bilər. Aşağıdakı (Şəkill) hissəcik nümunələrinin götürülməsi, udulması, damcı "itələmək" üçün EWOD aktivasiyası və damcıdakı hədəf analitin təhlili daxil olmaqla ümumi prosesi göstərir.

Bu proses integrasiya edilmiş sistemə cari sensor sistemləri ilə müqayisədə üstünlüklər təmin etməyə imkan verir. Kiçik damcı həcmə görə ilk istehlak materialları minimuma endirilir. İkincisi, EWOD əməliyyatı hissəciklərin toplanması zamanı daha az işləmə addımları tələb edir və nümunə itkisini minimuma endirir ki, bu da onların aşağı buxar təzyiqi və həmçinin səthlərdə mövcud olan az miqdarda

bərk nümunənin olması səbəbindən partlayıcı havadakı hissəciklərin təhlili üçün əsas amildir. Nəhayət, bu proses davamlı olaraq işləyə bilər.



Şəkil 1. Mikro maye seçmə və dielektrik üzərində electro wetting özündə birləşdirən analiz prosesi (EWOD) prinsipi

Nəticə. Havadakı hissəciklərin toplanması və udulması üçün nəzərdə tutulmuş adi sistemlər ümumiyyətlə həcmli, hissəcikləri mayeyə vurmaq və ya yığılmış hissəcikləri filtr səthlərindən çıxarmaq üçün nəinki böyük həcmdə maye, həm də çoxsaylı əl ilə işləmə mərhələləri tələb olunur. Beləliklə, onlar adətən miniaturlaşdırılmış çip üzərində laboratoriya sistemi ilə uyğun gəlmir. Eyni zamanda, lab-on-a-chip sistemi adi analitik texnologiyalara nisbətən bir çox üstünlüklər gətirə bilər: qısa emal müddəti, reagent və nümunə istehlakının kəskin azalması, kiçik avadanlıq kütləsi, tam avtomatlaşdırma, yüksək ötürmə qabiliyyəti, yüksək həssaslıq və spesifik çıxış siqnaillər. Bununla belə, çip üzərində laboratoriya cihazlarının mövcud hissəciklərin toplanması/udma sistemləri ilə problemsiz integrasiyası yüksək iş dövrü nümunə götürmə sistemləri tərəfindən təbii olaraq istehlak edilən və emal edilən çox miqdarda fon və ya müdaxilə edən kimyəvi maddələr səbəbindən çətin problem olaraq qalır. Sahə hazırlığını və istifadəçi inamını artırmaq üçün mikrofluidik sistemlər üçün davamlı nümunə götürmə və təhlil çox arzu olunan texnoloji irəliləyiş olardı.

Ədəbiyyat

- [1] T. Naddo et al, "Detection of explosives with a fluorescent nanofibril film", Journal of American Chemical Society, vol. 129, no. 22, p. 6978-6979, 2007.
- [2] M.E. Roberts, S.C.B. Mannsfeld, M.L. Tang, Z. Bao, "Influence of molecular structure and film properties on the water-stability and sensor characteristics of organic transistors", Chemistry of Materials, vol. 20, no. 23, p. 7332-7338, 2008.
- [3] M.E. Roberts, S.C.B. Mannsfeld, N. Queralto, C. Reese, J. Locklin, W. Knoll, Z. Bao, "Water-stable organic transistors and their application in chemical and biological sensors", Proceedings of the National Academy of Sciences, vol. 105, no. 34, p. 12134-12139, 2008.

RESEARCH OF NEW SENSOR TECHNOLOGIES FOR DETECTION OF EXPLOSIVES

Ahmedova S.T., Asgarov K.A.

Abstract. As new sensor technologies develop, it is clear that new sensor platforms are needed to accommodate new micro- and nanoscale sensors. Furthermore, as new sensor materials are discovered, there is a need to improve the response of sensors. In particular, the analysis process (EWOD) principle, which combines microfluidic sampling and electrowetting on dielectric, can be used to identify explosives more quickly and accurately. The article examines the working order of that principle.

Keywords: explosive substance, sensor systems, microfilter membrane.

AVIASİYA TƏHLÜKƏSİZLİYİNDƏ RİSKLƏRİN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ



İsmaylova S.R., Nağıyev N.T.

senemismayilova845@gmail.com

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Məqalədə risklərin qiymətləndirilməsi metodlarının aviasiya təhlükəsizliyinə tətbiqi öz əksini tapmışdır. Risklərin qiymətləndirilməsinin təhlili nəticəsində matris metodunun tətbiqi və bu qiymətləndirməyə əsaslanan ağ, yaşıl, sarı, qırmızı fəaliyyət rejimləri və görülməli tədbirlər müəyyən edilmişdir. Məqalədə vurğulanmışdır ki, risklərin vaxtında və düzgün qiymətləndirilməsi aviasiya təhlükəsizliyinin təmin edilməsində mühüm rol oynayır.

Hava nəqliyyatı ölkənin nüfuzu və iqtisadiyyatına bir başa təsir göstərir, dövlətlər arasında əlaqələrin genişlənməsində və qlobal iqtisadiyyatın inkişafında mühüm rol oynayır və nəticədə terrorçuların hədəfinə çevrilir. Mülki aviasiyanın təhlükəsizliyinə yönəlmiş terror təhdidlərinin artması risklərin davamlı qiymətləndirilməsi və qabaqlayıcı tədbirlər görülməsini labüd edir. Risklərin qiymətləndirilməsi həm zəif nöqtələrin aşkarlanması və aradan qaldırılmasını, görülməli tədbirlərin müəyyən edilmişdir, həm də resurların effektiv bölünməsinə təmin edir.

Açar sözlər: risk, təhlükəsizlik, təhdid, qiymətləndirmə, aviasiya.

Giriş. Hava nəqliyyatı qlobal iqtisadiyyatın inkişafında, dövlətlər arasında əlaqələrin genişlənməsində mühüm rol oynayır. ICAO-un statistikasına görə, 2023-cü ildə hava nəqliyyatında daşımalarda səviyyəsi pandemiya əvvəlki həddə çatmışdır. Hava nəqliyyatında gözlənilən artımı təhlükəsiz və səmərəli şəkildə idarə etmək üçün beynəlxalq, regional və milli səviyyələrdə davamlı əməkdaşlığa və inkişafa ehtiyac vardır. Aviasiya təhlükəsizliyi dövlətlər və qlobal beynəlxalq ictimaiyyət üçün ən yüksək prioritet göstəricilər sırasında olduğu üçün bu sahədə risklərin davamlı olaraq qiymətləndirilməsi və yeni metodların tətbiqinə tələb kəskin olaraq artır. Aviasiya hər bir dövlət üçün strateji mühüm obyekt olduğundan daim terrorçular üçün cəlbədar hədəf olmuşdur. Terrorçular beynəlxalq mülki aviasiya sistemindəki real və ya ehtimal edilən zəifliklərdən istifadə etməyə və təhlükəsizlik tədbirlərindən yayınmaq üçün yeni texnika və silahlar hazırlamağa çalışmaqla bərabər beynəlxalq səviyyədə nüfuzlu subyektlər arxalanırlar. Terrorizmdə irəliləyişləri nəzərə alaraq mülki aviasiya üçün risklərin davamlı olaraq müəyyən edilmişdir, qiymətləndirilməsi və cavab tədbirlərinin həyata keçirilməsi vacibdir. Risklərin müəyyən edilməsi hər bir riskə qarşı müvafiq tədbirləri və nəzarəti həyata keçirməyə imkan verir. Risklərin müəyyən edilmişdir və qiymətləndirilməsi Aviasiya Təhlükəsizliyi üzrə Qlobal tədbirlər Planının hər iki nəşrində əsas prioritet olaraq göstərilmişdir [4],[7].

Dünya hava limanlarında mövcud təhlükəsizlik tədbirləri təhdidlərin bütün tipologiyalarına qarşı tam müdafiəni təmin etməsə də, effektiv risk idarəetmə yanaşması qanunsuz müdaxilə aktlarına qarşı preventiv tədbirlərin görülməsini və risklərin səviyyəsinin minimuma endirilməsini təmin edir. Təhlükəsizlik risklərinin idarə edilməsi, infrastruktur, insanlar və hava limanı sisteminin kritik obyektləri və fəaliyyətinə qanunsuz müdaxilələrin ehtimalını qiymətləndirən analitik və sistemli bir prosesdir. Risklərin müəyyən edilmişdir və qiymətləndirilməsi məlum və ya potensial təhlükələrdən müdafiəni gücləndirərək riski azaltmağı hədəfləyir [5].

Riskin qiymətləndirilməsi prosesi aşağıdakı kimi üç elementdən ibarətdir:

- təhlükələrin, ehtimalların və nəticələrin təhlili;
- cari təsirlərin azaldılması və qalan zəifliklərin qiymətləndirilməsi;
- riskin azaldılması üçün tövsiyələr.

Müvafiq məlumatların toplanması, sonrakı təhdidlərin təhlili, təhlükəsizlik riskinin qiymətləndirilməsi, təhlükənin identifikasiyası risklərin davamlı qiymətləndirilməsi dövründə zəruri addımları təşkil edir. Bu dövrə riskə məruz qalmanın bütün aspektlərini həll etmək üçün xüsusi proseslər və qərarlar daxildir [2].

Riskin idarə edilməsi yanaşmalardan biri kimi hava limanının hər bir obyektı üçün təhlükələrin, müdafiəsizliyin və hadisənin ağırlıq dərəcəsinin qiymətləndirilməsinin nəticələrini bir araya gətirməklə riskin ədədi qiymətini müəyyən etməkdir. Bu prosedur, təhlükəyə qarşı hər bir obyektə təhlükə riski üçün ədədi qiymət əldə etmək məqsədi ilə təhlükənin, müdafiəsizliyin və hadisənin ağırlıq dərəcəsinin qiymətləndirilməsinin nəticələrini müəyyənləşdirir:

$$R=T \times M \times N \quad (1)$$

Burada R riskin reytingi, T təhlükə reytingi, M müdafiəsizlik reytingi, N isə nəticələrin reytingini ifadə edir [3].

Risklərin idarə edilməsi üçün hər bir mərhələnin tam, ardıcıl və düzgün icrası vacibdir. Riskin qiymətləndirilməsi prosesi üçün bir neçə risk qiymətləndirmə modeli mövcuddur ki, hər bir modelin əsas məqsədi riski obyektiv şəkildə qiymətləndirməkdir. Bu modellərdən biri olan risk matrisi vasitəsi ilə riski qiymətləndirir.

Cədvəl 1. Risk matrisi

Hadisənin baş vermə ehtimalı	Hadisənin nəticələri			
	Fəlakət	Çox təhlükəli	Təhlükəli	Narahatlıq doğuran
Mütəmadi				
Vaxt aşırı				
Az hallarda				
Mümkün deyil				
Qeyri-mümkündür				

Risk matrisində hər bir rəng riskin səviyyəsini müəyyən edir və qırmızıdan yaşıl doğru riskin səviyyəsi aşağı düşür. Hər bir səviyyə üçün görülən tədbirlər riskin səviyyəsini qəbul edilən bilən səviyyəyə endirmək məqsədi daşıyır. Rəng kodlarına uyğun olaraq görülən tədbirlər aşağıda qeyd olunmuşdur [1].

Ağ – riskin qəbul edilən səviyyəsində görülən tədbirlərdir. Gündəlik fəaliyyət rejimində görüləcək tədbirlər əhatə olunur. Ağ fəaliyyət rejimi zamanı təhlükəsizliyi sahəsində müvafiq qanunvericiliklə müəyyən edilmiş təhlükəsizlik tədbirləri həyata keçirilir. Şübhəli hallar istisna olmaqla, sərnişinlərin, əl yükü və baqajın 10%-i əlavə təhlükəsizlik baxışından keçirilir.

Yaşıl – fəaliyyət rejimi zamanı görüləcək tədbirlərdir. Proqnozlaşdırıla bilməyən mümkün terror və ya təxribat fəaliyyəti üçün ümumi xəbərdarlıq olduğu zaman görülən tədbirləri əhatə edir. Terror aktları və təxribatlarla mübarizə üçün ehtiyat planların icrasında iştirak edəcək kadrlar tapşırıqca hazır olmalıdırlar. Məlumatın dəqiqləşməsi zamanı qüvvəyə minəcək qırmızı fəaliyyət rejiminin tətbiqi zamanı istifadə olunacaq planlar yoxlanılmalıdır. Şayiələrin qarşısını almaq üçün işçi heyəti ümumi vəziyyətlə bağlı məlumatlandırılmalıdır. Tədbirlər və onların niyə görə həyata keçirildiyi barədə yerli təhlükəsizlik bölmələrinə görülən işlər haqqında məlumat verilməlidir. Hava limanının ətrafındakı insanlar, nəqliyyat vasitələri və binalar yoxlanılmalıdır. Hava limanına daxil olan nəqliyyat vasitələrinin, insanların və baqajın 30%-i əlavə təhlükəsizlik baxışından keçməlidir.

Sarı – fəaliyyət rejimi zamanı görüləcək ehtiyat tədbirlərdir. Hava limanında və ya hava limanından kənarda insident və ya təxribat aktları baş verməsi ehtimalı ilə bağlı kəşfiyyat məlumatı alındıqda həyata keçirilir. Nəqliyyat vasitələri həssas binalardan uzaqda park etdirilməlidir. Zəruri hallarda mühafizəçilərin sayı artırılmalı və obyektə mühafizə xidmətinin fəaliyyəti artırılmalıdır. Hava limanının həssas nöqtələrinə giriş və çıxışlar məhdudlaşdırılmalıdır. Hava limanının qadağan olunmuş ərazilərinə giriş məhdudlaşdırılmalı, sərnişinlər və iş başındakı heyətdən xaricində şəxslərin girişə icazə

verilməməlidir. Hava limanına daxil olmaq istəyən nəqliyyat vasitələri, insanlar, baqaj və hər cür materialların 60%-i təhlükəsizlik baxışından keçirilməlidir.

Qırmızı – fəaliyyət rejimi zamanı görülməli ehtiyat tədbirləridir. Hava limanında və ya hava limanından kənarda insident baş verdikdə, terror və təxribat aktları qaçılmaz olduqda, yaxud hadisənin baş vermə ehtimalı ilə bağlı kəşfiyyat məlumatı təsdiqləndikdə həyata keçirilir. Bütün icazələr minimuma endirilməli və ziyarətçilərin girişi dayandırılmalıdır. Digər yerli hakimiyyət orqanları ilə koordinasiya qurulmalıdır. Əlavə təhlükəsizlik tədbirləri üçün təhlükəsizlik işçilərinin sayı mümkün qədər artırılır. Hava limanına daxil olmaq istəyən nəqliyyat vasitələri, insanlar, baqaj və hər cür materialların 100%-i təhlükəsizlik baxışından keçirilməlidir. Hava limanında dövlət və özəl qurumların, təşkilatların yurisdiksiyasında olan bütün ərazilərə girişə nəzarət etmək üçün tədbirlər görülməlidir. Hava limanının bilavasitə yaxınlığındakı avtomobil dayanacaqları tez-tez yoxlanılmalıdır. Zəruri hallar istisna olmaqla, perona keçmək qadağan edilməlidir.

Təhlükə zamanı görülməli gücləndirilmiş tədbirlər riski qəbul ediləbilən səviyyəyə endirmək məqsədini daşıyır. Təhlükənin nəticələri aradan qaldırıldıqdan sonra ağ fəaliyyət rejimi bərpa edilir. Hadisələr və görülməli tədbirlər təkrar təhlil edilir, fəaliyyətdəki səhvlər və zəif nöqtələr aşkar edilir. Yekunda risklər təkrar qiymətləndirilərək nöqsanlar aradan qaldırılır [6].

Nəticə. Aviasiya təhlükəsizliyinin təmin edilməsi məqsədi ilə risklərin qiymətləndirilməsi, uçuşların davamlılığının və səmərəliliyinin, sərnişinlərin, heyətin və aviasiya obyektlərinin təhlükəsizliyinin təmin edilməsi baxımından mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Məqalədə tətbiq olunan matris üsulu risklərin sistemativ olaraq təhlil edilməsinə və onların təsnifləşdirilməsinə imkan yaratmışdır. Ağ, yaşıl, sarı və qırmızı fəaliyyət rejimləri tətbiq edilməsi risklərin səviyyəsini müəyyən etməyə və hər bir səviyyəyə uyğun tədbirlərin qısa bir müddətdə müəyyənləşdirilməsinə şərait yaradır. Bu yanaşma, həmçinin təhlükəsizlik tədbirlərinin effektivliyini artırmaqla yanaşı, resursların düzgün bölüşdürülməsi üçün də faydalıdır.

Aparılan araşdırmalar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, risklərin vaxtında qiymətləndirilməsi və uyğun fəaliyyət rejimlərinin tətbiqi aviasiya əməliyyatlarında potensial təhlükələrin qarşısını almaqda mühüm rol oynayır. Risklərin qiymətləndirilməsi təhlükəsizliyin səviyyəsinin artırılması ilə yanaşı qərar qəbul etmə prosesini asanlaşdırır və təhlükəsizlik tədbirlərinin səmərəliliyini təmin edir.

Ədəbiyyat

- [1] Aviation Instructor's Handbook, U.S. Department of Transportation FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION Flight Standards Service. Pp. 161-168, (2008)
- [2] DOC 10084. Risk Assessment Manual for Civil Aircraft Operations Over or Near Conflict Zones, 2023
- [3] DOC 10108. Aviation Security Global Risk Context Statement, 2022
- [4] DOC 10118. Global Aviation Security Plan, 2024
- [5] G.Tamasi, M.Demichela, Risk assessment techniques for civil aviation security, Reliability Engineering and System Safety, pp. 593-599 (2011)
- [6] Havacılık Güvenliği Eğitim El Kitabı, S. Sağlık, A.K. Kırbaçoğlu, S. Ulusoy, Z. Erçetin, M. Gülmez, pp60-62
- [7] The importance of risk assessment in aviation security.<https://unitingaviation.com/news/security-facilitation/the-importance-of-risk-assessment-in-aviation-security/>

RISK ASSESSMENT IN AVIATION SECURITY**Ismayilova S.R., Nagiyev N.T.**

Abstract. The article discusses the application of risk assessment methods in aviation security. As a result of the risk assessment analysis, the use of matrix methods, and the identification of white, green, yellow, and red activity modes and measures based on risk evaluation were outlined. The article emphasizes that timely and accurate risk assessment plays a crucial role in ensuring aviation security. Air transportation directly affects a country's reputation and economy, plays a significant role in expanding relations between nations, and contributes to the development of the global economy, thus making it a target for terrorists. The increasing threat of terrorism aimed at civil aviation necessitates continuous risk evaluation and proactive measures. Risk assessment helps in identifying and eliminating vulnerabilities, determining the necessary actions, and ensuring effective resource allocation.

Keywords. risk, security, threat, assessment, aviation.



AEROPORTLARIN PERİMETRLƏRİNDƏ MÜHAFİZƏ SİSTEMİNİN TƏTBİQİ PERSPEKTİVLƏRİ

Mövsümzadə Ü.F., Rüstəmov R.R.

umud.movsumzade@gmail.com

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Məqalədə, müasir duyğaların texnoloji həllərini təhlil etməklə, optimal texniki şərtlərə malik perimetr mühafizə sisteminin aeroportlarda tətbiqinin mümkünlüyü müəyyənləşdirilmişdir. Bunun üçün perimetrdə tətbiq olunan bəzi duyğaların gələcək inkişaf perspektivləri nəzərdən keçirilmiş, mühafizə sisteminə qoyulan tələblər müəyyən edilmişdir.

Aeroportların perimetr üzrə qorunması aviasiya təhlükəsizliyinin təmin edilməsi baxımından kritik əhəmiyyətə malik olduğu qeyd edilmişdir. Duyğaların texnoloji həllərinin və tətbiq imkanlarının müxtəlifliyini nəzərə alaraq, effektiv və etibarlı mühafizə sisteminin hazırlanması bir neçə fərqli imkanlara malik duyğaların integrasiya edilməsi ilə mümkündür. Məlum olmuşdur ki, gələcəkdə bu imkanlara malik duyğaların integrasiyası daha da genişlənərək, aeroportların təhlükəsizlik səviyyəsini artırmaq məqsədi daşıyacaqdır. Çünki, müasir texnologiyalar əsasında işləyən duyğalar, xüsusən iki avtogenetorlu diferensial tutum duyğacı, lazer şüalı, infraqırmızı, hərəkət və optik lifli duyğalar aeroportların perimetr üzrə mühafizəsini daha effektiv və etibarlı şəkildə təmin edir.

Açar sözlər: aeroport, aviasiya, təhlükəsizlik, mühafizə, sistem, tutum, duyğac, perimetr.

Giriş. Aeroportlar beynəlxalq nəqliyyatın əsas mərkəzlərindən biri olmaqla yanaşı, ictimai və iqtisadi təhlükəsizliyin təmin edilməsində mühüm rol oynayır. Bu infrastruktur kompleksinin effektiv fəaliyyəti üçün təhlükəsizlik sistemi əsas şərtlərdən biridir [1].

Beynəlxalq Mülki Aviasiya Təşkilatı (ICAO) aeroportların təhlükəsizliyinin təmin edilməsi ilə bağlı qlobal standartlar və tövsiyələr hazırlayır. Bu qaydalar aeroportlarda təhlükəsizlik tədbirlərinin vahid şəkildə tətbiqini təmin edərək, sənişinlərin və personalın təhlükəsizliyini təmin etməyə yönəlmişdir. Bütün bunlara baxmayaraq, artan beynəlxalq terror aktları, qaçaqmalçılıq halları və sərhəd pozuntuları aeroportların təhlükəsizliyinə qarşı ciddi təhlükələr yaradır. Bu təhlükələrin qarşısını almaq üçün yüksək dəqiqlikli duyğaların, süni intellektə əsaslanan analitik sistemlərin və s. tətbiqi böyük əhəmiyyət daşıyır. Aeroportların perimetr mühafizəsi sistemləri, yalnız fiziki maneələrlə kifayətlənməyərək, real vaxt rejimində təhlükələrin təhlili və adekvat reaksiya mexanizmləri ilə təchiz olunmalıdır. Qeyd edilən texnoloji həllərin bu sahəyə integrasiyası müasir təhlükəsizlik tələbləri istiqamətində vacib məsələlərdən hesab edilir [2].

Məqalədə məqsəd, müasir duyğaların texnoloji həllərini təhlil etməklə, optimal texniki şərtlərə malik perimetr mühafizə sisteminin aeroportlarda tətbiqinin mümkünlüyünün müəyyənləşdirilməsindən ibarətdir. Bu məqsədlə, perimetrdə tətbiq olunan bəzi duyğaların gələcək inkişaf perspektivləri nəzərdən keçirilərək, mühafizə sisteminə qoyulan tələblər müəyyən edilmişdir.

İki avtogenetorlu diferensial tutum duyğacı (şəkil 1). Bu duyğacda istifadə edilən iki avtogenetor vasitəsilə tutumun dəyişməsi uyğun olaraq tezliyin dəyişilməsinə çevrilir. Çıxışda alınan siqnalların fərqlinin müqayisəsindən istifadə edildiyi üçün tutum duyğacı adlandırılmışdır. Bu duyğacın iş prinsipi, yaxınlaşma olduqda, mühafizə edilən zonanı təşkil edən həssas elementlərin hər ikisinin Yerə nəzərən tutumlarının dəyişməsinə əsaslanır. Həssas elementlər bir-birinə və Yerə nəzərən paralel şəkildə quraşdırılır. Pozucunun həssas elementin birinə yaxınlaşması və ya ona toxunması zamanı, eləcə də həssas elementin kəsilməsi hallarında həyəcan siqnalı formalaşır. Bir nəfər pozucunun yaxınlaşması halında həyəcan siqnalının formalaşması üçün effektiv həssaslıq məsafəsi 3 m-dən az olur [3]. İki avtogenetorlu diferensial tutum duyğacı vasitəsilə qanunsuz müdaxilə aktlarının aşkar edilməsi ehtimalının kifayət qədər yüksək qiymət alması ($P_{id.aşk} \approx 0,999$ və $P_{iq.aşk} \approx 0,958$), bu duyğacın

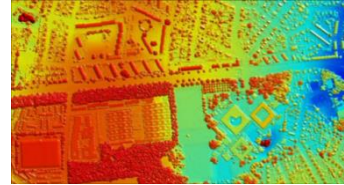
aviasiya təhlükəsizliyinin təmin edilməsi üçün perimetrin mühafizə sistemində tətbiqi məqsədəuyğun və zəruri hesab edilir .

Qeyd edilən tutum duyğacının çatışmazlığı ondan ibarətdir ki, əgər paralel quraşdırılmış həssas elementlərin hər birinə eyni çəkili pozucular, eyni anda yaxınlaşarsa, tezliklər fərqi sıfır olduğu üçün həyəcan signalının yaranması ehtimalı əhəmiyyətli dərəcədə az olur. Lakin belə halın real həyatda baş vermə ehtimalı kiçikdir [4].

LIDAR duyğacı (Light Detection and Ranging) üç əsas komponentdən ibarətdir: skaner, lazer və GPS. Lazer işığı şüa ötürücüsündən nüfuz edilərək, ərazidəki obyektlərdən əks olunur. Əks olunan işıq, duyğacın qəbuledicisində qeydə alınır və ərazidə olan obyektlərin məsafə xəritəsini hazırlamaq üçün istifadə olunur (şəkil 2) [5].



Şəkil 1. İki avtogenetorlu diferensial tutum duyğacı



Şəkil 2. LIDAR duyğacı vasitəsilə ərazinin əldə edilmiş təsviri

LiDAR duyğacı ilə lazer səddi yaradılaraq, obyektin ölçüsü və yeri ultra sürətli və dəqiq şəkildə aşkarlanır və aeroportlarda kritik əraziləri qorumaq imkanı yaranır. Duyğacın tam qaranlıqda işləməsi, həqiqi və qeyri-orijinal təhlükələri ayırd etmək qabiliyyəti yanlış həyəcan signallarını kəskin şəkildə azaldır. Duyğacın işinə ətraf mühitdə yaranan mürəkkəb ekoloji şərait (məsələn, temperaturun, rütubətin yüksək olması, şiddətli külək, yağan yağış, intensiv qar örtüyü və s.) təsir etmir [6].

LiDAR duyğacı vasitəsilə qeydə alınan təsvirlərin x və y koordinatları ilə tədqiq edilən sahədəki hər bir nöqtə düzgün şəkildə öz yerində yerləşdirilir. Bu prosesdən sonra LiDAR məlumatlarında tapılan z koordinatından (yəni, hər bir nöqtənin yer səthinə olan hündürlüyünü göstərən üçüncü koordinat) istifadə edərək yerin modelləşdirilməsi ilə xəritə yaradılır. Alınan xəritədə təkcə yerin relyefi deyil, həm də relyefdə olan bitki örtüyü, tikililər, avtomobillər və s. elementlər yüksək dəqiqlik ilə modelləşdirilə bilər. Ehtiyac duyularsa, santimetr və hətta millimetr ölçülü detallarla bu səthin 3D modeli yaradıla bilər. Bundan əlavə, rənglərin birləşməsi ilə geniş rəng spektrini təsvir edən, rəqəmsal təsvirlərdən geniş istifadə olunan RGB (Qırmızı, Yaşıl, Mavi) məlumatları da LiDAR-dan əldə edilən səth modelləşdirmə xəritələrinə inteqrasiya edilə bilər, bu da vizuallığı daha da zənginləşdirir [6].

LiDAR duyğacının çatışmazlıqları:

- qiymətinin baha olması;
- binalar, ağaclar və s kimi maneələrin lazer şüalarının yayılmasına təsiri nəticəsində xəritədə kor ləkələrin əmələ gəlməsi;
- duyğac yüksək ayırd etmə qabiliyyətinə malik olduğu üçün qeydə alınan təsvirlərin çoxluğuna görə emal prosesinin ləngiməsi və s.

PSR-500 duyğacı hava limanları, hərbi bazalar və kritik infrastruktur obyektləri kimi strateji əhəmiyyətli yerlərin mühafizəsi üçün Perimetr Müşahidə Radar Sistemidir. Bu duyğac yüksək dəqiqliklə pozucuları aşkar edərək, onların izlənilməsi imkanını yaradır. Duyğac, ətraf mühit şəraitindən asılı olmayaraq real vaxt rejimində davamlı mühafizə və əməliyyat səmərəliliyini təmin etmək üçün nəzərdə tutulmuşdur.

PSR-500 duyğacında, hərəkət edən hədəfləri dəqiqliklə aşkar etməyə və izləməyə imkan verən Tezlik Modulasiyalı Davamlı Dalğa (Frequency Modulated Continuous Wave) radarından istifadə edilir. FMCW radarı hədəfləri fərqləndirmə qabiliyyətini, onların aşkarlanması diapazonunu və dəqiqliyini

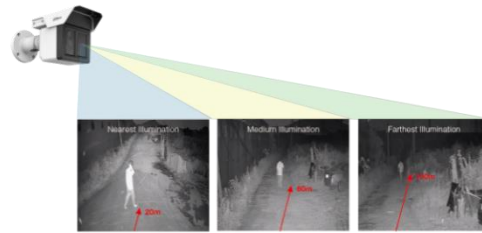
artırır. PSR-500 duyğacı bütün hava şəraitində (yağış, duman, qar və s.) gecə-gündüz etibarlı işləmək qabiliyyətinə malikdir (şəkil 3).

Duyğac, videomüşahidə sistemləri ilə integrasiya edilə bilər. Onda pozucu aşkar edilərsə, mühafizə qrupunun əməkdaşlarına avtomatik işə salınan kameralarla real vaxt rejimində ərazini vizual izləmək imkanı yaranır. PSR-500 duyğacı, minimal elektrik enerjisi sərf edən və kiçik dozalı (sağlamlıq üçün heç bir risk yaratmayan) radiasiya yayan, eləcə də quraşdırma və təmiri sadə olan statik antenaya malikdir. Bu da duyğacın uzunmüddətli istismarı üçün etibarlı olmasını təmin edir [7].

Triple-Sight perimetrin mühafizə kamerası gecə-gündüz 100 m-lik radiusda aşkarlama imkanına malikdir. Üç fərqli linzadan istifadə edərək və eyni vaxtda üç zonaya nəzarət edərək avtomatik olaraq pozucunu aşkar edə bilər (şəkil 4).



Şəkil 3. PSR-500 duyğacının ərazidə quraşdırılmış təsviri



Şəkil 4. Triple-Sight perimetrin mühafizə kamerasının zonalarda yaratdığı təsvirlər

Gecə vaxtı ərazinin işıqlandırılması üçün kamerada müxtəlif intensivliklərdə əlavə işıqlandırma təmin edən 8 infraqırmızı LED istifadə olunur. Zonadakı pozucuların aydın görünməsi üçün işıqlandırmaya nəzarət alqoritmi ilə uzaq məsafələrdə vahid parlaqlıq yaradılır. Kamera məkan məlumatları və obyekt xüsusiyyətlərinə əsasən kalibrlənir ki, bu da təkrarlanan yalan həyəcan siqnallarını minimuma endirir. Kalibrləmə nəticəsində optimallaşdırılmış təsvir daha dəqiq və tam şəkildə hədəfi əks etdirir [8].

İnfraqırmızı duyğaclər, infraqırmızı radiasiyaya (istilik enerjisinə) əsasən obyektlərin və mühitin temperaturunu ölçür. Bu duyğaclər işıqlandırılma olmayan ərazilərin perimetrinin mühafizə sistemlərində tətbiq edilə bilər. Duyğaclər, istilik fərqlərini qeydə almaqla, pozucunun insan və ya digər canlı olduğunu müəyyən etməyə imkan yaradır. İnfraqırmızı duyğaclərin iki növü var: aktiv və passiv infraqırmızı duyğaclər. Aktiv infraqırmızı duyğaclər, iki sütunda yerləşdirilmiş infraqırmızı şüaları yayan və qəbul edən qurğulardan ibarətdir. Keçən şəxsləri aşkar edir. Bu duyğaclər mühafizə edilən zonalarda iki sütun arasından keçən obyektləri aşkar etmək üçün istifadə olunur. Aktiv duyğaclər daha uzaq məsafələrə nəzarət etmək üçün effektivdir. Passiv infraqırmızı duyğaclər enerjiyə qənaət edərək yalnız ətrafdan gələn infraqırmızı radiasiyanı qəbul edib istilik fərqlərinə uyğun obyektləri aşkar edir. Hər iki duyğac işıqlandırılma olmayan ərazilərdə işləyə bilər.

Yanlış işə düşmələrin sayını azaltmaq üçün infraqırmızı duyğacləri istilik yayan obyektlərdən, işıq mənbələrindən və soyuducu sistemlərdən kənarda quraşdırılması məqsəduyğundur [9].

Optik lifli duyğaclər vasitəsilə koherent şüa, kabelin şüşə nüvəsi ilə ötürüldükdən sonra əks olunaraq emal edilir. Aşkar edilmiş dəyişikliklər prosessor vasitəsilə elektrik siqnalına çevrilir. Elektron əsaslı olmadığı üçün təbii və ya məqsədyönlü elektromaqnit müdaxilələri duyğaca təsir edə bilmir. Perimetrin mühafizəsi üçün həssas lif xüsusi hazırlanmış günəş şüalarına davamlı polietilen boru içərisində hasarın üzərinə quraşdırılır. Bu duyğaclər, hətta yavaş-yavaş hərəkət etməklə hasarı keçməyə çalışan pozucuları da aşkar edə bilər. Pozucular tərəfindən kabellərin kəsilməsi, əyilməsi və s. cəhdləri optik lifli duyğaclərdə həyəcan siqnalı yaradır. Bu duyğaclərin 100 km-ə qədər geniş ərazilərin perimetrində quraşdırılması mümkündür. Çünki pozucunun yerini 5 m dəqiqliklə təyin etməyə imkan yaradır [9].

Vibrasiyalı-seysmik duyğac, yaranan titrəyişlərin qeydə alınması üçün torpağın müəyyən dərinliklərində quraşdırılması nəzərdə tutulan perimetrin mühafizə sistemidir. Bu duyğacalar həm yerin təkində yaranan və daha sürətli yayılan sıxılma dalğaları, həm də daha yavaş yayılan kəsici dalğaları qeydə ala bilər. Bu sistem digər sistemlərlə və ya qapalı video-müşahidə sistemi ilə integrasiya edilə bilər. Sistem analizatoru olan 4 və ya 8 duyğacdən (passiv geofonlardan) ibarətdir.

Vibrasiyalı-seysmik duyğacalar, kəskin temperatur dəyişikliklərində, güclü küləkli mühitdə və sıx bitki örtüyü olan ərazilərdə etibarlı işləmək imkanlarına malikdir. Mühafizə olunan ərazidə pozucu qeydə alındıqda, seysmik duyğacalar əvvəlcədən daxil edilmiş süni intellekt alqoritmi vasitəsilə real vaxt rejimində xəbərdaredici signal generasiya edərək pozucunun olduğu zonanı aşkar etməyə imkan yaradır [10].

Bu duyğacın çatışmazlıqları [9]:

- ətraf mühitdə yaranan müxtəlif təbii və süni küylər hesabına yanlış işə düşmələrin olması;
- zaman keçdikcə torpağın dərinliklərində basdırılmış duyğacaların çirklənməsinə görə etibarlılığın aşağı düşməsi;
- mühafizə olunan ərazinin bəzi hissələrində “ölü zonalar” yarandığı üçün qeyri-dəqiq aşkarlama sahələrinin yaranması;
- ərazinin torpaq qatının müxtəlifliyinə görə duyğacaların basdırılmasının çətinliyi və s. yaranır.

FiberPatrol FP1150 duyğacı, perimetrin mühafizə sistemidir. Bu duyğacalar, divarın yaxınlığında torpağa basdırılması, divar boyunca və ya divarın üstündə yerləşdirilməsi imkanlarına malikdir. Bu duyğacın iş prinsipi, lazer işığının impulslarını tək rejimli optik lifə ötürmək və onun uzunluğu boyunca baş verən kiçik işıq əksətmələri dəqiq ölçməkdir. Hasarın titrəməsi nəticəsində yaranan lifin pozulması hesabına həmin nöqtədən qayıdan işıq selinin intensivliyi kəskin dəyişir. Kabelin kəsilməsi cəhdlərində, duyğac həmin kəsilmə nöqtəsinə qədər müdaxilələri qeydə alaraq pozucunun yerini aşkar etmək imkanına malikdir [11].

Beləliklə, müasir duyğacaların texnoloji həllərinin təhlilinə əsasən, demək olar ki, perimetr mühafizə sisteminin aeroportlarda tətbiqinin müəyənləşdirilməsi zamanı aşağıdakı funksional imkanların nəzərə alınması məqsəddə uyğundur:

1. Pozucunun müdaxiləsi zamanı hərəkətlərin təhlil edilməsi üçün monitorda xəritə üzərində təsvirin yaranması;
2. Bütün hava şəraitində etibarlı işləmə imkanı;
3. Pozucunun insan və ya digər canlı olmasının fərqləndirilməsi;
4. Görünüş məhdudiyyəti olmayan qaranlıq vaxtlarda təsvirin olması;
5. Pozucunun müdaxilə etdiyi zonanın dəqiqliklə qeydə alınması;
6. Perimetərə yaxınlaşanları nisbətən uzaq məsafələrdən aşkar edilməsi;
7. Pozucuların uzaq məsafədən yüksək dəqiqliklə aşkarlanması;
8. Yanlış işə düşmələrinin istisna edilməsi və s.

Nəticə. Aeroportların perimetr üzrə qorunması aviasiya təhlükəsizliyinin təmin edilməsi baxımından kritik əhəmiyyət kəsb edir. Duyğacaların texnoloji həllərinin və tətbiq imkanlarının müxtəlifliyini nəzərə alaraq, effektiv və etibarlı mühafizə sisteminin hazırlanması bir neçə fərqli imkanlara malik duyğacaların integrasiya edilməsi ilə mümkündür. Gələcəkdə bu imkanlara malik duyğacaların integrasiyası daha da genişlənərək, aeroportların təhlükəsizlik səviyyəsini artırmaq məqsədi daşıyacaqdır.

Müasir texnologiyalar əsasında işləyən duyğacalar, xüsusən iki avtogenetorlu diferensial tutum duyğacı, eləcə də lazer şüalı, infraqırmızı, hərəkət və optik lifli duyğacalar aeroportların perimetr üzrə mühafizəsini daha effektiv və etibarlı şəkildə təmin edir. İki avtogenetorlu diferensial tutum duyğacı vasitəsilə ətraf mühit təsirlərinə avtomatik adaptasiya təmin edilir və pozucuların daha uzaq məsafədən aşkar edilməsi imkanı yaranır. Lazer şüalı duyğacalar ərazidə hədəflərin hərəkətlərini yüksək dəqiqliklə qeydə alır. Infraqırmızı duyğacalar zəif işıqlandırılma olan şəraitdə effektiv fəallıyyət göstərir. Hərəkət

duyğacıları şübhəli fəaliyyətləri dərhal müəyyənləşdirir. Optik lifli duyğacılar fiziki müdaxilələri aşkar edərək mühafizə qrupuna xəbərdaredici siqnallar ötürür. Belə olduqda, pozuculara qarşı operativ müdaxilə imkanı yaranır.

Ədəbiyyat

- [1] Авиационная безопасность. Защита международной гражданской авиации от актов незаконного вмешательства // Приложение 17 к Конвенции о международной гражданской авиации. - Монреаль: ИКАО, - 2022. - Издание двенадцатое, - 74 с;
- [2] А.М. Пашаев, Р.Н. Набиев, Н.Т. Нагиев, Г.Д. Велиева, Р.Р. Рустамов, Особенности проектирования автоматизированного дистанционного охранного комплекса // Вопросы безопасности. 2018, -№1. с. 32-51;
- [3] Hernández, A., and D. Lázaro. "The Evolution of LiDAR and Its Application in High Precision Measurement." 2020.
- [4] А.М. Paşayev, R.N. Nəbiyev, Q.İ. Qarayev, R.R. Rüstəmov, Diferensial tutum duyğacı, Patent (İxtira) İ 2022 0033, Azərbaycan Respublikası /.
- [5] Набиев Р.Н., Гараев Г.И., Рустамов Р.Р., Дифференциально-емкостное устройство с двумя автогенераторами // Известия ЮФУ. Технические науки. 2022, - № 1. стр. 145-153;
- [6] Lidar. <https://en.wikipedia.org/wiki/Lidar>;
- [7] ALL-WEATHER, 24/7 PERIMETER PROTECTION. <https://prd-sc102-cdn.rtx.com/-/media/ca/product-assets/marketing/p/psr-500/psr-data-sheet-english.pdf>;
- [8] Dahua Technology. "IPC Perimeter Protection Camera." Version 1.0. September 2024.
- [9] Rüstəmov, R.R. Məsafədən idarə edilən integrasiya olunmuş mühafizə-xəbərdarlıq sisteminin tətbiqi imkanları // - Bakı: Milli Aviasiya Akademiyasının Elmi Məcmuələri, - 2019. №4 (21), - s. 31-39.
- [10] Toluca International Airport with Fiber Defender. <http://optex-asean.com/solution/fiber-optic-perimeter-protection-case-study/>;
- [11] Senstar. "FiberPatrol® FP1150 for Perimeter Applications."

PROSPECTS OF IMPLEMENTING A SECURITY SYSTEM IN THE PERIMETERS OF AIRPORTS

Movsumzade U.F., Rustamov R.R.

Abstract. In the article, the technological solutions of modern sensors are analysed and the feasibility of the perimeter security system at airports with optimum technical conditions is determined. For this purpose, the future development prospects of some sensors applied to the perimeter are analysed and the requirements for the security system are determined.

It is stated that the perimeter protection of airports is of critical importance for ensuring aviation safety. Considering the diversity of technological solutions and application capabilities of sensors, it is possible to develop an effective and reliable security system by integrating sensors with multiple capabilities. In the future, it is aimed to increase the level of security at airports by further expanding the integration of sensors with these capabilities. Sensors based on modern technologies, especially differential capacitance sensor with two autogenerators, laser, infrared, motion and fiber optic sensors, provide more effective and reliable perimeter security for airports.

Keywords: airport, aviation, security, protection, system, capacity, sensor, perimeter.



SÜNİ İNTELLEKT VASİTƏSİLƏ TƏHLÜKƏLİ ŞƏXSLƏRİN TANINMASI

Qarayeva S.A, Nağıyev N.T.

samira.qarayeva.02@mail.ru

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Mülki aviasiyada təhlükəsizliyin təmin edilməsi məqsədilə təhlükəli şəxslərin tanınması məsələsi müasir dövrdə əhəmiyyətli bir problem olaraq qalmaqdadır. Bu kontekstdə, süni intellekt (SI) sistemləri, böyük məlumat analizi və avtomatlaşdırılmış tanıma texnologiyaları vasitəsilə mülki aviasiya mühitində risklərin minimallaşdırılmasında mühüm rol oynayır. Məqalədə SI-nin müxtəlif tətbiq sahələri, o cümlədən biometrik sistemlər, davranış analizi və təhlükəsizlik kameralarının integrasiyası üzərində dayanılır. SI-nin istifadəsi, insan faktorunun zəif tərəflərini aradan qaldırmaqla, operativ və effektiv tanıma metodlarını təqdim edir.

Açar sözlər: süni intellekt, təhlükəli şəxslərin tanınması, biometrik texnologiyalar, davranış analizi, mülki aviasiya, təhlükəsizlik sistemləri.

Giriş. Son illərdə mülki aviasiya sahəsində süni intellektin tətbiqi, təhlükəli şəxslərin tanınması və monitorinqində inqilabi dəyişikliklərə səbəb olmuşdur. Bu texnologiya, yüksək dəqiqliklə təhlükəli niyyətləri olan şəxsləri müəyyənləşdirmək üçün müxtəlif metodlardan istifadə edir. Məsələn, biometrik tanıma sistemləri, insanların üz və ya barmaq izi məlumatlarını analiz edərək, identifikasiya prosesini sürətləndirir. Həmçinin, SI, davranış analizi alqoritmləri ilə birləşdirilərək, sənişinlərin qeyri-adi davranışlarını aşkar edə bilir, bu da potensial təhlükələri önləməkdə əhəmiyyətlidir.

Təhlükəli Şəxslərin Tanınması Üsulları. Təhlükəli şəxslərin tanınması uzun müddət müxtəlif metodlarla həyata keçirilmişdir. Ənənəvi yanaşmalara, mütəxəssis təhlükəsizlik işçilərinin analitik düşüncə qabiliyyəti və insana dayanan müayinə metodları daxildir. Bu yanaşmalar bəzən səhv qərarların verilməsinə səbəb olurdu, çünki insan faktorunun zəif tərəfləri, emosional reaksiyalar və yanlışlar ilə nəticələnə bilərdi. Təhlükəsizlik işçiləri, sənişinlərin müayinə edilməsində yalnız xarici görünüşlərinə, davranışlarına və bəzən də təsadüfi sorğulara əsaslanırdılar [1].

Bu yanaşmaların əksinə olaraq, süni intellektin istifadəsi, daha yüksək dəqiqliklə təhlükəli şəxslərin tanınmasını təmin edir. SI sistemləri, böyük məlumat analizi və öyrənmə metodları ilə tanınmış şəxslərin davranışlarını, onları izləyən əvvəlki təhlükəli şəxslərin məlumatlarını, sosial şəbəkələrdəki fəaliyyətlərini və digər əlaqəli məlumatları toplayaraq, mümkün riskləri proqnozlaşdırmağa imkan tanır. SI, insan davranışlarını və risk meyarlarını daha geniş bir müstəvidə qiymətləndirməyə kömək edir.

Süni intellektin tətbiqi, yalnız təhlükəli şəxslərin tanınması ilə kifayətlənmir, həm də təhlükəsizlik sistemlərinin bütün komponentlərinin birləşdirilməsi üçün geniş imkanlar təqdim edir. Məsələn, hava limanlarında yerləşdirilən təhlükəsizlik kameraları, SI sistemləri ilə təchiz olunmuşdur. Bu kameralar, real vaxtda görüntü analizi apararaq, sənişinlərin davranışlarını izləyir və anormal vəziyyətləri aşkar edir. Sırf bu texnologiyaların tətbiqi ilə, hadisələrə reaksiya vaxtı azaldılır, bu isə mülki aviasiya təhlükəsizliyinin artırılmasında əhəmiyyətli rol oynayır.

Daha irəliləyən SI sistemləri, dərin öyrənmə metodları ilə təchiz edilmişdir ki, bu da onların daha dəqiq nəticələr əldə etməsinə imkan tanır. Dərin öyrənmə, çox qatlı neyron şəbəkələrinin istifadə edilməsi ilə, böyük miqdarda məlumatları analiz edərək, insan davranışlarını daha yaxşı başa düşməyə və potensial təhlükələri daha düzgün qiymətləndirməyə kömək edir. Bu, mülki aviasiyada təhlükəsizlik işçilərinə ciddi qərarlar verməkdə kömək edir [2, 3].

Biometrik sistemlər, yalnız şəxsin tanınması üçün deyil, həmçinin identifikasiyanın etibarlılığının artırılması üçün də geniş istifadə olunur. Yüz tanıma sistemləri, iris skanerləri və barmaq izi tanıma texnologiyaları, mülki aviasiya sahəsində sənişinlərin təhlükəsizliyini təmin etmək məqsədilə tətbiq olunur. Bu sistemlərin tətbiqi, sənişinlərin şərti şəkildə yoxlanmasını asanlaşdırır, təhlükəsizlik işçilərinə mükəmməl dəqiqliklə riskləri qiymətləndirməyə imkan verir.

Süni intellektin imkanları, həmçinin məlumatların toplanması və analizi proseslərini də əhatə edir. SI sistemləri, hava limanlarında sənişinlərin davranışlarını izləyərək, onların profilini yaradır və anomaliyalara reaksiya verir. Məlumatların analizi, sənişinlərin səyahət tarixçəsi, əvvəllər qeyd olunmuş risk davranışları və digər parametrlərlə birləşdirilərək, yüksək dəqiqliklə proqnozlar təqdim edir. Bu yanaşma, təhlükəsizlik işçilərinin sənişinlər haqqında ətraflı məlumat əldə etməsinə və müvafiq tədbirlər görməsinə imkan tanıyır [4].

Eyni zamanda, SI sistemlərinin tətbiqi ilə əlaqəli bir sıra çətinliklər mövcuddur. Məlumatların gizliliyi, insan hüquqları və etik məsələlər, bu texnologiyaların istifadəsində əsas rol oynayır. Həmçinin, SI sistemlərinin dəqiqliyi, müxtəlif vəziyyətlərdə dəyişə bilər, buna görə də, bu sistemlərin effektivliyi üçün mütəmadi olaraq yenilənməsi və təkmilləşdirilməsi zəruridir. Texnologiyanın inkişafı, həmçinin müxtəlif cinayətkar fəaliyyətlərin yeni üsullarını meydana çıxara bilər, bu da təhlükəsizlik sistemlərini daim yeniləmək ehtiyacını artırır [5].

Mülki aviasiyada SI sistemlərinin tətbiqi, hələlik tamamilə mükəmməl deyildir. Bununla belə, bu yanaşma, zamanla inkişaf edəcək, yeni metodlar və texnologiyalar yaradılacaq. Süni intellektin inteqrasiyası, mülki aviasiyanın təhlükəsizliyinin artırılması üçün davamlı inkişaf prosesini tələb edir. Bu sahədə aparılan tədqiqatlar, SI sistemlərinin daha geniş tətbiqini təmin edəcək və müvafiq məsələlərin öhdəsindən gəlmək üçün effektiv strategiyalar təqdim edəcək.

Məlumatların toplanması və analizi, həmçinin SI sistemlərinin effektivliyini artırmaq üçün analitik alətlərin tətbiqini də əhatə edir. Bu alətlər, təhlükəsizlik işçilərinə yalnız məlumatları toplamaqda deyil, həm də bu məlumatları analiz edərək, onların üzərində qərar qəbul etməyə kömək edir. Analitik alətlərin istifadəsi, SI sistemlərinin nəticələrini daha da dəqiqləşdirir və bu sistemlərin tətbiqinin səmərəliliyini artırır [6, 7].

Nəticə. Süni intellekt vasitəsilə təhlükəli şəxslərin tanınması, mülki aviasiya sektorunda təhlükəsizliyin artırılması üçün effektiv bir yanaşmadır. Bu texnologiya, yüksək dəqiqlik və sürətlə təhlükələri aşkarlamaqla, müvafiq orqanların qərar qəbul etmə prosesini optimallaşdırır. Ancaq SI sistemlərinin tətbiqi, etik və məxfilik məsələlərini də özündə ehtiva edir ki, bu da müasir mülki aviasiya kontekstində nəzərə alınmalıdır.

Təkliflər:

1. **Təhsil və Məlumatlandırma:** İlgili mütəxəssislərin süni intellekt və biometrik sistemlər üzrə təhsili artırılmalıdır. Bunun üçün müvafiq təlim proqramları və seminarlar təşkil edilməlidir.
2. **Məlumat Mübadiləsi:** Beynəlxalq mülki aviasiya orqanları arasında məlumat mübadiləsi və əməkdaşlıq inkişaf etdirilməlidir. Bu, müvafiq məlumatların sürətli paylaşımını təmin edəcək.
3. **Etika və Məxfilik:** SI sistemlərinin tətbiqində etik və məxfilik məsələləri diqqətlə nəzərdən keçirilməlidir ki, insan hüquqları qorunsun. Bu kontekstdə, hüquqi tənzimləmələr və protokollar hazırlanmalıdır.
4. **Texnologiyaların İnteqrasiyası:** Fərqli təhlükəsizlik sistemləri arasında inteqrasiyanın təşviqi, sistemlərin daha səmərəli işləməsinə təmin edəcək.
5. **Davamlı İnkişaf:** Süni intellektin inkişafını izləmək və yeni texnologiyaların mülki aviasiyaya inteqrasiyası üçün davamlı tədqiqatlar aparılmalıdır.

Ədəbiyyat

- [1] Cohen, J., & Frosch, J. (2020). "Artificial Intelligence in Aviation Security: Current Applications and Future Perspectives." *Journal of Air Transport Management*.

- [2] Bertolini, M., & Grassi, R. (2019). "Biometric Technologies in Aviation Security: An Overview." *Aerospace*.
- [3] Friedman, B., & Nissenbaum, H. (2018). "Bias in Computer Systems." *ACM Transactions on Information Systems*.
- [4] Patel, V. M., & Chellappa, R. (2020). "Deep Learning for Face Recognition: A Review." *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*.
- [5] Zhang, Y., & Hu, Y. (2021). "Artificial Intelligence and Machine Learning in Cybersecurity: A Review." *Future Generation Computer Systems*.
- [6] Ruan, Y., & Zhang, Y. (2022). "Surveillance and Monitoring of Aviation Security: Innovations and Challenges." *Aviation Security Journal*.
- [7] Müller, M. (2019). "Ethics of Artificial Intelligence in Aviation: Implications for Security and Privacy." *Journal of Aviation Technology and Engineering*.

IDENTIFICATION OF DANGEROUS INDIVIDUALS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Garayeva S.A, Nagiyev N.T.

Abstract. The issue of identifying dangerous individuals for ensuring safety in civil aviation remains a significant problem in modern times. In this context, artificial intelligence (AI) systems play a crucial role in minimizing risks within the civil aviation environment through big data analysis and automated recognition technologies. This article focuses on various applications of AI, including biometric systems, behavioral analysis, and the integration of security cameras. The use of AI presents operational and effective identification methods by addressing the weaknesses of the human factor.

Keywords: artificial intelligence, identification of dangerous individuals, biometric technologies, behavior analysis, civil aviation, security systems.



MÜLKİ AVIASIYA TƏHLÜKƏSİZLİYİNİN İDARƏ EDİLMƏSİ ZAMANI QEYRİ-MÜƏYYƏN ŞƏRAİTLƏRDƏ QƏRAR QƏBUL ETMƏ ÜSULLARININ QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

Orucova X.C., Yusifov E.F.

xdic.orucova02.@bk.ru

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Mülki aviasiya yüksək təhlükəsizlik standartlarını təmin etmək və əməliyyatları effektiv şəkildə idarə etmək üçün ciddi və etibarlı qərar qəbul etmə proseslərinə əsaslanır. Bu qərarların əksəriyyəti qeyri-müəyyən şəraitdə qəbul edilir. Hava şəraiti, texniki nasazlıqlar, fəvqəladə hallar və müxtəlif risk amilləri aviasiya operatorlarından sürətli və düzgün qərarlar qəbul etməyi tələb edir. Qeyri-müəyyənliklər təbii fəlakətlərdən tutmuş texniki nasazlıqlara qədər müxtəlif mənbələrdən qaynaqlanır və təhlil edilən məlumatların qeyri-dəqiqliyi ilə müşayiət olunur. Təhlükəsizlik və səmərəlilik baxımından bu qərarların idarə edilməsi aviasiya sahəsinin inkişafı və optimallaşdırılması üçün mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Bu məqalə qeyri-müəyyən şəraitdə qəbul edilən qərarların risk idarəetmə metodlarından necə fərqləndiyini araşdırmaq, müasir qərar qəbul etmə yanaşmalarını təhlil etmək və onların aviasiya təhlükəsizliyinə təsirini qiymətləndirməsindən ibarətdir. Xüsusilə, Bayes şəbəkələrinin aviasiya sənayesində tətbiqinin potensialı, bu metodların qərar qəbul edən şəxslərə qeyri-müəyyənliklərin idarə edilməsində necə dəstək olduğu və onların təhlükəsizlik standartlarının təkmilləşdirilməsinə necə töhfə verdiyi ətraflı şəkildə nəzərdən keçiriləcək.

Açar sözlər: qərar qəbul etməni dəstəkləyən sistemlər (QDS), məlumat idarəetmə sistemləri (MİS), bayes şəbəkələri, optimal qərar qəbul etmə, qərar qəbul etmə modelləri, qeyri-səlis məntiq metodları, insan faktoru.

Giriş. Mülki aviasiyada qeyri-müəyyən şəraitdə qərar qəbul etmə metodlarının düzgün seçimi və tətbiqi, həm kəmiyyət, həm də keyfiyyət xarakterli amillərin inteqrasiyası yolu ilə yüksək səviyyədə təhlükəsizlik və operativlik təmin edir. Mülki aviasiya əməliyyatlarında qərar qəbul etmə prosesi, çox vaxt qeyri-dəqiqlik və natamam məlumatlarla xarakterizə olunan vəziyyətlərdə baş verir. Bu şəraitdə, optimal qərarın müəyyən edilməsi üçün müxtəlif qərar qəbul etmə modellərindən istifadə olunur. Xüsusilə fəvqəladə halların mövcud olduğu zamanlarda müxtəlif alternativlərin düzgün sıralanması mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Sənaye müəssisələrində olduğu kimi, mülki aviasiya sahəsində də qərar qəbul etmə proseslərinin təkmilləşdirilməsi, müasir informasiya və idarəetmə texnologiyalarının tətbiqi ilə mümkün olur. Bu, aviasiya təhlükəsizliyini daha da gücləndirir və operativ olaraq təhlükəsizlik tədbirlərinin alınmasına şərait yaradır. Təhlükəsizlik və əməliyyat idarəçiliyində ənənəvi mexaniki sistemlər üçün tətbiq olunan üsulların adaptasiyası aviasiyada insan faktoru və digər qeyri-müəyyən dəyişənlərin dəqiq təhlilinə kömək edir. Elmi təfəkkürdə hadisələrin dərk edilməsi ənənəvi olaraq onların kəmiyyət təhlili ilə eyniləşdirilsə də, mülki aviasiya kimi mürəkkəb sistemlərdə bu yanaşmanın effektivliyi məhdudlaşır. Aviasiya sistemləri insan faktoru və müxtəlif dəyişənlərdən ibarət olduğundan, dəqiq riyazi modellərlə tam təsvir edilə bilmir. Bu kontekstdə "uyğunsuzluq prinsipi" mühüm rol oynayır: sistem nə qədər mürəkkəbdirsə, onun davranışını dəqiq və praktiki şəkildə proqnozlaşdırmaq bir o qədər çətin olur. Bu, mülki aviasiya təhlükəsizliyində uçuş əməliyyatlarının və qərar qəbul etmə proseslərinin təhlilində qeyri-səlis məntiq və təxmini metodların tətbiqini zəruri edir [4].

Aviasiya təhlükəsizliyi ilə bağlı qərarlar çox vaxt qeyri-müəyyən şəraitdə qəbul edilir. Məsələn, təyyarənin texniki nasazlıqları, hava şəraiti və fəvqəladə hallar zamanı verilən qərarlar ənənəvi kəmiyyət təhlilinə uyğun gəlməyə bilər. Bu cür hallarda qeyri-səlis məntiq yanaşması, insanın təfəkkür prosesindəki qeyri-müəyyənliyi və dəyişkənliyi nəzərə almağa imkan verir. Qeyri-səlis məntiq sistemləri, qərar qəbul etmə zamanı subyektiv amilləri və müxtəlif riskləri qiymətləndirərək, təxminlər

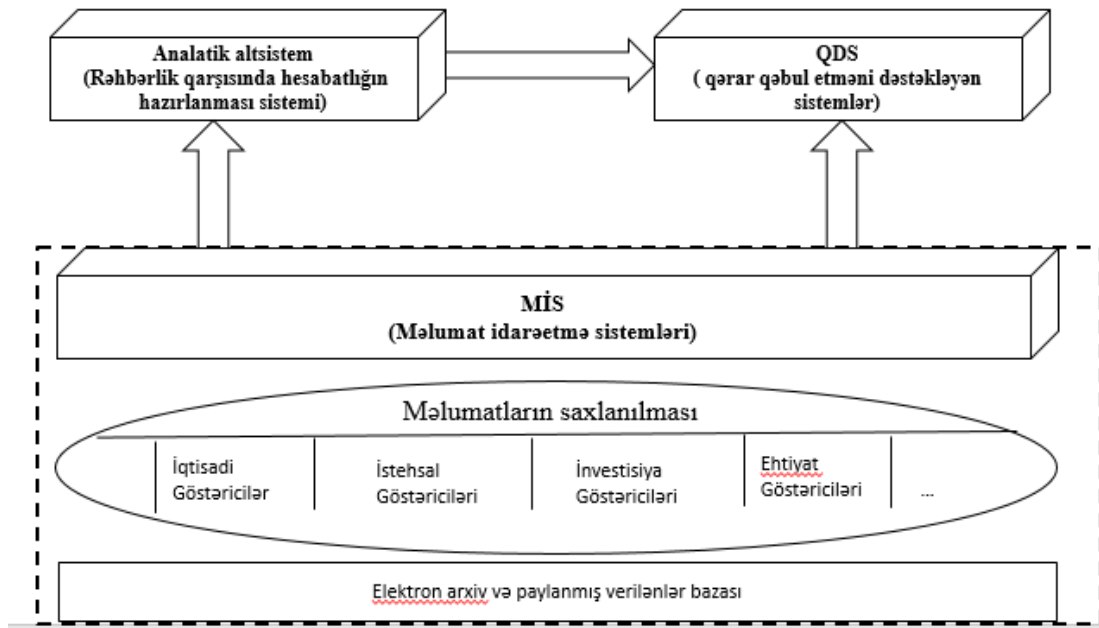
əsasında praktik nəticələr əldə etməyə kömək edir. Ənənəvi sistem təhlili metodları aviasiya təhlükəsizliyində insan faktorunun mürəkkəbliyini tam nəzərə ala bilmir [5]. Buna görə də, qeyri-səlis məntiqə əsaslanan metodoloji yanaşmaların tətbiqi mühüm əhəmiyyət daşıyır. Bu yanaşmalar sərt riyazi formalizmdən uzaqlaşaraq, real uçuş əməliyyatlarında mövcud olan qeyri-müəyyənlikləri və təxmini məlumatları nəzərə almağa imkan verir. Beləliklə, aviasiya mütəxəssisləri konkret vəziyyətlər üçün ən uyğun qərar qəbul etmə üsulunu seçə bilərlər. Mülki aviasiyada qeyri-səlis məntiqin tətbiqi, qərar qəbul etmədə insan təfəkkürünün xüsusiyyətlərini əks etdirərək, daha çevik və praktiki həllərin tapılmasını təmin edir. Bu yanaşma, həmçinin təyyarə təhlükəsizliyini optimallaşdırmaq və aviasiya əməliyyatlarının səmərəliliyini artırmaq baxımından əhəmiyyətli töhfə verir.

Metodlar. Qərar qəbul etmə metodlarının əsas xüsusiyyəti, çoxkriteriyalı problemlərin həm obyektiv (kəmiyyətlə ifadə olunan), həm də subyektiv (keyfiyyət xarakterli) komponentlərini nəzərə almaq qabiliyyətidir. Müxtəlif qərar qəbul etmə üsullarının etibarlılığını və obyektivliyini qiymətləndirmək üçün eyni problemlə vəziyyətdə bu üsulların hər birinin tətbiqi tələb olunur. Bu yanaşma, üsulların nəticələrinin müqayisəsi vasitəsilə onların dəqiqliyini və praktik effektivliyini müəyyən etməyə imkan verir. Mülki aviasiya təhlükəsizliyi kontekstində bu üsulların müqayisəli təhlili, fəvqəladə hallar və risklərin idarə olunması kimi vacib sahələrdə qərar qəbul etmə prosesinin optimallaşdırılmasına kömək edir [3].

Aviasiya sistemlərində və istismarında əksər qərarlar hazırda sistemin performansını xarakterizə edən parametrlərin qiymətlərinin onların qiymətləndirmələrinə bərabər olduğu fərziyyəsinə əsaslanır. Lakin bu postulyasiya yalnız sistemin parametrlərinin dəqiq qiymətləndirilməsi üçün kifayət qədər məlumat və ya dəqiq ekspertiza olduqda etibarlıdır. Bir çox hallarda, xüsusilə sistem, məhsul və ya proses yeni olduqda və onun performansı haqqında məhdud ölçülə bilən məlumat mövcud olduqda, bu fərziyyə yerinə yetirilmir. Bundan əlavə, aviasiyada qərar qəbul edən şəxslər çox vaxt, xüsusilə risklərin qiymətləndirilməsi və səbəb analizi aparılması zamanı, qeyri-müəyyənliklərin öhdəsindən gəlmək üçün rəsmi metodlardan və vasitələrdən istifadə etmirlər. Bu, aviasiya operatorlarının sürətli və düzgün qərarlar qəbul etmələrini çətinləşdirir, eyni zamanda qərarların düzgünlüyünü və təhlükəsizliyini təhlükə altına qoyur.

Mülki aviasiya təhlükəsizliyi, mürəkkəb və dinamik proseslərin idarə edilməsini tələb edən bir sahə olduğundan təhlükəsizliklə bağlı qərarların qəbul edilməsi çox vaxt qeyri-müəyyən şəraitdə baş verir. Buna görə də mülki aviasiya sektorunda məlumat idarəetmə sistemlərində (MİS) qərar qəbul etməni dəstəkləyən sistemlərin (QDS) mövcudluğu mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Aviasiya müəssisələri inkişaf etdikcə, təşkilati struktur rasionallaşdırılır və təhlükəsizliklə bağlı qərarların qəbulu daha da mürəkkəbləşir. Bu səbəbdən QDS-lərin hazırlanması və tətbiqi mülki aviasiyada xüsusi aktuallıq qazanır. QDS-lər uçuş əməliyyatlarından texniki xidmətə qədər bütün proseslərdə sürətli və dəqiq qərar qəbul etməyə dəstək verərək, aviasiya təhlükəsizliyini artırır [2, 6]. Şəkil 1-də sənaye müəssisələri üçün qeyri-müəyyən şəraitlərdə qərar qəbul etmənin idarəetmə səviyyəsində modelin əks olmuşdur.

Aviasiya təhlükəsizliyinin təmin olunması üçün həm Məlumat İnformasiya Sisteminin (MIS) funksiyalarını yerinə yetirməli, həm də QDS imkanlarına malik olmalıdır. QDS -nin hazırlanmasında əsas məsələlərdən biri təhlükəsizlik qərarlarının əsasını təşkil edən riyazi modellərin və qərar qəbul etmə üsullarının seçilməsidir. Mülki aviasiya sistemləri mürəkkəb quruluşlara malikdir və çoxsaylı alt sistemlərdən ibarətdir. Bu sistemlər qeyri-müəyyən şəraitdə fəaliyyət göstərir və müxtəlif risk amillərinin nəzərə alınmasını tələb edir. QDS-lər, aviasiya operatorlarının mürəkkəb vəziyyətlərdə effektiv qərarlar qəbul etmələrini təmin etmək üçün subyektiv qiymətləndirmələri də əhatə edə bilməlidir. Bu qiymətləndirmələr uçuş heyətinin və mütəxəssislərin təcrübəsinə əsaslanan şifahi xarakter daşdığı üçün QDS -lər qeyri-səlis məntiq və qeyri-müəyyən məlumatları da nəzərə almalıdır [1].



Şəkil 1. Müəssisələr üçün məlumat və idarəetmə sisteminin modeli

Aviasiya və hava nəqliyyatında qeyri-müəyyənliklərin aradan qaldırılmasına sistemli yanaşma Bayes analizinin köməyi ilə mümkündür. Bayes şəbəkələri (BN) müxtəlif sahələrdə qərar qəbul etmə problemlərinə geniş tətbiq edilmişdir, çünki onlar formal ehtimal metodlarını, asanlıqla başa düşülən vizual formaları və təsirli hesablama alətlərini birləşdirərək nəticələr və risklər barədə dərin anlayış təmin edir. Ümumilikdə, Bayes şəbəkələrinin hazırda aviasiya sənayesində qərar qəbul etmək üçün elmi və ya normativ məqsədlər üçün səbəb-nəticə əlaqələrinin və risklərin təhlilində istifadə etdiyi üç əsas yanaşma mövcuddur. Qərar qəbul edənlər, qərarlarını dəstəkləmək üçün rəsmi infrastrukturadan istifadə etməyə üstünlük versələr də, rəsmi metodlara olan tam və ya qismən etibarları, bu üçlü yanaşmanın əsasını təşkil edir [7].

Birincisi, Bayes mülahizələri qiymətləndirmə və qərar qəbul etmə prosesini əhatə edir. Bu halda, Bayes yanaşması prosesin bütün mərhələlərinə və qiymətləndirmələrə tətbiq olunur və həllər ümumi Bayes strukturuna uyğunlaşdırılır. Bu yanaşmanın tərəfdarları iddia edirlər ki, Bayes mülahizələri qərar qəbul etmək üçün hərtərəfli və formal bir sxem təmin edir, bu da qərar qəbul etmə prosesinin bütün mərhələlərinə elmi cəhətdən vahid yanaşmanın tətbiqinə imkan verir və ardıcıl, obyektiv və möhkəm qərarların qəbul edilməsini təmin edir.

İkinci variantda, Bayes metodları yalnız ehtimal paylanmalarını qiymətləndirmək üçün istifadə oluna bilər. Bu halda, Bayes analizi hələ də qərar qəbul etmə prosesinin mərkəzi elementi olaraq qalır, lakin artıq bütün prosesə cavabdeh olmur. Bu yanaşmada Bayes analitiki menecerlərə əsaslı qərarlar qəbul etməyə kömək edəcək, lakin digər amillərin təsir edə biləcəyi bir həll yolu təklif edir. Eyni zamanda, qərar qəbul prosesi rəsmi olaraq Bayes analizindən təcrid olunur.

Nəhayət, Bayes metodları ehtimal modelinin giriş paylamalarını seçmək və ya parametrləri müəyyən etmək üçün istifadə edilə bilər. Bu vəziyyətdə, nə model, nə də qərar qəbul prosesi Bayes metodları ilə yenidən qurulmur. Bayes təhlili, əsas rola düşür və suallara birbaşa cavab vermək əvəzinə, mürəkkəb modellərin giriş parametrlərini qiymətləndirmək üçün istifadə olunur. Bu yanaşma, Bayes metodlarının qərar qəbul prosesində ən asan tətbiqidir.

Mülki aviasiya sahəsində təhlükəsizliyin təmin edilməsi üçün müasir idarəetmə yanaşmalarının və texnologiyalarının tətbiqi böyük əhəmiyyət kəsb edir. Aviasiya təhlükəsizliyi, həmçinin müasir iqtisadi-riyazi metod və bu sahədə qərar qəbul etmə proseslərinin təkmilləşdirilməsi aviasiya təhlükəsizliyinin əsasını təşkil edir. Aviasiya idarəetmə sistemlərində qərarların dəstəklənməsi üçün kompüter əsaslı

sistemlərin inkişafı, məlumatların daha sürətli və düzgün şəkildə analiz olunmasını təmin edir. Bu, qeyri-müəyyənlik və risk faktorları ilə əlaqəli olan aviasiya əməliyyatlarında təhlükəsizliyin artırılması üçün vacibdir.

Nəticə və müzakirələr. Bayes şəbəkələri aviasiya sahəsində təhlükəsizliyi və səmərəliliyi artırmaq, həmçinin gələcəkdəki vəziyyətləri daha doğru proqnozlaşdırmaq üçün çox faydalı bir alət olmuşdur.. Bayes şəbəkələrinin xüsusiyyəti, mürəkkəb sistemləri modelləşdirə bilməsi və yeni məlumatlar gəldikcə bu proqnozları yeniləyə bilməsidir. Bu xüsusiyyət, onları aviasiya əməliyyatlarının dinamik və dəyişən təbiətinə uyğunlaşdırmaq üçün ideal edir. Hər nə qədər bəzi çətinliklər və məhdudiyyətlər olsa da, bu şəbəkələr risklərin idarə edilməsi və qərar qəbul etmə məsələlərində verdiyi faydalar çox böyükdür. Aviasiya sahəsində texnologiyaların inkişafı davam etdirdikcə, Bayesian şəbəkələri aviasiya təhlükəsizliyinin gələcəyində mühüm rol oynayacaqdır.

Ədəbiyyat

- [1] Белкин А.Р., Левин М.Ш. Принятие решений: комбинаторные модели аппроксимации информации. М.: Наука, 1990. – 160 с.
- [2] Елтаренко Е.А. Оценка и выбор решений по многим критериям. М.: МИФИ, 1995. 111 с.
- [3] Martin T. Schultz, Kenneth N. Mitchell, Brian K. Harper November 2010 and Todd S. Bridges Decision Making Under Uncertainty
- [4] Kochenderfer, M. J., et al. Decision Making Under Uncertainty: Theory and Application. MIT Press, 2015. Focuses on probabilistic models and sequential decision-making, critical in aviation contexts under uncertainty
- [5] ICAO Safety Management Manual (Doc 9859). Provides guidelines for managing risks and uncertainties in aviation operations.
- [6] Collaborative Decision-Making by Operators in Air Traffic Control. Examines collective decision processes in uncertain air traffic scenarios
- [7] <https://www.intechopen.com/chapters/62844>

EVALUATION OF DECISION-MAKING METHODS UNDER UNCERTAIN CONDITIONS IN CIVIL AVIATION SECURITY MANAGEMENT

Orujova K.J., Yusifov E.F.

Abstract. Civil aviation is based on serious and reliable decision-making processes to ensure high safety standards and effective operations management. These decisions are often made in uncertain conditions. Weather conditions, technical problems, emergencies and various risk factors require aviation operators to make quick and correct decisions. Uncertainties arise from various sources, from natural disasters to technical problems and are accompanied by unreliability of the analyzed information. In terms of safety and efficiency, managing these solutions is essential to the development and optimization of the aviation industry. This article is about examining how decisions made in uncertain environments differ from risk management methods, analyzing current decision-making approaches, and assessing their impact on aviation safety. In particular, the potential of Bayes networks in the aviation industry will be examined in detail, how these methods support decision makers in managing uncertainty and contribute to improving safety standards.

Keywords: decision-making systems (DMS), information management systems (İMS), bayes networks, optimal decision-making, decision-making models, fuzzy logical methods, human factor.



PERİMETR MÜHAFİZƏ SİSTEMLƏRİNƏ PİLOTSUZ UÇUŞ APARATLARININ İNTEQRASIYASI İLƏ TƏHLÜKƏSİZLİYİN ARTIRILMA METODLARI

Mazanova N.Ə.^{2*}, Salmanov F.T.^{1,2}, Muxtarov R.M.², Heydərov N.N.^{1,3}

nmazanova.30730@naa.edu.az

¹ Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Radiasiya Problemləri İnstitutu

² Milli Aviasiya Akademiyası

³ Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi İdarəetmə Sistemləri İnstitutu

Xülasə. Kritik əhəmiyyət kəsb edən obyektlərin müəyyən üsullarla mühafizəsi, müdafiəsi və ya monitorinqi son illərdə getdikcə daha çox aktuallaşır. Hava limanları, su anbarları, dövlət sərhədləri, silah anbarları, həbsxanalar və s. kimi obyektlər adətən siqnalizasiya sistemləri ilə integrasiya olunmuş mexaniki maneələrlə (tikanlı məfillər) qorunur. Texnologiyanın inkişafı perimetr təhlükəsizlik sistemlərinin təkmilləşdirilməsinə və daha etibarlı mühafizə üsullarının tətbiqinə imkan vermişdir. Bununla belə, əsasən insan tərəfindən idarə olunan sistemlər təhlükəsizlik pozuntularının aradan qaldırılmasında gecikmələrə və səmərəsizliyə meylli olaraq qalır.

Perimetr təhlükəsizlik cihazının müəyyən edilmiş çatışmazlıqlarını aradan qaldırmaq və xüsusilə vacib obyektləri daha yaxşı qorumaq üçün biz PUA-ların perimetr təhlükəsizlik sisteminə integrasiyası üçün bir üsul təklif edirik. Təklif olunan üsulla PUA-ları heç bir müdaxilə olmadan istənilən növ perimetr mühafizə sisteminə integrasiya etmək mümkündür. Bu üsulla sistemin funksionallığını və hadisələrə reaksiya sürətini kifayət qədər artırmaq və obyektlərin mühafizəsini daha təhlükəsiz şəkildə təşkil etmək mümkündür.

Açar sözlər: pilotsuz uçuş sistemi, aeroport, təhlükəsizlik, perimetr, kvadrokopter tipli PUA, integrasiya.

Giriş. Xüsusi əhəmiyyətli müəssisələrin müəyyən üsullarla mühafizə, müdafiə və ya monitorinq olunması son zamanlar aktual məsələlərdən hesab olunur. Hava limanları, içməli su hövzələri, dövlət sərhəddi, silah ambarları və s. bu tip obyekt və ərazilər əsasən mexaniki maneələrlə (tikanlı tellərlə) mühafizə olunur və bu sistemlərə siqnalizasiya sistemləri quraşdırılır. Siqnalizasiya sistemləri əsasən lazer şüaları, optik kabellər, vibrasiya sensorları, hərəkət sensorları, kamera sistemləri və s. kimi sensorlarla təchiz olunur [1, 2]. Son zamanlar texnologiyanın inkişafı qeyd olunan perimetr mühafizə sistemlərinin təkmilləşdirilməsinə və daha güvənli qoruma metodlarından istifadə olunmasına şərait yaradır. Buna baxmayaraq sistemlərə nəzarət insan tərəfindən aparıldığı üçün pozuntuların aradan qaldırılmasında müəyyən yubanmalara rast gəlmək olur. Siqnalın qeydə alınması və qayda pozuntusu olan əraziyə gedən zaman yaranan gecikmələr, nəzarət məntəqəsinin boş qalması və s. kimi amillər pozucu tərəfindən ciddi fəsadlara yol açə bilər. Qeyd olunan sistemlər bir çox terror hücumlarının qarşısının müvəffəqiyyətlə alınmasına baxmayaraq müəyyən çatışmazlıqlara malikdir. Bu məqsədlə qeyd olunan sistemlərin avtomatlaşdırılması və müasir süni intellekt və Pilotsuz uçuş aparatları (PUA) texnologiyalarının perimetr mühafizə sistemlərinə integrasiyası zərurətini yaradır [2, 3].

1.1. Perimetr mühafizə sistemləri. Perimetrin mühafizəsi, obyektin fiziki sərhədlərinin qorunmasını təmin etmək üçün hərtərəfli planlama tələb edən mühüm bir məsələyə çevrilmişdir. Mühafizə sisteminin seçimi zamanı hasarın quruluşu, ehtimal olunan müdaxilənin növləri və ərazinin spesifik xüsusiyyətləri nəzərə alınmalıdır. Bununla yanaşı, təbii və texniki amillərin də nəzərə alınması vacib hesab olunur. Fərqli xüsusiyyətlərə malik ərazilər üçün tək bir universal həll tətbiq etmək mümkün olmadığından, sistemlərin bir neçə texnologiyanın birləşdirildiyi kompleks yanaşmaya ehtiyacı var. Bu, konkret əraziyə uyğunlaşdırılmış texniki vasitələrin effektiv şəkildə istifadəsini təmin edir. Beləliklə, perimetr mühafizə sistemi quraşdırılarkən, fərqli texnologiyaların sinerjisini təmin edən həllər seçilir və ərazinin

unikallığına uyğunlaşdırılır. Bu yanaşma həm təhlükəsizlik səviyyəsini artırır, həm də sistemin funksionallığını maksimuma çatdırır [3].

1.2. “DTR 2000” Perimetr mühafizə sistemini. Bu məqalədə 2002-ci ildən Azərbaycan Respublikasının bir çox aeroportlarının perimetrlərində tətbiq edilən “DTR 2000” sisteminə PUA-ların integrasiyası və funksionallığının artırılması məsələsinə baxılmışdır.

“DTR 2000” Perimetr mühafizə sistemi müəyyən üstünlüklərə və çatışmazlıqlara sahibdir:

▪ **Üstünlükləri:**

- Naqillərə edilən hər hansı müdaxilənin bir neçə saniyə ərzində qeydə alınması;
- İnformasiyanın naqillə tam təhlükəsiz və sürətli idarəetmə məntəqəsinə göndərilməsi ;
- sistemdə informasiya təhlükəsizliyinin təmini;
- informasiyanın avtomatik arxivləşdirilməsi və istənilən hadisəyə yenidən baxış imkanı.
- Kamera sisteminə integrasiyası.

▪ **“DTR 2000” sisteminin çatışmazlıqları:**

- hasara yaxınlaşan uzaq (azı 3 - 4 m) məsafədən qeyd olmaması;
- İnfraqırmızı (İQ) - vericinin quraşdırıldığı nəzarət edilən zonanın yaxınlığında ağacların və ya kolların budaqlarının hərəkətindən, maşınların keçməsi zamanı onların mühərriklərinin istiliyindən, küləyin ani artması zamanı temperatur dəyişməsindən, ildırımdan və avtomobil faralarının işıqlarından, heyvanların (itlər, pişiklər) keçməsindən, elektrik şəbəkəsinin qısa qapanmasından yanlış işə düşmələrin mümkünlüyü;
- toxunmadan hasarı keçmə hallarının qarşısının alınmaması;
- pozucuların koordinatlarını və hərəkət parametrlərini müəyyənləşdirən, onların vizual təsvirini verən və pozucuları izləmək üçün elektron-optik sistemin olmaması.

Qeyd olunan çatışmazlıqlar sistemə nəzarət edən personalın yanlış siqnallara reaksiya verərək tez-tez əraziyə getməsinə, lüzumsuz yorulmasına və nəzarət məntəqəsinin boş qalmasına səbəb olur. Bu isə nəzarət effektivliyinin aşağı düşməsinə və personalın təbii olaraq siqnallara laqeydliyin yaranmasına səbəb ola bilər. Bununla yanaşı real pozucular olduğu halda sistemin nəzarət kameralarının yalnız dar oblastda pozucunu izləyə bilməsi əraziyə daxil olan pozucunun asanlıqla istiqamətini dəyişərək mühafizə personalını çaşdırmasını asanlaşdırır.

Məsələnin qoyuluşu və həll metodları. DTR 2000 perimetr mühafizə sisteminin qeyd olunan üstünlükləri hesabına sərhədin pozulmasını qeydə alması zamanı idarəetmə məntəqəsində olan personalın məsələyə reaksiyası müəyyən zaman alır. Buraya ərazinin müəyyən olunması, kamera görüntülərinin analizi, qərar qəbul olunması, ərazidə yerləşən və hadisə yerinə ən yaxın olan təhlükəsizlik əməkdaşlarına məlumatın ötürülməsi və onların qeyd olunan əraziyə getməsi qeyd olunan zaman itkisinə səbəb olur. Bu isə sistemin çatışmazlığında qeyd olunan pozucunun izləmə bilməməsi hesabına qeyd olunan zaman intervalında pozucunun istiqamətini dəyişməsinə, mühafizə xidmətini çaşdırmasına və ciddi cinayətlər törətməsinə səbəb ola bilər.

Sistemin qeyd olunan problemlərin aradan qaldırılmasını təmin etmək üçün ən müasir texnologiyaların istifadə olunmasını təklif edirik. Belə ki, DTR-2000 perimetr mühafizə sisteminə PUA-ların integrasiya edilməsi ilə ərazinin daimi olaraq səmadan nəzarətdə saxlanılmasının təmin olunması və eləcə də pozucunun yaxın məsafədən izlənilməsi mümkündür.

Sistemin qoşulduğu tikanlı naqillərin hər bir sahəsinin (50 metr məsafədə yerləşdirilən sensor dirəklərinin) mərkəz koordinatı qeyd olunaraq Kvadrokopter tipli PUA-nın proqram təminatına daxil edilməklə, missiya əsasında həmin əraziyə ən qısa və maneəsiz uçuşu təmin edilməlidir. Bununla yanaşı, aeroport ərazisində uçuş həyata keçirilməyən ərazi və hündürlükdə daimi olaraq yüksək effektivlikli kamera sistemi ilə təchiz sabit qanadlı PUA-nın uçuşunu təmin etməklə ərazini daimi olaraq nəzarətdə saxlamaq mümkündür [4].

2.1. *Kvadrokopter tipli PUA-nın (DRON) perimetr mühafizə sisteminə integrasiyası.* Qeyd edildiyi kimi, DTR 2000 perimetr təhlükəsizlik sistemi hərbi bazalar, həbsxanalar, atom elektrik stansiyaları,

hava limanları və enerji obyektləri kimi ciddi mühafizə tələb edən obyektlərdə geniş şəkildə tətbiq olunur. Sistemə kameralar və hərəkət sensorları əlavə etməklə hasara yaxınlaşmaları əvvəlcədən aşkar etmək mümkündür. Bununla belə, əlverişsiz hava şəraiti və xarici siqnallar yanlış həyəcan siqnalları ilə nəticələnə bilər ki, bu da personalın yorğunluğuna və idarəetmə məntəqələrinin nəzarətsiz qalmasına səbəb ola bilər. Bundan əlavə, təhlükəsizlik işçilərinin yerə avtomobillə və ya piyada çatması üçün tələb olunan vaxt müdaxilə edənlərə ələ keçməkdən yayınmağa, istiqamətləri dəyişməyə və ya məqsədlərinə çatmağa imkan verir. Bu çatışmazlıqları aradan qaldırmaq üçün biz DTR 2000 perimetr təhlükəsizlik sisteminə kvadrokopter tipli İHA-nın (DRONE) integrasiyasını təklif edirik.

Sistemin qoşulduğu tikanlı məftilin hər bir sahəsinin (50 metrlik intervalla yerləşdirilən sensor postları) mərkəzi koordinatı qeydə alınır. Qeydə alınan koordinatlar əsasında idarəetmə məntəqəsinin yaxınlığındakı DRONE uçuş nöqtəsindən başlayan missiyalar hazırlanır və ərazilərə uyğun nömrələnir. DRONE daim simsiz elektriklə doldurulur və gözləmə rejimində qalır. DTR 2000 cihazı hazırlanmış əlavə blok vasitəsilə ərazilərdən gələn siqnallara uyğun olaraq ərazi nömrəsini DRONE-ya göndərir. DRONE pozuntunun baş verdiyi əraziyə ən qısa və maneəsiz uçuşu təmin edir və siqnalın qəbul olunduğu ərazinin mərkəzində dayanaraq ərazini müşahidə edərək 360 dərəcə fırlanır. Şəkil 2-dən görüldüyü kimi, missiya elə yazılmışdır ki, DRONE uçuş zamanı hava limanının uçuş-enmə zolaqlarına girmədən uçuş.



Şəkil 2. Hava limanı ərazisi daxilində uçuş nöqtəsindən 3 müxtəlif koordinata qədər DRONE-nin uçuş trayektoriyası

DRONE hadisə yerinə doğru hərəkət edərkən, video görüntülər real vaxt rejimində hadisə yerinə gedən personalın apardığı idarəetmə panelinə ötürülür. Görüntülər real vaxt rejimində izlənilir ki, bu da təcavüzkarı dərhal müəyyən etməyə imkan verir. Müəyyən edildikdən sonra təcavüzkar izləmə hədəfi kimi qeyd olunur və DRONE süni intellektdən istifadə edərək onların hərəkətlərinə nəzarət etməyə davam edir. Görüntülər real vaxt rejimində eyni vaxtda operatora və idarəetmə mərkəzinə ötürülür. Bu yanaşma təcavüzkarı səmərəli izləməyə və tez bir zamanda tutmağa imkan verir.

2.2. Sabit qanadlı PUA-nın perimetr mühafizə sisteminə integrasiyası. Kritik əhəmiyyət kəsb edən obyektlərin təhlükəsizliyini təmin etmək üçün davamlı olaraq hava monitoringinin aparılması daha məqsədəuyğun olardı. Bunun üçün sabit qanadlı PUA-lar yüksək ayırdetmə qabiliyyətinə, böyütmə qabiliyyətinə malik kamera sistemləri ilə təchiz edilib. PUA-lar elə qurulmalıdır ki, onlar uzun müddət havada qala bilsinlər. PUA-nın uçuş hündürlüyü intervalı təchiz edilmiş kamera sisteminə və nəzarət edilən ərazinin ölçüsünə əsasən müəyyən edilməlidir. Uzunmüddətli uçuşlar üçün sürüşmə rejimində işləyə bilən PUA tiplərinə üstünlük verilməlidir. Mühərrikdən istifadə edərək təyin olunmuş hündürlüyə çatdıqdan sonra mühərrik söndürülür və onlar öz çəkisi altında sürüşmə rejimini yerinə yetirirlər. Göstərilən minimum hündürlüyə çatdıqda, mühərrik işə salınır və PUA yenidən maksimum hündürlüyə qaldırılır. Bu sayədə PUA-nın enerji sərfiyyatı minimuma endirilir və daha uzun uçuşlar həyata keçirə bilər. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, hava limanlarında maksimum və minimum hündürlük 50-150 m-

dir və bu interval sərnəşin təyyarələri ilə toqquşmanın qarşısını almaq üçün ən optimal hündürlük intervalı hesab olunur.

Video görüntülər real vaxt rejimində operatora ötürülür və idarəetmə mərkəzində nəzarət edilir. Süni intellektlə təchiz edilmiş kamera sistemi hərəkətdə olan obyektləri müəyyən edir və hər hansı şübhəli obyekt aşkar edilərsə, ərazi böyüdülmür və kamera vasitəsilə yoxlanılır. Bu tip sabit qanadlı PUA-nı DTR 2000 perimetr təhlükəsizlik cihazına integrasiya etməklə daha sürətli və dəqiq mühafizə təşkil etmək mümkündür.

Nəticə. DTR 2000 perimetri mühafizə sisteminin müəyyən edilmiş çatışmazlıqlarını aradan qaldırmaq və xüsusi təyinatlı obyektlərin mühafizəsini gücləndirmək üçün biz PUA-ların perimetr mühafizə sisteminə integrasiyası üsulunu təklif edirik. Qeyd olunan sistemə stasionar qanadlı və kvadrokopter tipli PUA-ların integrasiyası zamanı PUA-ların uzun müddət havada qalma qabiliyyəti və PUA-nın havada asılı vəziyyətdə qalması nəzərə alınmalıdır. Məlumdur ki, sabit qanadlı PUA-lar daha uzun müddət havada qalır və əsasən geniş əraziyə malik xüsusi təyinatlı obyektlərdə istifadəyə yararlıdır. Kvadrokopter tipli PUA-lar daha kiçik perimetrləri olan obyektlər və daha geniş ərazilərdə müdaxilə edənlərin yaxın məsafədən izlənilməsi üçün daha münasibdir.

Təklif olunan üsul PUA-ları heç bir müdaxilə olmadan istənilən növ perimetri təhlükəsizlik sisteminə integrasiya etməyə imkan verir. Bu üsul sistemin funksionallığını və insidentlərə reaksiya sürətini əhəmiyyətli dərəcədə artırır, obyektlərin mühafizəsini daha təhlükəsiz şəkildə təşkil edə bilər [5].

Ədəbiyyat

- [1] Jiabin Shi, Ke Cui, Hailin Wang, Zhongjie Ren, Rihong Zhu, An Interferometric Optical Fiber Perimeter Security System Based on Multi-Domain Feature Fusion and SVM, IEEE Sensors Journal, Volume: 21, Issue: 7, 01 April 2021, p. 9194 – 9202.
- [2] Shahneela Pitafi, Toni Anwar, I. Dewa Made Widia, Boonsit Yimwadsana, Revolutionizing Perimeter Intrusion Detection: A Machine Learning-Driven Approach With Curated Dataset Generation for Enhanced Security, IEEE Access, Volume: 11, 2023, p. 106954 – 106966.
- [3] Rizwan Majeed, Nurul Azma Abdullah, Muhammad Faheem Mushtaq, Rafaqut Kazmi, Drone Security: Issues and Challenges, International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 12, No. 5, 2021.
- [4] Namiq Heydərov, Ramin Səttarov, İbrahim Nuriyev, Maqsud Nəzərov, Sabit Qanadlı Pua-Ların Ümumi Analizi Və Modelin Seçilməsi, AJP Fizika, volume XXVIII №2, 2022, p.21-25.
- [5] Nəbiyev R.N., Vəliyeva Q.C., Rüstəmov R.R. İnteqrasiya olunmuş distansion mühafizə sistemi və onun yaradılması xüsusiyyətləri // Milli Aviasiya Akademiyasının Elmi Əsərləri. 2015, -№2. səh. 87-108.

METHODS FOR INCREASING SECURITY BY INTEGRATING UNMANNED AERIAL VEHICLES INTO PERIMETER SECURITY SYSTEMS

Mazanova N.A., Salmanov F.T., Mukhtarov R.M., Heydarov N.N.

Abstract. The protection, defense or monitoring of facilities of critical importance by certain methods has become increasingly pertinent in recent years. Facilities such as airports, water reservoirs, state borders, weapon depots, prisons etc. are typically protected by mechanical barriers (barbed wire) integrated with alarm systems. Advancements in technology have allowed the aforementioned perimeter security systems to be improved and more reliable protection methods to be used. However, these systems, being predominantly human-operated, remain prone to delays and inefficiencies in addressing security breaches.

To eliminate the identified shortcomings of the perimeter security device and better protect particularly important objects, we propose a method for integrating UAVs into the perimeter security system. When integrating fixed-wing and quadcopter-type UAVs into the mentioned system, the ability of UAVs to remain in the air for a long time and the UAV to stay suspended in the air must be taken into account. With the proposed method, it is possible to integrate UAVs into any type of perimeter security system without any intervention. With this method, it is possible to sufficiently increase the functionality of the system and the speed of response to incidents and organize the protection of objects in a more secure way.

Keywords: unmanned flight system, airport, security, perimeter, quadcopter-type UAV, integration.



MÜLKİ AVIASİYA TƏYYARƏLƏRİNDƏ BAŞ VERƏN YANGINLAR VƏ ONLARA QARŞI MÜBARİZƏ TƏDBİRLƏRİNİN XÜSUSİYYƏTLƏRİ

Mirzəzadə N.Z., Xalqov N.B.

nazrin.mir12@gmail.com

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Məqalədə təyyarə yangınlarına qarşı kompleks və çoxsahəli yanaşmalar öz əksini tapmışdır. Yangın zamanı təyyarənin dizaynı və avadanlıqları yangınlara qarşı xüsusi qorunma sistemləri və digər faktorlar araşdırılmışdır. Məqalə həmçinin müasir yangın deteksiya və söndürmə sistemlərinin tətbiqini əhatə edir. Burada təyyarə yangınlarına qarşı mübarizə tədbirlərinin xüsusiyyətləri ilə bağlı geniş araşdırmalar öz əksini tapmışdır. Bu araşdırmalar, təyyarə təhlükəsizliyini təmin etmək, yangının baş verməsinin qarşısını almaq və baş verdikdə mümkün olan ən sürətli şəkildə müdaxilə edərək yangını söndürmək məqsədini daşıyır. Təyyarə ekipajının təlimi, fövqəladə hallarda təxliyə prosedurları və təyyarə materiallarının yangına davamlılığının artırılması da önəmli mövzular arasındadır. Məqalədə həmçinin, yangın hadisələri zamanı kommunikasiya sistemlərinin effektivliyi və fövqəladə hallar zamanı səmərəliliyinin təhlükəsizliyini təmin edən qabaqcıl texnologiyalar haqqında məlumatlar verilir. Bu cür yanaşmalar, aviasiya sahəsində yangın təhlükəsizliyi standartlarının daha da inkişaf etdirilməsinə və tətbiq olunmasına töhfə verir.

Açar sözlər: təyyarə yangınları, yangın deteksiya sistemləri, soyutma sistemləri, avtomatik yangın söndürmə, yangından mühafizə edilən materiallar.

Giriş. Təyyarə yangınları mülki aviasiyada ən ciddi və təhlükəli hadisələrdən biridir. Təyyarə içindəki səmərəliliklər, heyət və yük, yangın baş verdikdə ciddi təhlükə altına düşə bilər. Yangınlar aviasiya təhlükəsizliyini təhdid edərək həm uçuşun dayandırılmasına, həm də aviasiya şirkətlərinin iqtisadi zərərlərinə səbəb olur. Bu səbəbdən aviasiya sahəsində yangınlara qarşı mübarizə çox vacibdir. Təyyarə yangınlarına qarşı mübarizə tədbirləri həm yangınların baş verməməsi üçün proaktiv yanaşmaları, həm də baş verdikdə təsirli reaksiya verilməsi məqsədini güdür.

Yangının aşkarlanması. Təyyarənin yangın aşkarlama sistemi pilotları və ekipajı yangının olması və yeri barədə xəbərdar edən sensorlar və göstəricilərdən ibarətdir. Yangının növündən və yerindən asılı olaraq, bu sensorlar termal, optik və ya üstü detektorları ola bilər, göstəricilər isə vizual, eşitmə və ya hər ikisi ola bilər. Ekipajın etibarlı məlumatlarla təmin edilməsini təmin etmək üçün mümkün yangın mənbələrini və xüsusiyyətlərini nəzərə alaraq, təyyarənin hər bir sahəsi üçün düzgün tip və sensorların sayını seçmək vacibdir. Bundan əlavə, onları yangını mümkün qədər tez aşkarlaya bilər, yalan siqnallardan qaçan və cavab müddətini minimuma endirən strateji yerlərdə quraşdırmaq lazımdır. Sensorların düzgün işləməsini və həssaslığını təmin etmək üçün onların müntəzəm sınaqdan keçirilməsi və saxlanması vacibdir. Standart əməliyyat prosedurlarına və fövqəladə vəziyyət yoxlama siyahılarına əməl edərək yangın göstəricilərini şərh etmək və onlara cavab vermək üçün ekipajın təlimi əsasdır.

Yangının söndürülməsi. Təyyarə yangınsöndürmə sistemi yangını söndürmək və ya idarə etmək məqsədi daşıyan söndürmə vasitələri və ötürmə cihazlarından ibarətdir. Yangının növündən və yerindən asılı olaraq, söndürmə vasitələri qaz, maye və ya bərk ola bilər. Eynilə, çatdırılma cihazları rejimdən və aktivləşmə sürətindən asılı olaraq ya sabit, portativ və ya avtomatik ola bilər. Yangının effektiv şəkildə söndürülməsini təmin etmək üçün təyyarənin hər bir sahəsi üçün düzgün yangınsöndürmə vasitələrinin növünü və miqdarını seçmək vacibdir. Əlavə olaraq, cihazlar ətraf mühitə təsir göstərmədən yangın sahəsinə çatma və əhatə edə bilən əlçatan və effektiv yerlərdə quraşdırılmalıdır. Bundan əlavə, cihazların düzgün işləməsini və təzyiqini təmin etmək üçün onların müntəzəm sınaqdan keçirilməsi və texniki xidməti vacibdir. Nəhayət, ekipaj üzvlərinə yangınsöndürmə cihazlarını standart əməliyyat

prosedurlarına və fəvqəladə yoxlama siyahılarına uyğun olaraq necə istifadə etmək və idarə etmək barədə təlim keçmək vacibdir.

Yanğınların qarşısını almaq üçün tədbirlər. Təyyarə yanğınının qarşısının alınması sistemi yanğın riskini azaltmaq və ya aradan qaldırmaq məqsədi daşıyan dizayn xüsusiyyətlərindən və əməliyyat tədbirlərindən ibarətdir. Təyyarə dizaynı və istifadə olunan materiallar yanğınların qarşısını almaq üçün əhəmiyyətli rol oynayır. Uçuşdan əvvəl yoxlama, yanacaqın idarə edilməsi, yükün yüklənməsi və texniki xidmət kimi əməliyyat tədbirləri də nəzərə alınmalıdır. Təyyarənin yanğından mühafizə sisteminin effektiv olmasını və istənilən yanğın vəziyyətini idarə etməyə hazır olmasını təmin etmək üçün təyyarənin hər bir hissəsi üçün müvafiq növ və keyfiyyətli material seçmək lazımdır; elektrik sxemlərini və komponentlərini qısa qapanmadan, həddindən artıq yüklənmədən və qövsdən qorumaq və quraşdırmaq; yanacaq sistemini sızmalardan, dağılmalardan və qırılmalardan təcrid etmək və qorumaq; hava gəmisinin hər bir sahəsində ventilyasiya və hava axınına nəzarət etmək və tənzimləmək; təyyarənin müxtəlif sahələrini bölmək və möhürləmək; yanacaq, yük və texniki xidmət fəaliyyətini yoxlamaq və idarə etmək; ayıq qalmaq; təhlükəsiz qalmaq. Nəzərə almaq lazımdır ki, yanğın təhlükəsizliyi təkcə avadanlıq deyil, həm də məlumatlılıq, təlim və koordinasiya məsələsidir.

Təyyarələrin konstruksiyası, təhlükəsizlik ön planda tutularaq hazırlanır və yanğınların sürətlə yayılmasının qarşısını almaq məqsədilə müəyyən xüsusiyyətlərə sahib olur. Aşağıdakı tədbirlər bu məqsəd üçün tətbiq edilir:

Yanğından mühafizə edilən materiallar: təyyarə gövdəsi, mühərriklər və kabinənin dizaynında istifadə edilən materialların yanmağa qarşı müqavimətli olması tələb olunur. Bu, təyyarənin ilk saatlarında baş verə biləcək yanğınların təyyarə daxilində daha uzun müddətə yayılmasının qarşısını alır. Bu məqsədlə alüminium, titan və kompozit materiallar istifadə edilir ki, bunlar yüksək istiliklərə və alovlara qarşı dayanıqlı olur.

Yanğının keçməsinə qadağan edən hissələr: təyyarənin fərqli hissələri arasında, məsələn, mühərriklə sərnəşin kabinəsi arasında yanğınların keçməsinə əngəlləyən materiallardan istifadə edilir. Bu, yanğının yalnız baş verdiyi bölgədə qalmasını təmin edir və yanğın məhdudlaşdırılır.

Zəif yerlərin gücləndirilməsi: təyyarə dizaynında ən zəif yerlər, məsələn, yanacaq və elektrik sistemləri xüsusilə gücləndirilir. Bu sahələrdə meydana gələcək nasazlıqlar, yanğınlara yol açmamalıdır. Mühərriklər, yanacaq sistemləri və elektrik avadanlıqları diqqətlə seçilərək xüsusi qoruma tədbirləri ilə təchiz olunur.

Yanğın detektorları və sensorlar. Yanğınların baş verməsi halında müdaxilə etmədən əvvəl onun erkən mərhələdə aşkarlanması çox vacibdir. Bu məqsədlə müasir təyyarələrdə yanğın detektorları və alovlanma sensorları istifadə edilir:

İstilik və duman sensorları: təyyarənin mühərriklərində, kabinədə və yük bölmələrində yüksək həssaslığa malik istilik və duman sensorları yerləşdirilir. Bu sensorlar, yanğın baş verməmişdən əvvəl istiliyin artdığı və ya dumanın olduğu yerləri təyin edir və dərhal heyəti xəbərdar edir.

Termal kamera sistemləri: bu sistemlər, yanğın və yüksək istiliklər üçün görmə qabiliyyəti təmin edir. Yanğınlara baş vermədən əvvəl, mühərrikdəki yüksək temperatur artımını görmə qabiliyyəti ilə izləyərək mümkün təhlükələri əvvəlcədən aşkarlayır.

Avtomatik yanğın söndürmə sistemləri. Yanğınların qarşısını almaq üçün təyyarələrdə avtomatik yanğın söndürmə sistemləri yerləşdirilir. Bu sistemlər yanğın baş verdikdə dərhal müdaxilə edir və yanğının yayılmasının qarşısını alır:

Mühərriklərdə avtomatik yanğın söndürmə: mühərriklər yüksək istilik və təzyiq altında işləyirlər. Bu səbəbdən təyyarə mühərriklərində yanğın baş verdikdə avtomatik olaraq yanğın söndürən maddələr (halogenlər, karbon qazı və ya tozlu maddələr) püskürür. Bu müdaxilə yanğının baş verməsi ilə yanaşı, mühərrikin söndürülməsini təmin edir.

Yük hissələrində avtomatik yanğın söndürmə: təyyarə yük bölməsində baş verən yanğınlara təyyarənin təhlükəsizliyini təhdid edir. Bu səbəblə avtomatik yanğın söndürmə sistemləri ilə təyyarənin

yük hissələrində də müdaxilə edilir. Bu sistemlər yanğın başlamadan əvvəl təyyarə heyətinə xəbərdarlıq edir və avtomatik olaraq yanğın söndürülür.

Təyyarə heyətinin təlimi və təhlükəsizlik prosedurları. Yanğın təhlükəsizliyinin təmin olunmasında təyyarə heyətinin təlimi və düzgün davranış qaydalarının tətbiqi olduqca vacibdir. Təyyarə heyəti, sərnişinlərə yanğın təhlükəsi barədə məlumat verən və vəziyyətdə necə davranmaları barədə təlimatlar verən ilk şəxsdir. Bu məqsədlə keçirilən təlimlər aşağıdakı xüsusiyyətlərə malikdir:

Təyyarə heyətinin yanğın təlimləri. Yanğın Söndürmə Təlimləri: təyyarə heyətinə xüsusi yanğın söndürmə təlimləri verilir. Bu təlimlərdə heyət üzvləri yanğın baş verdikdə necə davranmalı, yanğınsöndürən cihazları necə istifadə etməli və sərnişinləri təhlükəsiz şəkildə təyyarədən çıxarmağı öyrənirlər.

Sərnişin evakuasiyası: yanğın baş verdikdə təyyarənin sərnişinlərinin təcili şəkildə evakuasiya edilməsi çox vacibdir. Təyyarə heyəti sərnişinlərə evakuasiya yolları, təyyarədən çıxma prosedurları və təhlükəsiz davranış qaydaları barədə təlimatlar verir. Bu təlimlər sərnişinlərin təhlükəsiz şəkildə təyyarədən çıxmasına və yanğın hadisəsindən sağ çıxmalarına kömək edir.

Fövqəladə hallar üçün reaksiya təlimləri. Təyyarə heyətinin həmçinin digər fövqəladə hallar üçün, məsələn, mühərrik nasazlığı, elektrik qısa qapanması və ya təyyarə qəzası hallarında reaksiya vermək üçün təlimləri vardır. Bu təlimlərə həmçinin yanğın baş verən zaman sərnişinlərin necə davranması, təyyarə təcili eniş zamanı prosedurlar da daxildir.

Təyyarə texniki xidmətləri və baxım prosedurları. Təyyarə yanğınlarının qarşısını almaq üçün hər bir təyyarənin müntəzəm texniki xidmətə ehtiyacı vardır. Texniki baxımlar və xidmətlər düzgün aparılmadığı təqdirdə nasazlıqlar yaranaraq yanğın təhlükəsi yarada bilər.

- *Mühərrik və yanacaq sistemi yoxlamaları:* təyyarənin mühərrikləri və yanacaq sistemi müntəzəm olaraq yoxlanılmalı və hər hansı bir nasazlıq aşkarlanarsa, dərhal təmir edilməlidir. Mühərriklərdəki nasazlıqlar, yanacaq sızmaları və ya elektrik qısa qapanmaları yanğınlara səbəb ola bilər.

- *Elektrik sistemi yoxlamaları:* Elektrik sistemlərində baş verə biləcək qısa qapanmalar yanğınlara səbəb ola bilər. Bu səbəbdən aviasiya şirkətləri təyyarələrin elektrik sistemlərini müntəzəm olaraq yoxlayır və zədələnmiş avadanlıqları dəyişdirir.

- *Avtomatik yanğın söndürmə sistemlərinin yoxlanması:* yanğın söndürmə sistemləri, həm texniki xidmətlərdə, həm də hər uçuşdan əvvəl yoxlanılır. Bu sistemlərin işlək vəziyyətdə olması təyyarənin təhlükəsizliyi üçün çox vacibdir.

- *Beynəlxalq təhlükəsizlik tələbləri və normativlər:* aviasiya təhlükəsizliyi sahəsindəki beynəlxalq təşkilatlar, xüsusən Beynəlxalq Mülki Aviasiya Təşkilatı (ICAO), Avropa Aviasiya Təhlükəsizliyi Agentliyi (EASA) və Amerika Aviasiya Administrasiyası (FAA), təyyarə yanğınlarına qarşı mübarizə üçün ciddi standartlar müəyyən edir:

- *Beynəlxalq tələblər:* bu təşkilatlar təyyarələrdəki yanğın söndürmə texnologiyalarını və təhlükəsizlik protokollarını standartlaşdırır. Təyyarə istehsalçıları və aviasiya şirkətləri bu tələblərə uyğun olaraq təyyarə dizaynlarını, texniki xidmətləri və təyyarə heyətinin təlimlərini həyata keçirirlər.

- *Yanğınsöndürmə avadanlıqlarının standartlaşdırılması:* beynəlxalq qaydalara uyğun olaraq təyyarələrdə istifadə edilən yanğınsöndürmə avadanlıqları və texnologiyalarının müəyyən edilmiş standartlara cavab verməsi tələb olunur. Təyyarə yanğınlarına qarşı mübarizə sahəsində həyata keçirilən tədbirlər kompleks və çoxsahəli yanaşmalar tələb edir. Təyyarənin dizaynından tutmuş, heyətin təlimlərinə qədər hər bir mərhələ, yanğının qarşısını almağa və baş verdikdə dərhal mübarizə aparmağa yönəldilmişdir. Bu tədbirlərin uğurla tətbiqi təyyarə sərnişinlərinin və heyətinin təhlükəsizliyini təmin etmək, həmçinin aviasiya sənayesinin ümumi təhlükəsizlik səviyyəsini artırmaq məqsədini daşıyır. Təyyarə yanğınları aviasiya sahəsində ciddi təhlükə yaradır və buna görə də bu problemin həlli üçün yeni texnologiyalar inkişaf etdirilir. Bu texnologiyalar, yanğınların qarşısını almağa, erkən mərhələdə aşkarlamağa və yanğın baş verdikdə sürətli və effektiv müdaxilə etməyə imkan verir. Aviasiya sahəsində

təyyarə yangınları ilə mübarizədə son illərdə bir çox yenilikçi texnologiyalar tətbiq edilməyə başlanmışdır. Aşağıda bu yeni texnologiyalar və onların xüsusiyyətləri geniş şəkildə təqdim olunur.

İntelligent yangın deteksiya sistemləri. Ən yeni texnologiyalardan biri, təyyarələrdə yangınların erkən aşkar edilməsi üçün ağıllı yangın deteksiya sistemlərinin tətbiqidir. Bu sistemlər yangınların baş verməsi ilə bağlı ən kiçik göstəriciləri belə real vaxtda izləyir və analiz edir.

- *Yüksək həssaslıq malik sensorlar:* yeni sensorlar, istilik, duman və qazları aşkarlamaq üçün daha yüksək həssaslıq təqdim edir. Məsələn, yüksək həssas istilik sensorları təyyarənin mühərriklərində və digər mühüm hissələrində hər hansı bir istilik artımını və ya qaz sızmalarını erkən mərhələdə aşkarlaya bilir.

- *Termal kamera sistemləri:* bu sistemlər, xüsusi termal kameralar vasitəsilə yangın və yüksək temperaturu görmə qabiliyyəti təmin edir. Bu kameralar, həmçinin yangınların yerlərini müəyyən etməyə kömək edir və aviasiya heyətinə vaxtında müdaxilə etməyə imkan verir.

- *Verilənlərin emalı və intelligent analiz:* bu sistemlər əldə olunan məlumatları avtomatik olaraq emal edir və yangın risklərini qiymətləndirərək əməliyyat heyətinə xəbərdarlıq edir. Həmçinin, yangın riski yüksək olan bölgələri təyyarə daxilində müəyyən etmək üçün böyük məlumat analitikası və proqnozlaşdırma alqoritmləri istifadə edilir.

- *Avtomatik yangın söndürmə texnologiyaları:* yangınların qarşısını almaq üçün avtomatik yangın söndürmə sistemlərinin inkişafı müasir aviasiya texnologiyalarının mühüm hissəsidir. Bu sistemlər təyyarənin müxtəlif hissələrində baş verən yangınları avtomatik olaraq söndürür.

- *Avtomatik halogen yangın söndürmə sistemi:* avtomatik halogen sistemləri, təyyarənin mühərriklərində və yük hissələrində baş verən yangınları dərhal söndürmək üçün istifadə edilir. Halogen maddələri, yangınları sürətlə söndürür və yangının təyyarənin digər hissələrinə yayılmasının qarşısını alır.

- *Elektron və yanacaq sızması göstəriciləri:* yeni texnologiyalar, təyyarənin yanacaq və elektrik sistemlərindəki sızmaları dərhal aşkar edib, bu bölgələrdəki yangını avtomatik olaraq söndürməyi mümkün edir. Bu texnologiyalar təyyarənin təhlükəsizliyini artırır və yangınların yayılmasını əngəlləyir.

- *Nəmləndirici texnologiyalar:* bəzi müasir yangın söndürmə sistemləri, yangın baş verdikdə təyyarənin içində su buxarını artıraraq yangının qarşısını alır. Bu texnologiya təyyarə daxilindəki istiliyi azaltmağa və yangınları sönməyə məcbur etməyə kömək edir.

Yangınla mübarizə robotları və uzaqdan idarə edilən cihazlar. Yangın hadisəsi zamanı təhlükəsizlik tədbirlərinin daha da artırılması üçün robotlar və uzaqdan idarə edilən cihazlar istifadə edilməyə başlanmışdır. Bu cihazlar təyyarədə baş verən yangınlara qarşı mübarizə etmək üçün yaradılıb.

- *Uzaqdan idarə olunan yangın söndürmə robotları:* bu robotlar yangın baş verdikdə təhlükəsiz şəkildə təyyarənin daxilində daxil ola bilər və yangını söndürmək üçün lazım olan tədbirləri həyata keçirir. Robotlar, həmçinin təyyarənin təhlükəli sahələrinə yaxınlaşmadan əvvəl yangınların yerini təyin edə bilər.

- *Təyyarə kabinəsində uzaqdan yangın yoxlama sistemləri:* bu texnologiya təyyarə kabinəsində yangın baş verdikdə və ya təhlükə yaranıqda istifadə edilə bilər. Sistemlər, mütəmadi olaraq təyyarənin kabinasını izləyir və hər hansı bir alov və ya istilik dəyişikliklərini dərhal aşkar edir. Uzaqdan idarə edilən alətlər, yangın sönəndən sonra ətraf mühiti yoxlamağa da kömək edir.

- *Nanotexnologiya ilə tətbiq edilən yangın söndürən materiallar:* nanotexnologiya, təyyarə yangınlarına qarşı mübarizə sahəsində yeni imkanlar açır. Nanomateriallardan istifadə edilən texnologiyalar, təyyarənin strukturuna inteqrasiya edilərək yangınların qarşısını alır və ya alovun yayılmasını əngəlləyir.

- *Nanofiber kompozitlər:* nanofiber materialları, təyyarə gövdəsində və mühərrik hissələrində tətbiq oluna bilən yüksək davamlılıq və istilik müqavimətinə malik kompozit materiallardır. Bu materiallar yangının qarşısını almağa kömək edir və alovlanmanın qarşısını alır.

- *Nanodöşəmələr və izolyasiya*: təyyarələrin döşəmələrində və digər strukturlarında tətbiq olunan nanotexnologiya əsasında hazırlanan yangından qoruyan izolyasiya materialları yangınların daha yavaş yayılmasına kömək edir. Bu izolyasiya materialları, yüksək istilik müqaviməti ilə yanaşı, yangınların təyyarənin digər bölgələrinə yayılmasını da əngəlləyir.

- *Yeni nəsil yangın söndürmə maddələri*: yangınların söndürülməsi üçün istifadə olunan maddələr də inkişaf etmişdir. Son illərdə yeni nəsil yangın söndürmə kimyəvi maddələri tətbiq olunur ki, bu maddələr yangınları daha sürətli və daha effektiv şəkildə söndürür.

- *Ekoloji cəhətdən təhlükəsiz kimyəvi maddələr*: ənənəvi yangın söndürən maddələr bəzi hallarda təbiətə zərərli ola bilər. Bu səbəbdən, ekoloji cəhətdən daha təhlükəsiz və effektiv olan yeni kimyəvi maddələr hazırlanır. Bu maddələr həm də insan sağlamlığına daha az zərər verə bilər.

- *Yüksək performanslı tozlu maddələr*: yangınların sürətlə söndürülməsinə kömək edən yeni nəsil tozlu maddələr, yüksək temperaturda təsirli şəkildə alovları söndürür. Bu maddələr həmçinin təyyarə daxilindəki elektrik avadanlıqlarına zərər vermir.

Mühərriklərin yangından müdafiə sistemləri. Mühərriklər təyyarənin ən vacib hissələrindən biridir və yangın baş verdikdə bu bölgə dərhal müdaxiləyə ehtiyac duyur. Bu səbəblə yeni nəsil mühərriklərdə daha inkişaf etmiş yangından qorunma sistemləri istifadə olunur.

- *Mühərriklərdə avtomatik soyutma sistemləri*: yeni mühərriklərdə avtopilot ilə əlaqəli olaraq avtomatik soyutma sistemləri quraşdırılır. Bu sistemlər yanacaq sızmalarını və ya istilik yüksəlişini erkən mərhələlərdə təyin edərək mühərrikin soyumasına kömək edir.

- *Daha dayanıqlı yanacaq sistemləri*: yeni yanacaq sistemləri, mühərrikdə hər hansı bir sızma və ya sızan yanacağın təyyarənin digər hissələrinə yayılmasının qarşısını alır. Bu, yangın risklərini əhəmiyyətli dərəcədə azaldır. Yeni texnologiyalar təyyarə yangınları ilə mübarizəni daha effektiv və təhlükəsiz edir. İntelligent yangın deteksiya sistemləri, avtomatik yangın söndürmə texnologiyaları, nanotexnologiyalar və yeni nəsil kimyəvi maddələr yangınların qarşısını almağa və onları tez bir zamanda söndürməyə imkan verir. Bu texnologiyalar aviasiya təhlükəsizliyini daha da artırır, həm səfərlərin, həm də heyətin təhlükəsizliyini təmin edir. Müasir aviasiyada təyyarə yangınlarına qarşı mübarizə tədbirlərinin gücləndirilməsi, gələcəkdə daha təhlükəsiz uçuşların təmin edilməsinə xidmət edəcək.

Nəticə. Mülki aviasiya təyyarələrində baş verən yangınlar ciddi təhlükə yaradır və həm səfərlərin, həm də ekipaj üzvlərinin həyatını riskə atır. Bu yangınların qarşısının alınması və onlarla mübarizə tədbirləri xüsusi yanaşma tələb edir. Yangınların qarşısının alınması üçün təyyarələrin texniki baxışı və müntəzəm təmir işləri vacibdir. Bundan əlavə, yangın təhlükəsizliyi qaydalarına riayət etmək, yangınsöndürmə avadanlıqlarının mövcudluğu və onların işlək vəziyyətdə olması təmin edilməlidir. Ekipaj üzvlərinin yangınla mübarizə üzrə təlim keçməsi və fəvqəladə hallarda operativ reaksiyası da mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Yangın baş verdikdə, təyyarənin konstruksiyası və istifadə olunan materiallar yangının yayılma sürətinə təsir göstərir. Bu səbəbdən, aviasiya sənayesində yangına davamlı materialların istifadəsi və təyyarə dizaynında yangın təhlükəsizliyi aspektlərinin nəzərə alınması vacibdir. Nəticə etibarilə, mülki aviasiya təyyarələrində yangınların qarşısının alınması və onlarla mübarizə tədbirləri kompleks yanaşma tələb edir. Bu sahədə texniki xidmətlərin keyfiyyəti, ekipajın hazırlığı və təyyarələrin dizaynı kimi amillər birgə şəkildə nəzərə alınmalıdır. Beləliklə, uçuşların təhlükəsizliyi təmin edilə bilər.

Yangına davamlı materiallar:

- Nomex: yangına davamlı sintetik lifdir, səfərlərin oturacaqları və təyyarə daxili panelləri üçün istifadə olunur [14].

- Kevlar: yüksək temperaturlara davamlıdır və təyyarə strukturlarında yangınlara qarşı qoruyucu təbəqə kimi istifadə edilir.

Avtomatik yangınsöndürmə sistemləri

• Halon 1301: təyyarə mühərrikləri və baqaj bölmələrində yanğınları söndürmək üçün istifadə olunan bir növ yangınsöndürmə maddəsi.

Aerosol fire suppression systems: kiçik, kompakt sistemlərdir və elektronika və digər dar məkanlarda effektivdir [13].

Hissi detektorlar və ağıllı sensorlar

• AirSense VESDA: ağıllı duman detektoru sistemi, yanğınların erkən mərhələlərində dumanı aşkar edə bilir [12].

• Honeywell smoke detectors: təyyarələrdə geniş istifadə olunan yüksək həssaslığa malik duman detektorları [11].

İnfraqırmızı görüntü sistemləri

• FLIR systems: infraqırmızı kamera sistemləri, yanğın mənbəyini və yayılmasını dəqiq müəyyən etmək üçün istifadə olunur [10].

• L3Harris infrared imaging systems: təyyarələrdə yanğın vəziyyətlərini izləmək və analiz etmək üçün infraqırmızı görüntü texnologiyası [9].

Ağıllı təxliyə sistemləri

• B/E aerospace evacuation slide systems: təyyarələrdən sürətli və təhlükəsiz çıxışı təmin edən təxliyə sürüşkənləri [8].

• Goodrich evacuation systems: fəvqəladə hallarda sərnəşinlərin təxliyəsinə asanlaşdırıcı sistemlərdir.

İntellektual monitoring və idarəetmə sistemləri

• Boeing airplane health management (AHM): təyyarənin müxtəlif sistemlərini real vaxtda izləyən və potensial təhlükələri erkən xəbərdar edən monitoring sistemi [7].

• Airbus aircraft integrated data system (AIDS): təyyarənin təhlükəsizlik sistemlərini və digər mühüm funksiyalarını izləyən məlumat integrasiya sistemi [6].

Bu texnologiyalar təyyarələrin yanğın təhlükəsizliyini təmin etmək üçün müasir həllər təqdim edir və aviasiya sənayesində geniş şəkildə tətbiq olunur.

Ədəbiyyat

- [1] Types and solutions of air fires <https://skybrary.aero/articles/fire-air>
- [2] How an airplane firefighting system works <https://www.professionalaviation.it/en/2021/01/22/how-an-airplane-fire-fighting-system-works/>
- [3] An overview of aircraft rescue and firefighting standards <https://www.nfpa.org/news-blogs-and-articles/blogs/2024/03/07/an-overview-of-aircraft-rescue-and-firefighting-standards>
- [4] <https://gacc.nifc.gov/swcc/dc/azpdc/operations/documents/aircraft/links/Aircraft%20Recognition%20Guide.pdf>
- [5] What best practices ensuring aircraft fire protection <https://www.linkedin.com/advice/0/what-best-practices-ensuring-aircraft-fire-protection>
- [6] [https://en.wikipedia.org/wiki/AIDS_\(aeronautics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/AIDS_(aeronautics))
- [7] <https://services.boeing.com/maintenance-engineering/maintenance-optimization/airplane-health-management-ahm>
- [8] <https://www.safran-group.com/products-services/evacuation-slide-systems>
- [9] <https://www.l3harris.com/all-capabilities/walrss-infrared-camera>
- [10] <https://www.flir.eu/>
- [11] <https://www.honeywellbuildings.in/fire/fire-detection-and-alarm-system/system-sensor>
- [12] https://xtralis-com.translate.goog/product_subcategory/2/VESDA-Aspirating-Smoke-Detection?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=tr&_x_tr_hl=tr&_x_tr_pto=tc
- [13] <https://www.s-firefighting.com/aerosol-fire-suppression-systems/>
- [14] <https://en.wikipedia.org/wiki/Nomex>

FIRE INCIDENTS IN CIVIL AVIATION AIRCRAFT AND THEIR PREVENTION MEASURES**Mirzazade N.Z., Khaliqov N.B.**

Abstract. This article presents a comprehensive and multidisciplinary approach to aircraft fire prevention. It examines aircraft design and equipment, special fire protection systems, and other contributing factors to fire safety. The study also covers the implementation of modern fire detection and suppression systems. Extensive research has been conducted on fire prevention measures in aircraft, focusing on ensuring flight safety, preventing fire incidents, and enabling the quickest possible response in case of fire outbreaks. Additionally, the paper discusses crew training, emergency evacuation procedures, and enhancing fire resistance of aircraft materials. The effectiveness of communication systems during fire incidents and advanced technologies ensuring passenger safety in emergencies are also explored. These approaches contribute to the further development and implementation of aviation fire safety standards.

Keywords: aircraft fires, fire detection systems, cooling systems, automatic fire suppression, fire-resistant materials.



HEYDƏR ƏLİYEV BEYNƏLXALQ AEROPORTUNUN NƏZARƏT EDİLMƏYƏN ZONALARDA MÜXTƏLİF TƏHDİD MODELƏRİNİN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

Fərziyev K.Z.

k.ferziyev@azalsecurity.az

Aviasiya Təhlükəsizlik Baş İdarəsi, Azərbaycan

Xülasə. Nəzarət edilməyən zonalarda yaranan boşluqlar, aviasiya təhlükəsizliyini təhdid edən mühüm amillərdən biridir. Bu boşluqların aradan qaldırılması və təhdidlərin qarşısının alınması məqsədilə mövcud təhlükəsizlik tədbirlərinin gücləndirilməsi və müasir texnologiyalarla təkmilləşdirilməsi aviasiya təhlükəsizliyinin təminatında prioritet məsələlərdən biridir. Bununla əlaqədar, hava limanının nəzarət edilməyən zonalarında tətbiq olan təhlükəsizlik tədbirlərinin beynəlxalq standartlara uyğunluğun təmin edilməsi, risklərin azaldılması və təhlükəsizlik boşluqlarının minimuma endirilməsi böyük əhəmiyyət daşıyır.

Açar sözlər: nəzarət edilməyən zonalar, aviasiya təhlükəsizliyi, təhdid modelləri, hava limanları, riskli sahələr, təhlükəsizlik boşluqları, qanunsuz müdaxilə aktları, beynəlxalq təhlükəsizlik standartları.

Giriş. Nəzarət edilməyən zonalarda müxtəlif təhdid modelləri aviasiya təhlükəsizliyi təminatının ən kritik məsələlərindən biridir və getdikcə daha da aktuallaşır. Hava limanları, sərhəd zonaları və digər yüksək riskli ərazilər, aviasiya infrastrukturunu ilə əlaqəli olan və nəzarət edilməyən zonalarda baş verən təhlükəsizlik boşluqları, aviasiya təhlükəsizliyinin təminatına ciddi təhdidlər yaradır [1].

1. Nəzarət olunmayan zonalarda aşağıdakı təhdid modelləri müəyyənləşdirilmişdir:

– ƏPQ ilə olan nəqliyyat vasitəsinin sərnişin və yük terminallarının (naviqasiya və ya Azaloil obyektlərinin) yaxınlığında park edilməsi:

- nəqliyyat vasitəsindən istifadə etməklə taran yolu ilə hücum edilməsi;
- partlayıcı qurğunun insanın üzərində və ya nəzarət edilməyən zonada yerləşdirilməsi;
- perimetr hasarından partlayıcı qurğunun atılması və ya ötürülməsi;
- hava limanının ictimai yerlərinə silahlı basqın;
- kimyəvi, bioloji və radioloji maddələrdən istifadə edilməsi;
- hava limanının kənardan hava gəmisinə taran yolu ilə hücum edilməsi;
- elektrik təchizatına, su təchizatına, telekommunikasiyaya qarşı təxribat;
- yalan təhdidlər barədə məlumatların ötürülməsi.

Tədqiqat işində 4 təhlil modeli ətrafında araşdırma aparılmışdır.

2. Heydər Əliyev Beynəlxalq Aeroportunun nəzarət edilməyən zonalarının riskin səviyyəsi aşağıdakı yanaşmaya əsasən hesablanmışdır [3]:

Cədvəl 1. Qanunsuz müdaxilə aktının baş vermə ehtimalının qiymətləndirilməsi

S/s	Təsvir	Baş vermə ehtimalı
1	2	3
1.	Son zamanlar bu cür terror aktı həyata keçirilib və ya belə terror aktlarının həyata keçirilməsi üçün imkanların, niyyətlərin və planların olması barədə əsaslı sübutlar var	Yüksək 9 - 10 bal
2.	Son zamanlar terror aktının qabaqcadan planlaşdırılması və ya cinayət niyyəti ilə kəşfiyyat yönümlü müşahidələrin aparılması barədə əsaslı məlumatlar var	Orta-yüksək 7 - 8 bal
3.	Terror aktlarının yerinə yetirilməsinin niyyəti və mümkünlüyü haqqında bəzi məlumatlar olmasına (bəzi hallar da mövcuddur) baxmayaraq, belə terror aktının faktiki planlaşdırılmasının sübutu yoxdur	Orta 5 – 6 bal

1	2	3
4.	Son dövrlərdə oxşar insidentlər baş verməyib, lakin onun həyata keçirilməsi niyyətləri haqqında bəzi məlumatlar var. Fərz edilir ki, hücumun müvəffəqiyyətlə reallaşması metodikası kifayət qədər işlənilməyib və ehtimal edilir ki, hücum digər formada yerinə yetiriləcək.	Orta-aşağı 3 – 4 bal
5.	Terror aktı barədə faktlar və ya onun həyata keçirilməsi və ya planlaşdırılması əlamətləri yoxdur, terror aktının reallaşdırılması bacarığına açıq-aşkar dəlillər yoxdur, yalnız nəzəri niyyətləri var.	Aşağı 1 – 2 bal

Cədvəl 2. Baş verə biləcək qanunsuz müdaxilə aktının nəticələrinin ağırlıq dərəcəsinin qiymətləndirilməsi

İnsanlar	İqtisadi	Digərləri	Nəticələrin səviyyəsi
Yüzlərlə həlak olanlar	Milyard manatlarla ölçülən ziyan	Aviasiya sisteminin fəaliyyətinin ciddi pozulması və ona olan inamın itirilməsi	Yüksək 9 - 10 bal
Yüksək kateqoriyaya aid olan bəzi nəticələr			Orta-yüksək 7 - 8 bal
Onlarla həlak olanlar	Onlarla və ya yüz milyon manatlarla ölçülən ziyan	Aviasiya sisteminin fəaliyyətinin əhəmiyyətli pozulması və ona olan inamın itirilməsi	Orta 5 – 6 bal
Orta kateqoriyaya aid olan bəzi nəticələr			Orta-aşağı 3 – 4 bal
Bir neçə nəfər ölənlər və yaralananlar	Müəyyən iqtisadi ziyan	Aviasiya sisteminin fəaliyyətinin bəzi pozulmaları və ona olan inamın müəyyən qədər itirilməsi	Aşağı 1 – 2 bal

Cədvəl 3. Zəiflik səviyyəsinin qiymətləndirilməsi

S/s	Təsvir	Zəifliyin səviyyəsi
1.	Ümumiyyətlə təhlükənin səviyyəsinin aşağı salınması üçün heç bir tədbir görülmür, çünki beynəlxalq və milli normativ sənədlərdə belə bir tələb yoxdur və ya real həyata keçirilə bilən səmərəli tədbirləri təklif etmək mümkün deyil	Yüksək 9 - 10 bal
2.	Təhlükənin azaldılması tədbirlərinin məhdud olması, riskin vacib sahələri və aspektləri ümumilikdə rəhbər sənədlərdə nəzərdə tutulmuş tələblər və ya tədbirlərlə əhatə olunmaması deməkdir	Orta-yüksək 7 - 8 bal
3.	Həm orta-yüksək, həm də orta-aşağı zəifliyin xarakterik xüsusiyyətlərinin olması deməkdir	Orta 5 – 6 bal
4.	Risk aşağı salınması üzrə tədbirlər görülür, amma onlar ya lazımı səviyyədə işlənməyib, ya da qismən səmərəlidir	Orta-aşağı 3 – 4 bal
5.	Beynəlxalq və milli normativ sənədlərdə dəqiq tələblər mövcuddur, riskin səviyyəsinin aşağı salınması üzrə həyata keçirilən tədbirlər səmərəlidir və geniş tətbiq olunur	Aşağı 1 – 2 bal

$$\text{riskin üstünlük dərəcəsi} = E + N + Z$$

QMA-nın baş vermə ehtimalı – “E”, nəticələrin ağırlıq dərəcəsi – “N”, Zəiflik səviyyəsi – “Z”

Cədvəl 4. Risk səviyyəsinə görə tədbirlərin təhlili cədvəli

Riskin üstünlük dərəcəsi	Riskin səviyyəsi	Yerinə yetiriləcək tədbirlər
21-30 bal	Yüksək	Risk səviyyəsini aşağı salmaq məqsədi ilə riskə qarşı təxirəsalınmaz tədbirlərin görülməsi.
11-20 bal	Orta	Yaxın bir zamanda riskə qarşı əks tədbirlərin görülməsi.
3-10 bal	Aşağı	Təhlükəsizliyin səviyyəsini yüksəltmək məqsədi ilə plan şəklinə riskə qarşı əks tədbirlərin görülməsi.

3. Təhdid modelləri üzrə riskin səviyyəsinin qiymətləndirilməsi.

- ƏPQ ilə olan nəqliyyat vasitəsinin sərnişin və yük terminallarının (naviqasiya və ya Azaloil obyektlərinin) yaxınlığında park edilməsi:

a. Qanunsuz müdaxilə aktının törədilməsi ehtimalı “*Yüksək*” (9 bal) kimi qiymətləndirilir.

b. Qanunsuz müdaxilə aktının baş verəcəyi təqdirdə nəticələrin ağırlıq dərəcəsi “*Orta*” (5 bal) kimi qiymətləndirilir.

c. Riskin minimuma endirilməsi üçün həyata keçirilmiş tədbirlər və cavabdeh olan strukturlar:

- nəqliyyat vasitələrinin dayanacaqları aerovağzal binalardan ən azı 50 metr kənarda quraşdırılır;
- avtomobil dayanacaqlarında videomüşahidə və patrul xidməti aparılmaqla nəzarət həyata keçirilir;
- dekorativ hasar və nəqliyyat marşrutu boyunca, eləcə də aerovağzal binalarının giriş hissəsində işıqlandırma sistemi quraşdırılır;
- nəqliyyat vasitələrinin hava limanının giriş yollarında və aerovağzal binalarına yaxın hissəsində nəzarətsiz saxlanılmasının qarşısının alınması məqsədilə nəzarət həyata keçirilir;
- aerovağzal kompleksinə giriş yollarında və ondan 50 metrədək məsafədə nəzarətsiz və ya icazəsiz saxlanılmış nəqliyyat vasitələri operativ evakuasiya (təxliyə) edilir;
- taksi və avtobuslar üçün ayrıca zolaq, şəxsi nəqliyyat vasitələri üçün avtodayanacaq nəzərdə tutulmaqla, ictimai nəqliyyat üçün fiziki bölgü təşkil edilir;
- “Biznes sinif” sərnişinlərinin nəqliyyat vasitələrinin sərnişin terminalının yaxınlığında yerləşən avtodayanacağa daxil olur;
- şübhəli davranışı ilə seçilən şəxslərin aşkar edilməsi, onların qanuna zidd hərəkətlərinin qarşısının alınması məqsədilə videomüşahidə nəzarəti və profaylinq tədbirləri həyata keçirilir;
- aviasiya təhlükəsizlik mədəniyyətinin standartı olan “Qızıl qaydalar”ın təbliğatı aparılır;
- nəqliyyat vasitələri üçün nəzərdə tutulmuş dayanacaqlar NBM-lərdən kənarda quraşdırılır;
- NBM-in girişinə yaxın ərazidəki avtomobil yollarında nəqliyyat vasitələrinin nəzarətsiz saxlanılmasının qarşısının alınması üçün nəzarət həyata keçirilir;

d. Riskin səviyyəsinin minimuma endirilməsi üzrə normativ sənədlərdə nəzərdə tutulan tədbirlər görülür, lakin işıqlandırma və videogörüntü olmayan ərazilərin (qoşma 2) mövcud olması səbəbindən zəiflik səviyyəsi “*Orta-aşağı*” (3 bal) kimi qiymətləndirilir.

e. Riskin üstünlük dərəcəsi = E + N + Z E=9 N=5 Z=3 9+5+3=17.

f. Riskin qiymətləndirilməsi metodikasına əsasən riskin səviyyəsi “*Orta*” (17 bal) kimi müəyyən edilir. Alınan nəticəyə uyğun olaraq, sərnişin və yük terminalların (naviqasiya və ya Azaloil obyektlərinin) yaxınlığında park edilmiş nəqliyyat vasitələrindən istifadə edərək qanunsuz müdaxilə aktlarının törədilməsi riskinin məqbul olunan səviyyəsində saxlanılması məqsədilə digər əlavə təhlükəsizlik tədbirlərinin yerinə yetirilməsi tövsiyə olunur.

- *Nəqliyyat vasitəsindən istifadə etməklə taran yolu ilə hücum edilməsi*

a. Qanunsuz müdaxilə aktının törədilməsi ehtimalı “*Yüksək*” (9 bal) kimi qiymətləndirilir.

b. Qanunsuz müdaxilə aktının baş verəcəyi təqdirdə nəticələrin ağırlıq dərəcəsi “*Orta-aşağı*” (3 bal) kimi qiymətləndirilir.

c. Riskin minimuma endirilməsi üçün həyata keçirilən tədbirlər və cavabdeh olan strukturlar:

- nəqliyyat vasitələrindən istifadə etməklə həyata keçirilməsi mümkün olan terror təxribatlarının, eləcə də qəsdən və ya qeyri-iradi olaraq nəqliyyat vasitələrinin səkiyə çıxarılması hallarının qarşısının alınması məqsədilə terminalların qarşısında qoruyucu maneə sistemlərinin (taran) quraşdırılması;
- nəzarət edilməyən zonalarda yerləşən avtodayanacaqlarda videomüşahidə və patrul xidməti aparılmaqla nəzarət həyata keçirilir;
- taksi və avtobuslar üçün ayrıca zolaq, şəxsi nəqliyyat vasitələri üçün avtodayanacaq nəzərdə tutulmaqla, ictimai nəqliyyat üçün fiziki bölgü təşkil edilmişdir;
- “Biznes sinif” sərnişinlərinin nəqliyyat vasitələrinin sərnişin terminalının yaxınlığında yerləşən avtodayanacağa daxil olması tənzimlənir;

- yüksək riskli reysin həyata keçirildiyi terminalın qarşısında gizli profaylların fəaliyyəti təşkil olunur;
- xüsusi göstəriş əsasında yüksək riskli reyslərin təhlükəsizliyinin təmini ilə bağlı hava limanının girişində yerləşən turniketlərdən daxil olan nəqliyyat vasitələrinin seçmə yolu ilə yoxlanılır;
- nəqliyyat vasitələri üçün nəzərdə tutulmuş dayanacaqlar NBM-lərdən kənarda quraşdırılır;
- NBM-in girişinə yaxın ərazidəki avtomobil yollarında nəqliyyat vasitələrinin nəzarətsiz saxlanılmasının qarşısının alınması üçün nəzarət həyata keçirilir;
- “Azəraeronaviqasiya” HHİ-nin inzibati binasının yerləşdiyi, perimetr boyu quraşdırılmış mühafizə hasarının daxili hissəsində personal üçün ayrılmış giriş-çıkış qapısında buraxılış vərəqələri yoxlanılır, nəqliyyat vasitələri isə həmin idarə tərəfindən təqdim olunan siyahıya uyğun buraxılır;
- nəzarət edilməyən zonanın girişində yerləşən şlaqbaumda quraşdırılmış videomüşahidə kameralarından istifadə edilməklə terminalın qarşısına keçən nəqliyyat vasitələrinin buraxılışına nəzarət tədbirləri həyata keçirilir.
- təhlükəli əşya və maddələrin aşkar edilməsi məqsədilə əsas və köməkçi şlaqbaumlardan aeroportun ərazisinə daxil olan nəqliyyat vasitələrinə vizual, xüsusi hazırlanmış xidməti itlər cəlb edilməklə və ya partlayıcı maddələrin izini aşkar edən (ETD) avadanlıqdan istifadə etməklə baxış keçirilir.
- təhdidin artdığı dövrdə şübhəli şəxslərin müəyyən edilməsi məqsədilə profayllıq fəaliyyəti təşkil olunur.

a. Riskin səviyyəsinin minimuma endirilməsi üzrə normativ sənədlərdə nəzərdə tutulan tədbirlər görülür, lakin “VIP-Azərbaycan” zalının qarşısında qoruyucu maneə sistemlərinin olmaması (qoşma 3) səbəbindən zəiflik səviyyəsi “Orta-aşağı” (3 bal) kimi qiymətləndirilir.

b. Riskin üstünlük dərəcəsi = E + N + Z E=9 N=3 Z=3 9+3+3=15.

c. Riskin qiymətləndirilməsi metodikasına əsasən riskin səviyyəsi “Orta” (15 bal) kimi müəyyən edilir. Alınan nəticəyə uyğun olaraq, mümkün qanunsuz müdaxilə aktının baş vermə riskinə qarşı aşağıdakı əlavə tədbirlərin görülməsi tövsiyə olunur:

- “VIP-Azərbaycan” zalının qarşısında eksteryer dizayna uyğun dekorativ dibçəklərin quraşdırılması və zala gələn avtomobillərin sürətinin azaldılması üçün süni maneələrin quraşdırılması.

Nəticə və təkliflər

1. Əsas və köməkçi şlaqbaumdan aeroportun ərazisinə daxil olan nəqliyyat vasitələrinin dövlət nömrə nişanların təhlil edilməsi və axtarışda olan şəxslərə məxsus olan nəqliyyat vasitələrinin və ya axtarışda olan nəqliyyat vasitələrinin müəyyən edilməsi sisteminin istifadə edilməsi;

2. Qaranlıq ərazilərin işıqlandırılması;

3. Ölü zonalarda videomüşahidə kameralarının quraşdırılması;

4. Hüquq-mühafizə orqanlarında və digər təşkilatlarında mövcud videomüşahidə kamera görüntülərinin ATBİ-yə inteqrasiya olunması;

5. Terminalın qarşısında profayllıq fəaliyyətinin həyata keçirilməsi;

6. Sərnişinlərin silahlı hücumlardan qorunması üçün yüksək riskli reyslərin qeydiyyat duracaqlarının qarşısında hüquq-mühafizə orqanlarının silahlı əməkdaşlar tərəfindən patrul xidmətinin aparılması və s.

Ədəbiyyat

- [1] 24 aprel 2012-ci il tarixli 613 sayılı Fərmanı ilə təsdiq edilmiş “Aviasiya təhlükəsizliyinin təmin edilməsi Qaydaları”
- [2] Azərbaycan Respublikasının Nazirlər Kabinetinin 9 iyul 2021-ci il tarixli “Hava limanının nəzarət edilməyən zonalarının təhlükəsizliyinin təmin edilməsi” Qaydası
- [3] “Heydər Əliyev Beynəlxalq Aeroportunun Təhlükəsizlik Proqramı”.

**THREAT MODELS IN UNCONTROLLED ZONES OF HEYDAR ALIYEV
INTERNATIONAL AIRPORT****Farziyev K.Z.**

Abstract. The gaps present in uncontrolled zones are among the key factors that threaten aviation security. Eliminating these gaps and preventing potential threats through the enhancement of existing security measures and the integration of modern technologies is a priority issue in ensuring aviation safety. In this regard, ensuring the alignment of security measures in the uncontrolled zones of the airport with international standards, reducing risks, and minimizing security gaps is of significant importance.

Keywords: uncontrolled zones, aviation security, threat models, airports, high-risk areas, security gaps, unlawful interference acts, international security standards.



İNFRAQIRMIZI DUYĞACLARIN STRATEJİ ƏHƏMİYYƏTLİ OBYEKTLDƏ TƏTBİQİ İMKANLARI

Şiriyev E.E., Rüstəmov R.R.

emilshiriyev13@gmail.com

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Məqalədə, infraqırmızı duyğaların iş prinsipləri, üstünlükləri və çatışmazlıqları təhlil edilərək, bütün növ atmosfer şəraitlərində effektiv işləyən infraqırmızı duyğacın strateji əhəmiyyətli obyektlərdə tətbiqi imkanları müəyyənəldirilmişdir. Bunun üçün bəzi infraqırmızı duyğaların iş prinsipləri, üstünlükləri və çatışmazlıqları nəzərdən keçirilmiş, strateji əhəmiyyətli obyektlərdə effektiv işləyən infraqırmızı duyğacın tətbiqi imkanları təhlil edilmişdir.

Təhlillər zamanı infraqırmızı duyğaların hər birinin özünəməxsus xüsusiyyətlərinin və çatışmazlıqlarının olduğu qeyd edilmişdir. İnteqrasiya olunmuş mühafizə sisteminin tərkib hissəsi kimi infraqırmızı duyğalardan istifadə etdikdə sadalanan çatışmazlıqların nəzərə alınmasının zəruriliyi vurğulanmışdır. Çünki bu çatışmazlıqlar aviasiya təhlükəsizliyi sahəsi üçün arzuolunmaz nəticələrə səbəb ola bilər. Bu çatışmazlıqların nəzərə alınması ilə hazırlanan yeni növ infraqırmızı duyğacın perimetrin mühafizə sisteminin tərkibində effektiv şəkildə istifadə edilməsinin məqsəduyğunluğu qənaətinə gəlinmişdir.

Açar sözlər: infraqırmızı, duyğac, strateji, obyekt, perimetr, mühafizə, pozucu.

Giriş. Məlumdur ki, aeroportlar strateji əhəmiyyət kəsb edən obyektlərdən biri hesab edilir və onların təhlükəsizliyi vacib məsələdir. Strateji əhəmiyyət kəsb edən obyektlərin qorunması şübhəsiz ki, perimetr xəttindən başlayır [1, 2]. Perimetr xəttində quraşdırılan mühafizə sistemləri müxtəlif növ duyğaların inteqrasiyasından təşkil edilir. Bu duyğalardan biri də infraqırmızı şüalar yayan duyğalardır [3].

Hal-hazırda infraqırmızı (İQ) duyğaların üçüncü nəsli formalaşır. Bu duyğalar, şüanın sərbəst məkanda yayılmasına əsasən, orta və uzun dalğalı İQ duyğalardır. Hal-hazırda yüksək keyfiyyətli İQ duyğalardan strateji əhəmiyyətli obyektlərin perimetr üzrə mühafizə edilməsində geniş istifadə edilir. Lakin bütün növ atmosfer şəraitlərində və ərazinin xüsusiyyətlərinə uyğun effektiv işləyən İQ duyğaların müəyyənəldirilməsi olduqca aktual məsələdir [4].

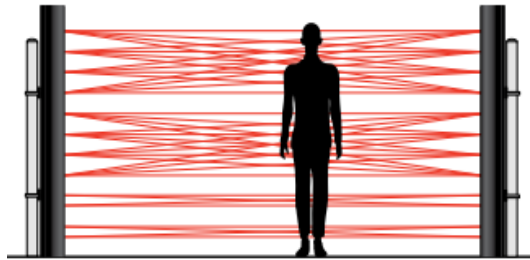
Metodlar. İnfraqırmızı duyğaların iş prinsiplərini, üstünlüklərini və çatışmazlıqlarını təhlil edərək bütün növ atmosfer şəraitlərində və ərazinin xüsusiyyətlərinə uyğun effektiv işləyən İQ duyğacın strateji əhəmiyyətli obyektlərdə tətbiqi imkanlarının müəyyənəldirilməsindən ibarətdir. Bunun üçün bəzi İQ duyğaların iş prinsipləri, üstünlükləri və çatışmazlıqları nəzərdən keçirilərək, strateji əhəmiyyətli obyektlərdə effektiv işləyən İQ duyğacın tətbiqi imkanları təhlil edilmişdir.

ST-PD103BD-SC üç şüalı İQ duyğac. Bu duyğalar, obyektlərin qorunması üçün qapalı və açıq ərazilərdə tətbiq edilə bilər. Qapalı ərazilərdə 300 m-ə və açıq ərazilərdə isə 100 m-ə kimi aşkaretmə məsafəsinə malikdir. Bütün aktiv İQ duyğalar kimi bu duyğac da iki komponentdən ibarətdir: şüa ötürücüsü və qəbuledicisindən. Şüa ötürücüsü, infraqırmızı şüalanma mənbəyi, şüaqəbuledicisi isə bu şüalanmanı qəbul edərək, onu elektrik signalına çevirən mühafizə qurğusu hesab edilir. Qurğunun əhatə dairəsində heç bir yad obyekt olmadıqda, İQ şüalar sərbəst şəkildə qəbulediciyə çatır və duyğac mühafizə rejimində olur. Amma insan, avtomobil və ya yad cisim İQ şüaların üstündən keçən kimi şüa dərhal kəsilir və qəbuledici idarəetmə panelinə həyəcan signalı göndərir. Bu duyğaclarda üç İQ şüası eyni vaxtda kəsildikdə həyəcan signalı formalaşır. Korpusunda əlavə qızdırıcı elementlər quraşdırıldığı üçün duyğacın istənilən hava şəraitində işləməsi təmin edilir. Duyğacın proqram təminatına əvvəlcədən daxil edilmiş alqoritm hesabına açıq ərazilərdə yanlış həyəcan signalının yaranması ehtimalı azalır.

Bütün bunlarla yanaşı ST-PD103BD-SC üç şüalı İQ duyğacın çatışmazlıqları da vardır. Belə ki, duyğac açıq ərazilərdə istifadə edilərkən, duyğacda şüanın kəsilmə vaxtının intervalını azaltsaq, duyğac həmin ərazidə olan kiçik əşyalara belə reaksiya verərəcəkdir. Bu halda yanlış həyəcan signalının sayı artacaqdır. Amma bu vaxt intervalının artırılması yanlış həyəcan signalının sayını azaltsa da, yüksək sürətlə hərəkət edən və ya qaçan pozucunu aşkar edə bilməyəcəkdir [5].

AX-200TN infraqırmızı duyğac. Bu duyğacın pozucunu aşkar etmə məsafəsi açıq ərazilərdə 60 m-ə, qapalı ərazilərdə 120 m-ə qədər olur. Duyğacda şüanın kəsilmə vaxtının intervalını tənzimləmək mümkün olduğu üçün həşəratların, quşların hərəkətinə və ya güclü yağışa reaksiya verilmir. Bununla da yanlış həyəcan signalının sayı minimuma endirilmiş olur. AX-200TN infraqırmızı duyğac keyfiyyətli asferik linzalarla və vandal hərəkətlərinə qarşı davamlı korpusla təchiz olunmuşdur. Bu korpus, duyğacı buzlaşmadan, nəmişlikdən, ildırım vurmasından və işığa məruz qalmadan etibarlı şəkildə qorumaq imkanına malikdir [6].

Model 460B aktiv infraqırmızı duyğac. Bu duyğac, yerişən, qaçan və sürünən pozucuların aşkarlanması üçün yüksək keyfiyyətə malikdir. Strateji əhəmiyyətli obyektlərin qorunması üçün açıq ərazilərdə tətbiq edilə bilər. Model 460B İQ duyğacı hündürlüyü iki metr olan iki ədəd sütundan ibarətdir. Bu sütunlarda şüaötürücüsü və qəbuledicisi yerləşdirilir (şəkil 1).

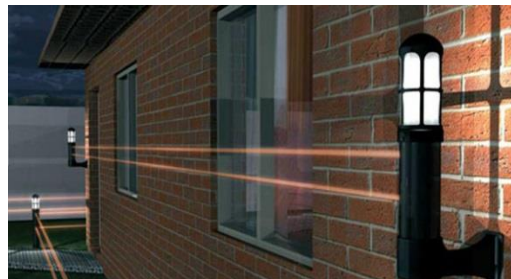


Şəkil 1. Model 460B aktiv infraqırmızı duyğac

Model 460B infraqırmızı duyğac 100 m-ə qədər ərazidə pozucuları aşkar etmək imkanına malikdir. Duyğacda yerləşdirilən tezliyi şüa kanalının hesabına sütunda birdən çox şüanın müdaxiləsiz işləməsinə imkan yaranır. Bu da həmin sahədə “ölü” zonaların əmələ gəlməməsi üçün mühüm əhəmiyyətə malikdir [7].

Takex şirkətinin İQ şüalı duyğacı. Bu duyğaclar digərlərindən fərqli olaraq birpozisiyalıdır. Mühafizə edilən sahənin əks kənarlarında plastik panellərdə reflektor yerləşdirilir. Modellərindən asılı olaraq, 5 m-dən 15 m-ə qədər məsafəni mühafizə etmək imkanına malikdir. Bu duyğacın ən sadə modeli reflektorsuz işləyə bilən PR-1B modelidir. Bu model 1 m-ə qədər məsafəni mühafizə edə bilər. Atmosferdə tüstünün, dumanın olması zamanı İQ şüanın əlavə səpilməsi və ya udulması duyğacın çatışmazlıqlarından biri hesab edilir [8].

ABT-100 infraqırmızı duyğac. Bu duyğac, obyektin perimetri boyunca hasarlara, eləcə də obyektlərin pəncərə və qapıları boyunca quraşdırılaraq, 100 m-ə qədər ərazini mühafizə etmək imkanına malikdir (şəkil 2).



Şəkil 2. ABT-100 infraqırmızı duyğacının pəncərə boyunca quraşdırılması

ABT-100 infraqırmızı duyğac, iki infraqırmızı şüaya malikdir. Rəqəmsal modulyasiyalı İQ şüalar, mühafizə rejimində kəsilməz olaraq qalır. Duyğac, insan gözüne görünməyən infraqırmızı şüa yayan ötürücü və qəbuledicidən ibarətdir. Həyəcan signalı simsiz və ya naqillə ötürülə bilər. Açıq ərazilərdə quraşdırıldığı üçün ABT-100 infraqırmızı duyğacın optik çıxışlarının vaxtaşırı olaraq təmizlənməsi zəruriliyi bu duyğacın çatışmazlıqlarındandır [9].

Beləliklə, təhlillər əsasında İQ duyğacların ümumilikdə aşağıdakı çatışmazlıqları qeydə alınmışdır:

- 1) Şüa xəttində quş, yarpaq və ya digər əşyaların olması hesabına yanlış həyəcan signalının formalaşması;
- 2) Şüanın kəsilməsində vaxt intervalının artırılması yanlış həyəcan signalının sayını minimuma endirsə də, yüksək sürətlə hərəkət edən pozucunu aşkar edə bilməməsi;
- 3) Açıq ərazilərdə quraşdırıldıqda, İQ duyğacın optik çıxışlarının daimi təmizlənməsi zərurətinin yaranması;
- 4) Atmosferdə tüstü, duman olduqda, infraqırmızı şüanın əlavə səpilməsinin və ya udulmasının olması və s.

Nəticə. Göründüyü kimi, infraqırmızı duyğacların hər birinin özünəməxsus xüsusiyyətləri və çatışmazlıqları vardır. Deməli, integrasiya olunmuş mühafizə sisteminin tərkib hissəsi kimi infraqırmızı duyğaclardan istifadə etdikdə yuxarıda sadalanan çatışmazlıqların nəzərə alınması məqsəduyğun hesab edilir. Çünki bu çatışmazlıqlar aviasiya təhlükəsizliyi sahəsi üçün arzuolunmaz nəticələrə səbəb ola bilər. Əgər bu çatışmazlıqları nəzərə alaraq yeni növ infraqırmızı duyğac hazırlansa, bu duyğac strateji əhəmiyyətli obyektlərin qorunması üçün tətbiq edilən perimetrin mühafizə sisteminin tərkibində effektiv şəkildə istifadə edilə bilər.

Ədəbiyyat

- [1] Nəbiyev R.N., Qarayev Q.İ., Rüstəmov R.R., Aviasiya təhlükəsizliyinin təminində integrasiya olunmuş mühafizə sistemi. Monoqrafiya, 232 səh., Bakı, 2023;
- [2] Nəbiyev R.N., Nağıyev N.T., Vəliyeva Q.C., Rüstəmov R.R. Avtomatlaşdırılmış distansion mühafizə kompleksinin layihələndirilməsi xüsusiyyətləri // Milli Aviasiya Akademiyasının Elmi Əsərləri. 2016, -№2. Səh. 76-95.
- [3] Rustamov R.R. Optimal choice of application of guarding-warning systems in the perimeter of the airport / XVII Королёвские чтения: материалы Всероссийской молодежной научной конференции с международным участием, посвящённой 35-летию со дня первого полёта МТКС «Энергия - Буран», - Самара: Издательство Самарского университета, 3-5.10.2023. Том 1. стр. 139, 140;
- [4] Rüstəmov, R.R. Məsafədən idarə edilən integrasiya olunmuş mühafizə-xəbərdarlıq sisteminin tətbiqi imkanları // - Bakı: Milli Aviasiya Akademiyasının Elmi Məcmuələri, - 2019. №4 (21), - s. 31-39;
- [5] Трехлучевые ИК-датчики охраны периметра ST-PD103BD-SC внутри и вне зданий. <https://www.smartec-security.ru/news/perimeter-protection-sensors.htm>;
- [6] Периметральные инфракрасные датчики Optex AX-200TN.
- [7] <https://dneprsecurity.com/signalizaciya/provodnaya-signalizaciya/perimetralnie-infrakrasnie-datchiki-optex-ax-200tn.html>;
- [8] Model 460B Outdoor Active Infrared Intrusion Sensor.
- [9] <https://perimetersystems.com.au/wp-content/uploads/2019/02/Model-460B-Data-Sheet-EN.pdf>;
- [10] Nəbiyev R.N., Vəliyeva Q.C., Rüstəmov R.R. Integrasiya olunmuş distansion mühafizə sistemi və onun yaradılması xüsusiyyətləri // Milli Aviasiya Akademiyasının Elmi Əsərləri. 2015, -№2. Səh. 87-108;
- [11] Инфракрасный забор «ABT-100».
- [12] <https://videogsm.ru/datchiki-dlja-gsm-signalizacii/infrakrasnyj-zabor-abt-100.php>.

**POSSIBILITIES OF APPLYING INFRARED SENSORS IN STRATEGICALLY
IMPORTANT FACILITIES****Shiriyev E.E., Rustamov R.R.**

Abstract. The article analyzes the working principles, advantages and disadvantages of infrared sensors, and determines the possibilities of applying an infrared sensor that works effectively in all types of atmospheric conditions in strategically important objects. For this purpose, the working principles, advantages and disadvantages of some infrared sensors have been reviewed, and the possibilities of applying an infrared sensor that works effectively in strategically important objects have been analyzed. During the analysis, it was noted that each of the infrared sensors has its own characteristics and shortcomings. The need to take into account the listed shortcomings when using infrared sensors as part of an integrated security system was emphasized. Because these shortcomings can lead to undesirable consequences for the field of aviation security. Taking into account these shortcomings, it was concluded that the new type of infrared sensor, developed by taking these shortcomings into account, can be effectively used as part of the perimeter security system.

Keywords: infrared, sensor, strategic, object, perimeter, guarding, intruder.



MÜXTƏLİF İSTİQAMƏTLƏR ÜZRƏ SƏYAHƏT EDƏN SƏRNIŞINLƏRİN ETNİK FƏRQLİLİKLƏRİNƏ ƏSASƏN PROFİLİNİN YARADILMASI

İsgəndərova G.F.

gunay.isgandarova@naa.edu.az

Milli Aviasiya Akademiyası, Azərbaycan

Xülasə. Məqalədə müxtəlif istiqamətlər üzrə uçan, müxtəlif xalqlara məxsus sərnişinlərin xüsusiyyətləri təhlil edilmiş və bu sərnişinlərə tətbiq edilən profaylinq üsullarının arasındakı fərqlər göstərilmişdir. Hər bir xalqın və ya reys istiqamətinin analizi şübhəli şəxslərin və ya əlamətlərin aşkar edilməsi üçün əhəmiyyətli hesab edilir. Bundan əlavə, Heydər Əliyev adına Beynəlxalq Hava limanında profaylinqin tətbiqinin səmərəliliyinin artırılması məqsədi ilə təkliflər verilmişdir.

Açar sözlər: profaylinq, sərnişinin profili, etnik fərqlilik, jest, aviareyslər.

Giriş. Hər gün hava limanında müxtəlif xalqlara və ya millətlərə məxsus minlərlə sərnişin bir çox istiqamətlər üzrə səyahət edir. Hava limanlarında sərnişinlərin çoxluğu və müxtəlif istiqamətlər üzrə reyslərin eyni anda həyata keçirilməsi profaylerlərin işində bir sıra çətinliklər yaradır [1]. Hər birimizə məlumdur ki, müxtəlif xalqların, millətlərin, etnik qrupların istər fiziki görünüşlərində və ya fizioqnomik xüsusiyyətlərində, istər jestlərində, istərsə də xarakterlərində kifayət qədər fərqliliklər mövcuddur. Eyni zamanda, hər bir istiqamət üzrə səyahət edən sərnişinlərin də profilləri bir-birindən fərqlənir [2]. Buna görə də, şübhəli şəxslərin müəyyənləşdirilməsi üçün analizlər aparılarkən qeyd edilən bütün amillər nəzərə alınmalıdır.

Azərbaycanın daxili uçuşları ilə əsasən yerli əhali səyahət edir. Eyni zamanda Azərbaycan əhalisinin ən çox səyahət etdiyi istiqamətlər Rusiya və Türkiyədir. Azərbaycanlıların əsas profil xüsusiyyətlərinə aşağıda göstərilənləri misal göstərmək olar:

- asta, tələsmədən hərəkət;
- nisbətən həyəcanlı xarakter;
- tələskənlik və səbirsizlik;
- tünd geyim rəngi;
- turizm məqsədli səyahətlər əsasən ailə ilə, iş məqsədli olduqda isə tək səyahətə üstünlük;
- ünsiyyətə meyl;
- qeydiyyatdan daha tez hava limanına gəlmələri;
- baqajlarının bir neçə kiçik həcmli baqaj və ya sport çantalarından ibarət olması.

Türkiyə istiqamətində uçuşların əksəriyyətini əsasən türklər və azərbaycanlılar təşkil edir. Türklərin əsas profil xüsusiyyətləri azərbaycanlılarla oxşarlıq təşkil etsə də bir sıra fərqliliklər mövcuddur [1]. Bu fərqli xüsusiyyətlər aşağıda qeyd edilmişdir:

- qeydiyyat başladıqdan sonra gəlirlər;
- baqaj sayı və həcmi az olur;
- rahat təbiətli olurlar;
- jestlərdən çox istifadə edirlər.

Rusiya istiqamətində uçan reyslərin əksəriyyətini ruslar, ailə ilə səyahət edən azərbaycanlılar, iş məqsədi ilə səyahət edən azərbaycanlılar təşkil edir. Bu istiqamətdə səyahət edən sərnişinlərin əsas xüsusiyyətləri aşağıda göstərilmişdir:

- əsasən sport və ucuz baqaj, bir necə baqaj;
- ruslar və iş məqsədi ilə gedənlər (və ya onların tanışları);
- hava limanına leydiyyatdan çox tez gəlirlər.

Hindistan istiqamətində səyahət edən sərnişinlərin əksəriyyətini elə Hindistan xalqı təşkil edir, çox

az bir qismini isə səyahət edən turistlər təşkil edir [3]. Aşağıda isə hindistanlıların əsas xüsusiyyətləri göstərilmişdir:

- həddən artıq aksesuardan istifadə;
- xanımlarda əsasən milli geyimdən istifadə;
- orta yaşlı bəylər klassik geyimə üstünlük verir;
- cavan bəylər saqqala və rahat geyimə üstünlük verir;
- piknik bədən quruluşu;
- balaca burun, göz ağı sarı rəngli olur, tünd cod saç.

Avropa istiqamətində əsasən səyahət edən sərnəşinlər avropalıların özləri olur və onların xüsusiyyətləri aşağıda təsvir edilmişdir:

- mövsümə uyğun sərbəst geyim;
- özgüvənli, cəld, açıq jestlər;
- həcmə çoxda böyük olmayan baqaj;
- adətən tək səyahət və ya ailə ilə;
- aksesuar az və sadə;
- astenik bədən quruluşu;
- ünsiyyətə daha az meyli;
- qeydiyyatda dəqiq vaxtında gəlirlər.

Ən sonda ərəb ölkələri və Pakistan istiqamətində reyslərin analizinə əsasən, bu istiqamətdə səyahət edənlər əsasən həmin xalqın nümayəndələri və az sayda turist olur. Aşağıda həmin xalqın nümayəndələrinin analizi göstərilmişdir:

- uyğunsuz, eyni zamanda rahat geyim;
- dini və ya milli geyim;
- ailə və ya qrup şəklində səyahət;
- böyük və ucuz baqaj;
- sakit və asta hərəkət və ya jestlər.

Qeyd edilən analizlər profaylinq əməkdaşlarına hər bir xalqın və ya istiqamətin əlamətlərinə əsasən şübhəli əlamətləri aşkarlamaqda kömək göstərir. Məsələn, Rusiya və Azərbaycan daxili uçuşlar üçün səciyyəvi mənfi xüsusiyyət intizamsız sərnəşin, baqaj ötürülməsi və ya qadağan olunmuş əşyanın hava gəmisinə keçirilməsi cəhdidir. Rusiya istiqamətində reyslərdə sərnəşinlər əsasən qeydiyyatın başlamasından daha öncə və ya tam vaxtında gəldikləri üçün qeydiyyatda son anda yaxınlaşan sərnəşin şübhəli hesab edilə bilər. Uçuşa qeydiyyatın başladığı dəqiq saatda gələn digər xalqlar avropalıdır. Ərəb, Pakistan və hindistanlılar isə qeydiyyatın başladığı vaxtdan daha tez hava limanına gəlirlər. Məhz buna görə də qeydiyyatda gecikmə halları bu xalqlar üçün xarakterik xüsusiyyətdir. Adı çəkilən bu ölkələrdə digər şübhəli əlamətlər isə saxta sənədlər və ya vizalar ola bilər [4].

Türkiyəli sərnəşinlər isə qeyd edilənlərin tam əksinə hava limanına qeydiyyat başladıqdan sonra gəlirlər, buna görə də son anda qeydiyyatda yaxınlaşan sərnəşinlərin şübhə doğurmaması tam təbii hal hesab edilir [5].

Bütün bunları nəzərə alaraq hava limanlarında profaylinqin tətbiqinin səmərəliliyinin artırılması məqsədi ilə tövsiyə olunur:

- qeydiyyat duracaqlarında bütün istiqamətlər üzrə reyslərin qeydiyyatı əvəzinə müəyyənləşdirilmiş yalnız bir istiqamətin qeydiyyatı aparılsın. Bu profaylinq əməkdaşlarına hansı sərnəşinin hansı istiqamətdə səyahət edəcəyini müəyyənləşdirməsində köməklik göstərəcəkdir;

- profaylinq əməkdaşları öz fəaliyyətləri zamanı istiqamətlərin və müxtəlif xalqların nümayəndələri arasındakı fərqlilikləri və oxşar xüsusiyyətləri nəzərə alsınlar;

- Sərnəşinə Nəzarət Xidməti (SNX) və Profaylinq Xidməti (PX) əməkdaşlarına eyni zamanda bakalavr pilləsində Aviasiya təhlükəsizliyi mühəndisliyi ixtisasında təhsil alan tələbələrə təlim təhsili

prosesinə müxtəlif xalqlar arasındakı psixoloji, fizioqnomik, xarakter xüsusiyyətlərinin fərqliliklərinin tədrisi əlavə edilsin.

Ədəbiyyat

- [1] Jones, N. T., Williams, M. M., Cilke, T. R., Gibson, K. A., O'Shea, C. L., & Gray, A. E. (2024). Are all pathway behaviors observable? A quantitative analysis of the pathway to intended violence model. *Journal of Threat Assessment and Management*.
- [2] <https://le.fbi.gov/science-and-lab/behavioral-analysis>
- [3] https://www.justice.gov/archive/opa/pr/2003/June/racial_profiling_fact_sheet.pdf
- [4] https://criminal-justice.iresearchnet.com/criminal-justice-process/racial-and-socioeconomic-disparities/racial-profiling-and-policing/#google_vignette
- [5] https://www.justiceinitiative.org/uploads/7db55139-d0d7-4752-a17e-b6bd7fae2a91/Digests-Ethnic%20Profiling-UN%20system%20revised-07.26.16_0.pdf

CREATING PROFILES BASED ON THE ETHNIC DIVERSITY OF TRAVELERS IN VARIOUS DIRECTIONS

İsgandarova G.F.

Abstract. The article analyzes the characteristics of passengers from different nationalities flying in various directions and highlights the differences in profiling methods applied to these passengers. The analysis of each nationality or flight direction is considered significant for identifying suspicious individuals or behaviors. Additionally, suggestions have been made to enhance the efficiency of profiling at Heydar Aliyev International Airport.

Keywords: profiling, passenger profile, ethnic diversity, gestures, flight.



ПРИМЕНЕНИЕ ПРОФАЙЛИНГА В БОРЬБЕ С ВНУТРЕННИМИ УГРОЗАМИ В ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Лобода Д. И.

dloboda@naa.edu.az

Национальная Академия Aviации, Азербайджан

Аннотация. В статье рассматривается проблема внутренних угроз в системе авиационной безопасности, связанных с действиями сотрудников, имеющих доступ к охраняемым объектам и информации. Анализируются реальные случаи использования инсайдеров для организации террористических актов, в частности катастрофа А321 над Синайским полуостровом и происшествие на борту рейса D3 159. Отмечается, что такие угрозы остаются крайне актуальными, несмотря на применение современных технологий и ужесточение мер контроля. Особое внимание уделяется необходимости регулярного профайлинга не только пассажиров, но и сотрудников авиапредприятий. Профайлинг рассматривается как эффективный инструмент выявления потенциально опасных лиц по поведенческим и психологическим признакам. Подчеркивается важность системного и постоянного подхода к оценке персонала для предотвращения возможных сговоров с террористическими организациями. В заключение делается вывод о необходимости комплексного подхода к обеспечению безопасности, учитывающего не только технические меры, но и человеческий фактор.

Ключевые слова: внутренние угрозы, террористический акт, безопасность, профайлинг, человеческий фактор.

Введение. Внутренние угрозы являются одними из самых серьёзных и растущих проблем в области авиационной безопасности, требующие срочных мер по преодолению. Эффективная реакция на такие угрозы на международном уровне является ключевым условием для успешного выполнения задач глобального плана по авиационной безопасности и решения других связанных задач. Лучший способ борьбы с этой угрозой заключается во внедрении ряда действенных и последовательных нормативных мер, а также в развитии культуры безопасности не только среди сотрудников сектора воздушного транспорта, но и среди всех граждан. Одним из направлений решения проблемы внутренних угроз может стать профайлинг, который будет применяться не только для выявления потенциально опасных пассажиров, но и для профилирования сотрудников авиапредприятия [1].

Методы исследования. Террористы постоянно ищут слабые места в системах безопасности, стремясь найти самый лёгкий путь к своим целям. Это может включать использование сотрудников авиационной отрасли, которые благодаря своей работе имеют доступ к защищённым объектам, охраняемым материалам или информации по безопасности. Используя таких людей, террористы могут получить тактическое преимущество для совершения актов незаконного вмешательства или содействия им. В числе потенциальных угроз могут быть как члены летного экипажа, так и работники наземных служб аэропортов и других объектов, связанных с воздушным транспортом, включая подрядчиков, временный персонал, а также работников с полным и неполным рабочим днем.

К сожалению, в авиации есть наглядные и трагичные примеры того, как внутренние угрозы переросли в теракты и катастрофы. Один из таких примеров - катастрофа авиалайнера А321, принадлежавшего авиакомпании "Когалымавиа", над Синайским полуостровом 31 октября 2015 года. В ходе расследования, было выявлено, что причиной катастрофы стал теракт. На борту воздушного судна сработало самодельное взрывное устройство мощностью до 1 килограмма в тротиловом эквиваленте. 13 сентября 2016 года было установлено, что для незаметной закладки

бомбы террористы использовали сотрудника сервисной службы аэропорта Шарм-Эш-Шейха. Сначала на борт был занесён пакет с бомбой и затем его замаскировали, обложив детскими колясками и багажом пассажиров [4].



Рисунок 1. Обломки авиалайнера А321 рейса 7К-9268

Ещё одним примером того, что террористы используют инсайдеров для достижения своих целей, является авиапроисшествие на борту рейса D3 159, принадлежавшего авиакомпании Daallo Airlines. На борту самолёта сработало взрывное устройство, закреплённое на теле террориста-смертника. Взрыв образовал дыру в фюзеляже лайнера, произошла разгерметизация. К счастью, пилотом удалось экстренно посадить самолет в аэропорту Могадишо, и никто из пассажиров, кроме самого террориста-смертника, не погиб.

В ходе расследования были изучены записи камер наблюдения аэропорта. На них было запечатлено, как двое мужчин, сотрудники аэропорта, передавали ноутбук террористу-смертнику. По меньшей мере 20 человек, включая правительственных чиновников и двух сотрудников авиакомпании, были арестованы по подозрению в связи с террористами [3].



Рисунок 2. Последствия взрыва на борту рейса D3 159

Результаты и обсуждение. Всё это указывает на то, что проблема инсайдерских угроз на сегодняшний день как никогда актуальна. Не зря среди основных угроз для сферы авиации,

наряду с террористами и преступниками, указываются и работники аэропорта. Конечно, предугадать кто из персонала может иметь отношение к террористическим организациям или вошли в преступный сговор очень трудно. Однако есть направление, которое достаточно давно применяется в рамках обеспечения авиационной безопасности, способно снизить риск возникновения подобных угроз.

Авиационный профайлинг - направление профайлинга, цель которого выявление по невербальным признакам пассажиров имеющих намерение совершить террористический акт на борту воздушного судна, в здании аэропорта, выявление признаков скрыто носимого оружия и взрывчатки; пассажиров, способных в силу своих психологических особенностей, совершить правонарушение либо хулиганские действия [2].

Однако данное направление может быть применительно не только к пассажирам, но и работникам аэропорта.

События 11 сентября, потрясшие весь мир, оказали огромное влияние на современные методы обеспечения авиационной безопасности. Именно после данных терактов, ИКАО подготовила документ под названием “Человеческий фактор в системе мер безопасности гражданской авиации” (DOC. 9808). В данном документе указывается, что при трудоустройстве будущие сотрудники, помимо проверки анкетных данных, должны проходить профилирование [5]. Однако данное условие применяется не везде.

В дополнении к этому, хочется отметить, что данный процесс должен носить не разовый характер, а проводится на постоянной основе. Недостаточно один раз убедиться, что принимаемый на работу сотрудник “чист”. Если одна из наших основных задач, это снизить внутренние угрозы, то профайлинг сотрудников должен проводиться службой внутренней безопасности и носить регулярный характер.

Предложение. Подводя итоги, хотелось бы отметить, что несмотря на то, что сегодня мы используем новейшие технологии в сфере авиационной безопасности и можем проследить динамику снижения актов незаконного вмешательства в деятельность гражданской авиации, нам не стоит расслабляться. Террористы не дремлют и тоже используют новые методы и подходы для осуществления своих целей. Как показывает статья, одним из таких направлений является задействование сотрудников аэропорта для осуществления террористического акта. Помимо это обязательно надо учитывать “человеческий фактор”. Причинами, почему сотрудники аэропорта идут на сговор с преступниками могут быть недовольство социальной составляющей, своей зарплатой, конфликты внутри коллектива и многие другие аспекты. Именно поэтому постоянный процесс профайлинга не только пассажиров, но и сотрудников аэропорта, может дать нам желаемый результат. Легче предотвратить событие, чем бороться с его последствиями.

Литература

- [1] Вторая конференция высокого уровня по авиационной безопасности (HLCAS/2). Пункт 1 повестки дня. Монреаль, 29–30 ноября 2018 года.
- [2] Эриашвили Н.Д., Аминов И.И. Профайлинг. Технологии предотвращения противоправных действий. Москва – 2017, 15с.
- [3] https://ru.wikipedia.org/wiki/Происшествие_с_A321_над_Могадишо#cite_note-3
- [4] https://ru.wikipedia.org/wiki/Катастрофа_A321_над_Синайским_полуостровом#cite_note-mak02112015-76
- [5] <https://standart.aero/ru/icao/book/документ-9808-человеческий-фактор-в-системе-мер-безопасности-гражданской-авиации-из-1-ру-11695>

APPLICATION OF PROFILING IN COMBATING INTERNAL THREATS IN CIVIL AVIATION**Loboda D. I.**

Abstract. The article considers the problem of internal threats in the aviation security system related to the actions of employees who have access to protected objects and information. Real cases of using insiders to organize terrorist attacks are analyzed, in particular the crash of the A321 over the Sinai Peninsula and the incident on board flight D3 159. It is noted that such threats remain extremely relevant, despite the use of modern technologies and tightening of control measures. Particular attention is paid to the need for regular profiling of not only passengers, but also employees of airlines. Profiling is considered as an effective tool for identifying potentially dangerous individuals by behavioral and psychological characteristics. The importance of a systematic and ongoing approach to personnel assessment is emphasized in order to prevent possible collusion with terrorist organizations. In conclusion, a conclusion is made about the need for a comprehensive approach to ensuring security, taking into account not only technical measures, but also the human factor.

Keywords: internal threats, terrorist attack, security, profiling, human factor.



THE ANALYSIS OF THE CLASSIFICATION OF POTENTIALLY DANGEROUS PERSONS IN CIVIL AVIATION

Shekili Sh.P.

shekily1977@gmail.com

National Aviation Academy, Azerbaijan

Abstract: The classification of potentially dangerous persons in civil aviation has always been considered exclusively from the perspective of passengers and insider threats. However, given the constantly changing threats in this area, this article provides a broader study in this area that needs to be taken into account when improving the security system of civil aviation facilities.

Keywords: potentially dangerous person, lone wolf, terrorism, insider threat, civil aviation.

Introduction. Due to political instability in the world, the terrorist threat is steadily growing, which is a kind of key factor in the sphere of increasing the level of protection of strategically important objects. The transport sector is not left without attention. Civil aviation is also the most vulnerable, requiring constant improvement of security measures. The threats to civil aviation themselves are quite variable in nature and persons implementing illegal acts are constantly looking for new ways to achieve their goals. One of the important problems is the development of effective measures to protect civil aviation facilities from direct and potential threats. The key factor in this case is an accurate understanding of who may pose a potential threat in committing acts of unlawful interference. It should be noted that modern research, as well as research of the last century, do not provide a comprehensive understanding of who a potentially dangerous person for civil aviation may be. Research in the field of aviation security, as a rule, considers such concepts as "potentially dangerous passengers" and "insider threats" completely separately. At the same time, there is no classification of potentially dangerous persons for the airport.

Methods. Our research is based on the research of profilers in the field of aviation security. Studies of the threat of an act of illegal interference at a transport facility have shown that many authors¹ conditionally divide all passengers and visitors into two groups (by profile): *non-dangerous* and *potentially dangerous* (Figure 1).

A *non-dangerous passenger* (visitor) is a person who does not pose a threat to the flight in terms of identifying negative signs in their appearance, behavior, baggage, and transportation documents:

- no negative signs (deviations from the norm) were recorded;
- suspicious signs were not negatively confirmed.

A potentially dangerous passenger (visitor) is a person whose recorded suspicious signs were negatively (threateningly) confirmed.

Potentially dangerous passengers (visitors) are divided into those who are aware and those who are not. The difference between these two groups is the passenger's (visitor's) awareness of the threat that he or she may pose to a given transport facility.

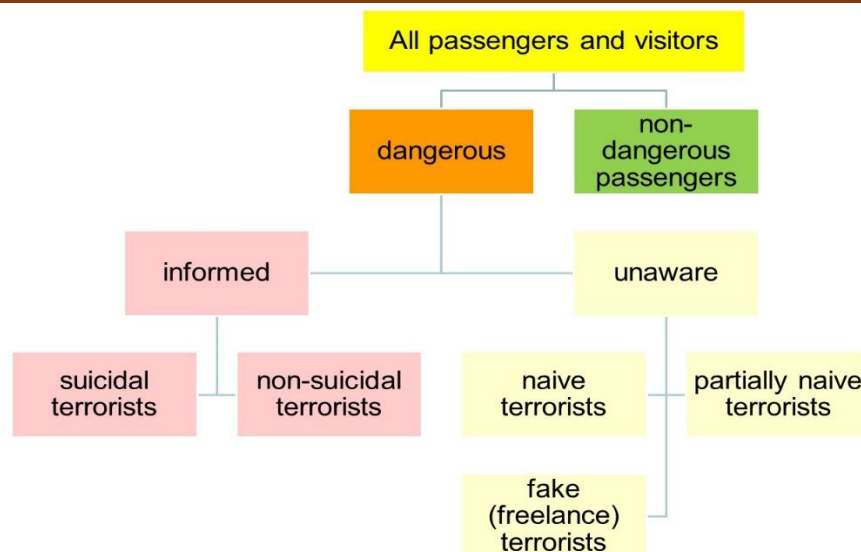


Figure 1. Passenger and visitor profiles

Uninformed terrorists, in turn, are divided into three groups: naive, partially naive, and dummy (freelance).

A *naive terrorist* is characterized as follows:

- is not a member of a terrorist organization and is not formally associated with it in any way;
- does not know that he is involved in illegal activity;
- is not aware that he has an object in his luggage (or in the property he is transporting) that does not belong to him, which may be dangerous (for example, a toxic substance or an explosive device);
- does not have any characteristic distinctive features in behavior.

The following can be said about a *partially naive terrorist*:

- is not a member of a terrorist organization;
- knows that he is breaking the law, but is not aware that his actions are initially controlled by terrorist organizations;
- transports prohibited items (weapons, drugs, etc.) for money or other remuneration; in practice, these items may turn out to be explosive devices and an explosive device may be planted in his luggage without his being notified;
- behavior is characterized by isolation and tension.

A *front (freelance) terrorist* is characterized by the following:

- may be a member of a terrorist organization (or cooperate with it);
- transports weapons, explosive devices, etc. for money or out of a sense of solidarity; their use is not their task;
- is usually not informed about the threat of these items to the flight, i.e. dangerous items may be planted on him, for example, an explosive device that can be detonated in flight;
- his behavior is anxious, psychophysiological manifestations of stress and fear are possible.

Informed terrorists are those passengers and visitors who are aware of their threat to the flight. This category of people is divided into non-suicidal and suicidal terrorists. The profile of non-suicidal terrorists (terrorists) is hazardous and is characterized as follows. Representatives of this profile are often members of active terrorist organizations. They are distinguished by careful preparation and training, high motivation, and commit this crime for personal, political, religious, pseudo-patriotic, or criminal interests. Terrorists of this group, as a rule, have a certain tactic. This is a well-planned, often group-based nature of actions, for example, the seizure and hijacking of an airplane, and shooting of passengers and visitors in places where they congregate.

Suicidal terrorists (suicide bombers) often act on behalf of terrorist organizations or are indirectly associated with them. In order to commit a terrorist act, they undergo special training (religious and psychological processing).

Thus, a potentially dangerous person in the context of civil aviation is not sufficiently reflected in the previously reviewed studies.

Research on this issue allows us to draw some conclusions, according to which it is possible to more broadly disclose the essence of the concept of a "potentially dangerous person" for civil aviation. We offer you the following classification, which is presented in Figure 2.

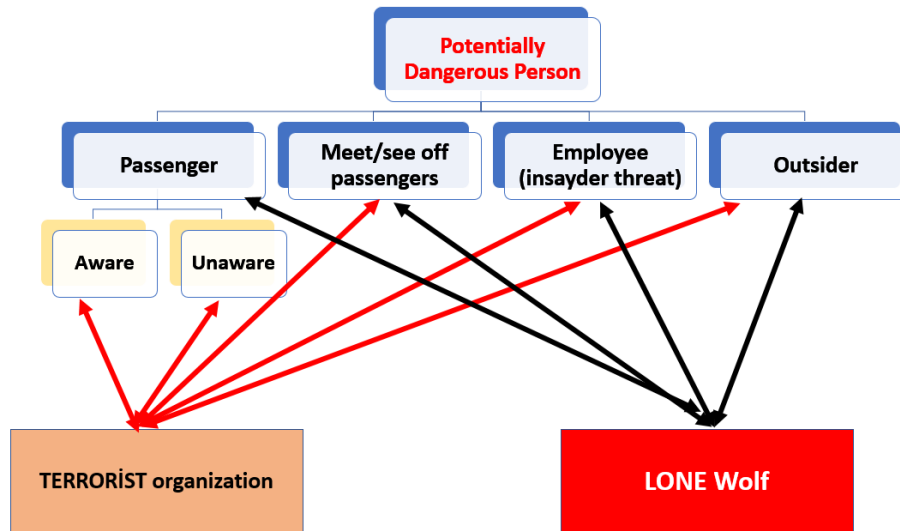


Figure 2. Classification of potentially dangerous individuals

According to this classification, as well as studies¹ of incidents involving acts of unlawful interference with civil aviation, passengers involved in committing illegal acts can be divided into two categories: knowledgeable and unaware. In this case, knowledgeable passengers are those who commit criminal acts intentionally, while unaware passengers are those who can be used by terrorist organizations as a tool or means of crime. These passengers initially have no prior information about their participation in the crime. The case of a pregnant passenger in 1986 (the Hindawi affair) is a clear example².

Particular attention in the studies of both ICAO and specialists is paid to insider threats, the growth of which is steadily observed throughout the world. Major terrorist attacks at Brussels Airport, on board the Airbus A321-211 of Daallo Airlines, which was carrying out flight D3 159 from Mogadishu to Djibouti, once again prove serious concerns about insider threats in civil aviation activities³.

The term “others” refers to individuals who are often present on the territory of the airport complex solely for the purpose of collecting intelligence. Such “guests” most often come to international airports, since it is very easy to blend in with passengers, no one knows them (in small towns, strangers are very easy to spot), they are hardly noticeable among the huge number of people, and most often they are elderly (the elderly are in the lowest risk category, they are least likely to commit criminal acts). Observations in recent years show that “unusual visitors” – “guests” increasingly come to the territory of strategically important facilities, causing the least suspicion, and what is most interesting is that this trend is most often observed in countries with an unstable political situation or where military action is taking place. All four types of potentially dangerous persons (Figure 2.) – “Passengers”, “Meeters/Seeers-Off”, “Employees (insider threat)”, “And others” – for civil aviation can be either directly or indirectly connected with terrorist organizations. These people can also represent the category of so-called “lone wolves”. “Lone wolves” represent the most dangerous class of criminal elements and are one of the important trends of modern terrorism in the world.

The term "lone wolf" was popularized in the late 1990s by white supremacists Tom Metzger and Alex Curtis as part of an encouragement to fellow racists to act alone when committing violent crimes for tactical reasons ⁴. A "lone wolf" is an individual who acts on his own, without orders from or even affiliation with an organization.

Compared to terrorists operating in groups, lone terrorists spend less time planning and preparing for terrorist attacks and choose less complex methods of committing crimes.

Lone wolf terrorism has not ignored civil aviation. An example of this is the attack by one of the famous terrorists, Theodore Kaczynski, on November 15, 1979. Another person involved in attacks on airlines was Muharem Kurbegovic, known as the "Alphabet Bomber". This man, a Yugoslav engineer (who worked in aviation), planted an 11-pound bomb in the Pan American World Airways terminal at Los Angeles International Airport on August 6, 1974. Another lone wolf terrorist, Ramzi Yousef, blew up a Philippine Airlines plane in 1994.

The rising trend of lone-actor terrorists has prompted the launch of the CLAT (Countering Lone-Actor Terrorism) project to analyze complex case data from across Europe. The 18-month project is co-funded by the European Union's Crime Prevention and Combating Program and is being implemented by a consortium led by RUSI.

Conclusion. Summing up the analysis of potentially dangerous persons for civil aviation, we think it is necessary to note that for civil aviation the most dangerous situation would be when a civil aviation officer would be a lone terrorist. The advantage of the above scheme allows for a broader consideration of existing threats emanating not only from passengers and civil aviation employees, but requires a more sophisticated approach to developing countermeasures in the airport security system, which will allow for greater efficiency and quality in the work of civil aviation.

References

- [1] Eriashvili N.D., Aminov I.I. Profiling. Technologies for preventing illegal actions. Moscow – 2017, 224 p.
- [2] <https://topwar.ru/137677-terror-i-borba-s-nim-delo-hindavi.html>
- [3] <https://www.bbc.com/russian/news-38279485>
- [4] Feldman D. – IV, Understanding the target selection process of lone wolf. Terrorists and the corresponding threat to the aviation, Jschoolarship, 2020.

MÜLKİ AVİASİYADA POTENSİAL TƏHLÜKƏLİ ŞƏXSLƏRİN TƏSNİFATININ TƏHLİLİ

Şekli Ş.P.

Xülasə. Mülki aviasiyada potensial təhlükəli şəxslərin təsnifatı həmişə yalnız sənişinlər və daxili təhdidlər baxımından nəzərdən keçirilmişdir. Bununla belə, bu sahədə daim dəyişən təhlükələri nəzərə alaraq, bu məqalə mülki aviasiya obyektlərinin təhlükəsizlik sistemini təkmilləşdirərkən nəzərə alınmalı olan bu sahədə daha geniş araşdırma təqdim edir.

Açar sözlər: potensial təhlükəli şəxs, tənha canavar, terrorizm, insayder təhlükəsi, mülki aviasiya.

MÜNDƏRİCAT

BÖLMƏ 1. PERSPEKTİV AVİASIYA VƏ KOSMİK TEXNOLOGİYALAR

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И БЕЗОПАСНЫЙ РЕСУРС ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ	3
Назаров А.А., Джанахмедов А.Х.	
KOSMİK APARATLARIN SƏMTLƏŞDİRMƏ SİSTEMLƏRİNDƏ MAQNİTOREZİSTİV EFFEKTƏ ƏSASLANAN HMC5883L MAQNETOMETRİNİN TƏTBİQİ	8
Əsgərov İ.M., Ramazanov K.Ş.	
АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКОГО НАГРУЖЕНИЯ КОНСТРУКЦИИ РАКЕТОНОСИТЕЛЕЙ СВЕРХЛЕГКОГО КЛАССА.....	13
Ахмедова Х.Х., Искендеров М.Г.	
КОНСТРУКТИВНЫЕ СХЕМЫ МАЛОРАЗМЕРНЫХ ТУРБОРЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	18
Тагиров Т.А., Самедов А.С.	
JUKOVSKI-ÇAPLIĞIN POSTULATI.....	23
Əhmədov Ə.A.	
AÇIQ PROQRAM TƏMİNATLI UÇUŞ İDARƏETMƏ KONTROLLERİNİN HAZIRLANMASI.....	25
Cabbarzadə V.R., Nəbiyev R.N.	
AEROKOSMİK MATERIALLARIN TƏDQIQI ÜÇÜN ULTRASƏS-TERMOQRAFİK NƏZARƏT ÜSULUNUN İŞLƏNMƏSİ	29
Musasoy R.Ç., Əhmədov E.Ə.	
ПРОЕКТИРОВАНИЕ БПЛА ДЛЯ АЭРОФОТОСЪЕМКИ.....	34
Гулиев К.К., Самедов А.С.	
HAVADA HƏRƏKƏTİ İDARƏETMƏ DİSPETÇERİNİN İŞ YÜKÜNÜN HESABLANMASI VAXTA ƏSASLANAN MODELİNDƏ VACİB ŞƏRTLƏR	39
Əliyev F.R., Muxtarov P.Ş.	
MULTİROTORLU PİLOTSUZ UÇUŞ APARATLARININ ELEKTRON SİSTEMİNİN ANALİZİ	47
Nadirli A.R., Məmmədov A.Z.	
АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ РЕСУРСНЫХ ИСПЫТАНИЙ ПОДШИПНИКА КАЧЕНИЯ	51
Попов М.И., Рекадзе П.Д.	
РАСЧЁТ И АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ ПРОЕКТНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ АКСИАЛЬНО-ПЛУНЖЕРНОГО НАСОСА	55
Ахметов А.А., Рекадзе П.Д.	
ASSESSMENT OF AIR TRAFFIC CONTROLLER WORKLOAD WITHIN FLIGHT INFORMATION REGION OF AZERBAIJAN AIRSPACE AND CHOOSING OPTIMAL VERTICAL BOUNDARIES BETWEEN UPPER AND LOWER AIRSPACE BY USING FAST-TIME SIMULATION METHOD	61
Huseynzade R.G.	
METHODS FOR THE MUTUAL CONTROL AND ENSURING THE SAFETY OF MANNED AND UNMANNED AIRCRAFT	64
Mirzayeva Z.X., Babayev H.B.	
МОДАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЛОПАТОК ТУРБИНЫ АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ.....	67
Студенков А.Д., Сафин А.И., Иголкин А.А.	
PUA İDARƏETMƏSİ: REAL UÇUŞUN YERİNƏ YETİRİLMƏSİ VƏ SİMULYASIYA VASİTƏLƏRİNİN ƏNƏMİYYƏTİ	70
Novruzlu F.A., Zeynalova Ş.H.	

LİDAR SİSTEMİNİN PUA-LARDA EFFEKTİV TƏTBİQİ	74
Məcidov M.M., Sadıqov Ə.H.	
İNTEQRASIYA OLUNMUŞ BORT ŞƏBƏKƏLƏRİNİN PUA-LARDA TƏTBİQ İMKANLARI.....	77
Şıxverdiyev O.Ə., Məmmədov A.Z.	
PUA-LARIN İNNOVATİV TEXNOLOGİYALAR VƏ YENİ NƏSİL MATERİALLARLA TƏCHİZATI	80
İbrahimli Ş.C., Əlihüseynov A.S., Səmədov Ə.S.	
BÖLMƏ 2. MÜASİR AEROKOSMİK ELEKTRONİKA SİSTEMLƏRİ	
KOSMİK APARATIN ORİYENTASIYA SİSTEMİNİN MODELLEŞDİRİLMƏSİ.....	82
Babayeva N.E., Zeynalova Ş.H.	
TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR IMPROVING THE INFORMATION EXCHANGE SYSTEM OF AIRCRAFT.....	88
Garayev R.N., Ismailov I.M.	
KİÇİK ÖLÇÜLÜ PILOTSUZ UÇUŞ APARATLARINDA HÜNDÜRLÜYÜN ÖLÇÜLMƏ XÜSUSİYYƏTLƏRİ	93
Əsgərova S.N., Məmmədov A.Z.	
СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПЕРЕГРУЗКИ ЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА НА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ	99
Алиев Т.Р., Искендеров И.А.	
KİÇİK UÇUŞ APARATLARINDA PİD VƏ SÜNİ İNTELLEKTİN TƏTBİQİNİN PERSPEKTİVLƏRİ	105
Baxşiyev H.E., İsgəndərov İ.Ə.	
ENHANCING AIRCRAFT CONTROL SYSTEMS AND PERFORMANCE WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE	109
Karimov Y.A., İsgandarov I.A.	
BORT-ELEKTRİK QIDA SİSTEMİNİN FUNKSIONALLIĞININ NƏZARƏT QURĞUSU	114
Yusifov A.S., Həsənova T.E., Mirzəyeva M.R.	
УСТРОЙСТВО ДЛЯ БЫСТРОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА	118
Гасанова Ш.С., Гасанов А.Р.	
AVTOMATİK İLKİN MÖVQELƏŞDİRMƏ SİSTEMİNİN MODELLEŞDİRİLMƏSİ.....	123
Bədalov H.Y., Nəsibova G.H., Kərimli T.İ.	
KOSMİK BAZALI GÜNƏŞ ENERJİSİ STANSİYALARI: BAXIŞ VƏ POTENSİAL TƏTBİQLƏR	126
Həsənov Ə.Ç., İsgəndərov İ.Ə.	
NEO REJİMİ VƏ TAWS SİSTEMLƏRİNİN MATLAB İLƏ SİMULYASIYASI VƏ ANALİZİ.....	131
Ramazanov R.A., İsgəndərov İ.Ə.	
PUA-LARIN RADİOİDARƏETMƏ SİSTEMLƏRİNİN PROBLEMLƏRİ VƏ ONLARIN HƏLLİ YOLLARI.....	136
Əlihüseynov A.S., İbrahimli Ş.C., İsgəndərov İ.Ə.	
ACCELEROMETER AND GYROSCOPE TECHNOLOGIES: CHALLENGES IN AEROSPACE APPLICATIONS.....	140
Guliyev R.R., Hasanli G.M.	
HAVA HƏRƏKƏTİNİN İDARƏ EDİLMƏSİNDƏ YERÜSTÜ RADAR SİSTEMLƏRİ İLƏ PEYK TEXNOLOGİYALARININ MÜQAYİSƏLİ TƏHLİLİ.....	144
Müseibov Ə.A.	
UÇUŞLARIN RADİOTEXNİKİ TƏMİNATİ SİSTEMLƏRİNİN YERÜSTÜ OBYEKTƏLƏRİNİN TEXNİKİ VƏZİYYƏTİNƏ İNTELLEKTUAL NƏZARƏT ÜÇÜN TEXNİKİ PARAMETRLƏRİN SEÇİMİNİN MÜASİR KRİTERİYALARLA OPTİMALLAŞDIRILMASI.....	148
Haqverdiyev H.N., Ramazanov K.Ş.	

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ СТОЛКНОВЕНИЙ TCAS ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ.....	154
Асадов Э.З., Гасанлы Г.М., Гусейнов В.С.	

BÖLMƏ 3. AVIAKOSMIK PROBLEMLƏRİN HƏLLİNDƏ İKT

APPLICATION OF MACHINE LEARNING FOR IMPROVING CIVIL AVIATION SAFETY	157
Habibullayeva U.V., Binnataliyeva T.V.	

KOMPÜTER ŞƏBƏKƏLƏRİNDƏ QEYRİ-MƏHDUD BUFER YADDAŞLI İNFORMASIYA TƏHLÜKƏSİZLİYİ SİSTEMİNİN İŞLƏNMƏSİNİN ALQORİTM VƏ MODELƏRİ	162
Şəkərova A.A., İsmayılov B.Q.	

ALİ MƏKTƏB TƏLƏBƏLƏRİNİN İXTİSAS YÖNÜMLÜ PROFESSIONAL HAZIRLIĞININ TƏLƏBLƏRİ VƏ ƏSAS GÖSTƏRİCİLƏRİNİN ÇƏKİLİ-FAKTOR MODELİ	164
Əmirxanlı D.Ş., Ağazadə Ə.N., Amanov R.Ş.	

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ SOFT COMPUTING И ИХ ИНТЕГРАЦИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ СЛОЖНЫХ МНОГОЗАДАЧНЫХ ПРОБЛЕМ	169
Кучкаров Ф.Р., Габибуллаев С.Б.	

İNFORMASIYA-TEXNİKİ MÜHARİBƏSİNİN XÜSUSİYYƏTLƏRİNİN TƏHLİLİ	172
Hafizova N.N., İsmayılov B.Q.	

MAIN CONCEPTS IN THE CONTROL OF SWARM DRONES	175
Mirzayev I.R.	

AVIASIYA MÜHƏRRİKİ ROTORUNDA GEDƏN İSTİLİK PROSESLƏRİNİN KOMPÜTERDƏ MODELƏŞDİRİLMƏSİ.....	178
Abbasova G.G., Ağamaliyeva C.A.	

C# PROQRAMINDA RSA ALQORİTMİNDƏN İSTİFADƏ EDƏRƏK TƏSVİRLƏRİN KRİPTOQRAFIYASI..	182
Həsənlı Rüstəmov N.N.	

ИНТЕГРАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕЗЕРВНЫМИ КОПИЯМИ КОНФИГУРАЦИЙ В СИСТЕМУ МОНИТОРИНГА	186
Аббасов Р.Н., Гусейнов К.К.	

APACHE KAFKA İLƏ BÖYÜK HƏCMLİ PEYK VERİLƏNLƏRİNİN REAL-ZAMANLI EMALİ.....	189
Rzayev R.V., İbrahimova S.R.	

АНАЛИЗ МЕТОДОВ МИНИМАЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА И ПОТЕНЦИАЛОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ С УЧЕТОМ СРОКА ХРАНЕНИЯ.....	192
Гюльмалова С.А., Ахмедов Л.Н.	

VIRTUAL TEXNOLOGIYA VƏ SÜNİ İNTELLEKTİN TƏHSİLDƏ ROLU	195
Osmanlı T.E., Əhmədov L.N.	

AVIASIYADA ATS SİSTEMLƏRİ: MÜASİR İŞƏ QƏBUL TEXNOLOGIYASI.....	199
Əhmədli X.M.	

NEYRON ŞƏBƏKƏLƏRİNİN ANBARLARDA EHTİYATLARIN İDARƏ OLUNMASI MƏSƏLƏLƏRİNƏ TƏTBİQİ	203
Baxşıyeva Z.A., Əhmədov L.N.	

UX/UI ДИЗАЙН МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ТУРИСТИЧЕСКИХ ЗОН АЗЕРБАЙДЖАНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ FIGMA.....	207
Гамбарова А.Э., Агамалиева Дж.А.	

ЭФФЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ ХРАНЕНИЯ И ОБМЕНА КРИПТОВАЛЮТЫ НА МОБИЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЕ.....	211
Джаннатова Ф.А., Агамалиева Дж.А.	

СИСТЕМА АУТЕНТИФИКАЦИИ В РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ	215
Мусаев Р.М., Агамалиева Дж.А.	
AGRICULTURAL FIELD BOUNDARY DETECTION THROUGH INTEGRATION OF "SIMPLE NON-ITERATIVE CLUSTERING (SNIC) SUPER PIXELS" AND "CANNY EDGE DETECTION METHOD"	218
Gayibov A.S.	
SÜNİ İNTELLEKTİN AVIAKOSMİK MƏSƏLƏLƏRİN HƏLLİNDƏ ROLU.....	223
Cəfərova S.S.	
MEASURING COMPETENCY ALIGNMENT IN HIGHER EDUCATION QUALITY	227
Abdullayev Kh.B.	
CHARACTERISTICS OF CYBERATTACKS IN CIVIL AVIATION SECURITY	230
Novruzova L.R.	
BÖLMƏ 4. AVTOMATİKA VƏ ENERGETİKA	
DARTI TRANSFORMATÖRÜNÜN MÜHAFİZƏSİNİN MODELLEŞDİRİLMƏSİ	234
Aslanlı Ə.İ.	
PROSPECTS OF A PREDICTIVE MAINTENANCE STRATEGY BASED ON INTELLIGENT DIAGNOSTIC METHODS.....	238
Hüseynov F.H.	
DƏMİRYOL HƏRƏKƏT VASİTƏLƏRİNİN İNNOVATİV DARTI İNTİQALI.....	243
Salahlı H.E.	
ELEKTROMAQNİT VİBRASIYA QURĞULARININ ÇIXIŞ PARAMETRLƏRİNİN VƏ İŞ REJİMLƏRİNİN MULTİSİM VƏ MATCHAD PROQRAM PAKETLƏRİ ƏSASINDA MODELLEŞDİRİLMƏSİ	247
Nurməmmədli Ə.N.	
HİBRİD ENERJİ SİSTEMİNİN MODELLEŞDİRİLMƏSİ	252
Əhmədzadə Y.R.	
ELEKTRİK TƏCHİZAT SİSTEMLƏRİNDƏ NOMİNAL GƏRGİNLİKLƏRİN SEÇİLMƏ XÜSUSİYYƏTLƏRİ	256
Səfərova N.Z.	
РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО МАКЕТА НА ОСНОВЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА	260
Джабаров Р.Р.	
BÖLMƏ 5. AEROKOSMİK MONİTORİNG VƏ METEOROLOGİYA	
NEFT HASİLATI SAHƏLƏRİNİN ÇİRLƏNMƏSİNİN QİYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ ÜÇÜN GEOİNFÖRMASİYA VƏ KOSMİK TEXNOLOGİYALARIN TƏTBİQİ.....	263
Babaşova H.Ə., İsmətova X.R.	
NAXÇIVAN VİLAYƏTİNİN ÇOXİLLİK TEMPERATUR REJİMİNİN MÜASİR XÜSUSİYYƏTLƏRİ	269
Məmmədli E.Ə., Hüseynov C.S.	
MİNGƏÇEVİR SU ANBARINDA SU SƏTHİNİN TEMPERATUR DƏYİŞMƏSİNİN QİYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ	273
İsmayılova S.E., Əzizov B.M.	
İNNOVATİV TEXNOLOGİYALARIN KÖMƏYİ İLƏ TƏHLÜKƏLİ ATMOSFER HADİSƏLƏRİNİN VƏ SİNOPTİK VƏZİYYƏTİN PROQNOZU	278
Həsənzadə E.Z., Hüseynov N.Ş.	
İLDIRIMLI HAVA ŞƏRAİTİNİN DAYANIQSIZLIQ İNDEKSLƏRİ VASİTƏSİ İLƏ TƏHLİLİ.....	283
Məmmədli Ə.A., Hüseynov N.Ş.	
SƏHRA LAŞMA PROSESİNİN TƏDQİQATINDA AEROKOSMİK ÜSULLARIN ÜSTÜNLÜYÜ	288
Quliyeva N.İ., Cəfərova N.R.	

QIZILAĞAC QORUGUNUN SU-BATAQLIQ BİTKİ ÖRTÜYÜNÜN DİNAMİKASININ GEOİNFÖRMASIYA VƏ AEROKOSMİK TEXNOLOGİYALARIN KÖMƏYİ İLƏ TƏDQIQI	293
Qurbanzadə M.Q., İsmətova X.R.	
QARABAĞ ƏRAZISİNDƏ HAVA TEMPERATUR REJİMİNİN MÜASİR DİNAMİKASI	296
Əliyev R.A., Hüseynov C.S.	
ZAQATALA VƏ QƏBƏLƏ HAVA LİMANLARINDA ATMOSFER YAĞINTILARININ PAYLANMA QANUNAUYGUNLUĞU	300
Həsənov R.A., Hüseynov N.Ş.	
HİPERSPEKTRAL TƏSVİRLƏR VASİTƏSİLƏ BİTKİ ÖRTÜYÜNÜN XÜSUSİ PARAMETRLƏRİNİN TƏDQIQI	304
Cəfərova H.X., Əzizov B.M.	
PROVIDING ENERGY FOR THE AIRPORT BEING BUILT USING GREEN ENERGY IN THE ALAT FREE ECONOMIC ZONE	311
Cabbarlı Z.Z., Huseynov N.Sh.	
METEOROLOJİ RADİOLOKATOR VASİTƏSİ İLƏ KÜLƏK MƏLUMATLARININ MÜŞAHİDƏSİ VƏ ANALİZİ	315
Qurbanov X.T., Hüseynov N.Ş.	
QURAQLIQ HADİSƏSİNİN KOSMİK TEXNOLOGİYA ƏSASINDA MÜQAYİSƏLİ TƏHLİL ÜSULLARI	320
Vəliyeva A.H., Bədəlova A.N.	
YAŞIL ENERJİ MƏNBƏLƏRİNİN İNKİŞAFINDA HİDROMETEOROLOGİYANIN ROLU	325
Quluzadə C.Ə.	
MƏSAFƏDƏN ZONDLAMA VERİLƏNLƏRİ ƏSASINDA QUDYALÇAYIN ANTROPOGEN ÇİRKƏNMƏ MƏNBƏLƏRİNƏ QARŞI TƏDBİRLƏR VƏ İDARƏETMƏ STRATEGİYALARI	329
Rəşayeva F.A., Ramazanov K.Ş.	
СЕГМЕНТАЦИЯ МЕТАНОВЫХ ШЛЕЙФОВ НА СПУТНИКОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ	334
Крауклит Г.В., Агаева К.С.	
LAÇIN RAYONUNUN BİTKİ ÖRTÜYÜNÜN DİNAMİKASININ KOSMİK MƏLUMATLARI	339
İsmayılzadə N.A., Süleymanov T.İ.	
BÖLMƏ 6. NƏQLİYYATIN LOGİSTİK PROBLEMLƏRİ	
ПРОБЛЕМЫ РЕГУЛЯРНОСТИ ПОЛЕТОВ И ЗАДЕРЖЕК НА АВИАТРАНСПОРТНОМ РЫНКЕ КАЗАХСТАНА	343
Абжапбарова А.Ж., Асылбекова И.Ж., Гармаш О.В.	
QEYRİ-MÜNTƏZƏM SƏRNIŞIN AVIADAŞIMALARINDA HİBRİD QEYRİ-SƏLİS ARİMA MODELİNİN TƏTBİQİ	347
Nəzərli D.Ş., Ağayev N.B.	
LOGİSTİKA ŞİRKƏTLƏRİNDƏ REKLAM STRATEGİYASININ TƏTBİQİNƏ İNNOVATİV YANAŞMA	352
Mirzəli X.S., Qasımov V.E.	
ASSESSMENT AND MONITORING OF THE PERFORMANCE OF INTERNATIONAL TRANSPORT CORRIDORS	355
Mustafayeva A.Z., Najafov E.M.	
AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ LOGİSTİK MƏRKƏZLƏRİNDƏ GÖSTƏRİLƏN XİDMƏTLƏR ...	360
Rüstəmov E.X., Kərimov B.Ə.	
YÜK TARİFLƏRİNİN HESABLANMASINDA “FREIGHTOS” PROQRAM TƏMİNATININ TƏTBİQİ.....	368
Həmidli R.S., Kərimov B.Ə., İsgəndərova S.İ.	

IMPORTANCE OF FUZZY LOGIC FOR AIR TRANSPORTATION.....	371
Aghayev N.F., Najafov E.M.	
AVİASİYA ANBAR LOGİSTİKASINDA TƏTBİQ EDİLƏN MÜASİR TEXNOLOGİYALAR.....	373
Bəylərov S.İ.	
“AZAL” AVİAŞİRKƏTİNDƏ KOD-ŞERİNG MÜQAVİLƏLƏRİNİN TƏTBİQİ VƏ EFFEKTİVLİYİNİN HESABLANMASI.....	378
Cəbrayıllov R.B., Kərimov B.Ə., Ələkbərova G.C.	
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОБИЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ BAKU AIRPORT: ФИНАНСОВЫЙ ПОДХОД И УРОКИ МЕЖДУНАРОДНОГО ОПЫТА.....	383
Маилова И.Р., Керимов Б.А.	
AVİAŞİRKƏTLƏRARASI ƏMƏKDAŞLIĞIN YÜKSƏLDİLMƏSİNDƏ “VIRTUAL INTERLINE” SİSTEMİNİN TƏTBİQİ	388
Hüseynova A.V., Əliyev S.İ.	
LOGİSTİKA MƏRKƏZLƏRİNİN OPTİMAL YERİNİN MCDMA METODU İLƏ TƏYİN OLUNMASI ...	391
Məhərrəməzadə M.A.	
TƏHLÜKƏLİ YÜKLƏRİN EMALINDA RƏQƏMSAL PLATFORMANIN YARADILMASI	394
Əzimli L.E., İsmayılov P.İ., Nəsirova M.M.	
BÖLMƏ 7. FİZİKA-KİMYA TEXNOLOGİYALARI	
CaGa ₂ S ₄ -CaS:Eu ²⁺ KOMPOZİTLƏRİNİN ALINMA METODLARININ STRUKTUR VƏ OPTİK XASSƏLƏRƏ TƏSİRİ	399
Hüseynov İ.T., Ələskərov F.K., Sadıqzadə K.F., Məhərrəməzadə M.A., Prozorov N.İ.	
ZRC NANOHİSSƏCİKLƏRİNİN QAMMA ŞÜALANMADAN ƏVVƏL VƏ SONRA İNFRAQIRMIZI SPEKTRLƏRİNİN MÜQAYİSƏLİ ŞƏKİLDƏ ANALİZİ.....	403
Muradova G.İ.	
METAL İONLARI İLƏ İNTERKALASIYA OLUNMUŞ GaSe KRİSTALINDA ELEKTRİK KEÇİRİCİLİYİNİN TƏYİNİ	406
Sadıqlı L.E., Mədətov R.S., Məmişova R.M., Xalıqzadə A.Ş.	
ÜZVİ YARIMKEÇİRİCİ SENSORUN ATMOSFER ÇİRKƏNMƏLƏRİ PROBLEMLƏRİNİN HƏLLİNDƏ ROLU	410
Mustafayev M.M., Zeynalova Ş.H.	
KRİSTALLİK ƏSASLI (CaGa ₂ S ₇ :Eu) ÜZVÜ BİRLƏŞMƏLİ NAZİK TƏBƏQƏLİ LÜMİNEFORLU İNDİKATORUN ELEKTROLÜMİNİSENSİYA XARAKTERİSTİKASI	414
Cəlilova N.A., Mədətov R.S.	
METAL VƏ KOMPOZİT AEROKOSMİK MATERİALLAR ÜÇÜN AKTİV İSTİLİK NƏZARƏT ÜSULUNUN İŞLƏNMƏSİ VƏ TƏTBİQ SAHƏLƏRİNİN ARAŞDIRILMASI.....	417
Allahverdiyev K.N., Əhmədov E.Ə.	
FUNDAMENTAL UDMA OBLASTINDA TLINSE2(1-X) S _{2x} (X=0÷1,0) SİSTEMLİ BƏRK MƏHLULLARININ OPTİK XASSƏLƏRİ	421
Məmmədova G.E., Sərdarlı R.M., Əliyeva N.Ə., Rəsulova A.Ə., Məmmədov R.A.	
PREDICTING NUCLEAR DEFORMATION PROPERTIES WITH MACHINE LEARNING: A FOCUS ON RARE EARTH ISOTOPES	423
Guliyev H.I., Naghiyeva F.I., Guliyev A.A., Guliyev E.A.	
UÇUŞ TƏHLÜKƏSİ YARADAN KORROZİYALARA QARŞI EFFEKTİV MÜBARİZƏ ÜSULLARI.....	426
İsazadə İ.F., Cavadov N.F.	

BÖLMƏ 8. NƏQLİYYATIN İQTİSADI, HÜQUQİ VƏ HUMANİTAR PROBLEMLƏRİ

AVIAŞİRKƏTLƏRİN İNTEQRASIYA VƏ DİVERSİFİKASIYA PROSESLƏRİNDƏ RİSKLƏRİN İDARƏ EDİLMƏSİ METODLARININ TƏDQIQI.....429
Abdullayev D.E.

AVTONOM NƏQLİYYATIN EKOLOJİ PERSPEKTİVLƏRİ.....434
Heydərov K.H.

AZƏRBAYCAN-RUSİYA İQTİSADI ƏLAQƏLƏRİNİN İNKİŞAF MEYİLLƏRİ VƏ MÖVCUD PROBLEMLƏR 437
Əliyev M.Ə., Vəliyev V.İ.

LİZİNQ MÜQAVİLƏSİ ƏSASINDA TƏYYARƏ PARKININ YENİLƏNMƏSİ İMKANLARI 442
Əmirova G.M.

MƏLUMATLANDIRILMIŞ RAZILIQ: AZƏRBAYCAN VƏ TÜRKiYƏ RESPUBLİKASI QANUNVERİCİLİKLƏRİNİN MÜQAYİSƏLİ TƏHLİLİ 447
Muradbəyli S.N.

MDB ÖLKƏLƏRİNİN TİCARƏT ASILILIĞININ TƏHLİL STRUKTURU.....452
Həsənlı S.T., Nəcəfova V.Q.

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI VƏ TÜRKDİLLİ DÖVLƏTLƏR ARASINDA XARİCİ TİCARƏT DÖVRİYYƏSİ DİNAMİKASI TƏHLİLİ 457
Səfərov M.T.

HEYDƏR ƏLİYEV BEYNƏLXALQ HAVA LİMANININ YENİ NƏQLİYYAT TEXNOLOGİYALARININ TƏTBİQİ KONTEKSTİNDƏ İNKİŞAF PERSPEKTİVLƏRİ 462
Məmmədov Ş.F., Mirzəyev F.M.

MÜASİR DÖVRDƏ AZƏRBAYCANDA ELEKTRON TİCARƏTİN İNKİŞAF İSTİQAMƏTLƏRİ.....466
Ömərov R.V.

AVIAŞİRKƏTLƏRDƏ BİZNES RİSKLƏRİNİN İDARƏ EDİLMƏSİ STRATEGİYALARI.....469
Nəsirov C.E.

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ CİNAYƏT-HÜQUQ SİYASƏTİNİN MÜHÜM İSTİQAMƏTLƏRİ 474
Babayeva S.M.

ECONOMIC DYNAMICS OF AIR TRANSPORT MANAGEMENT AND ITS INTERRELATION WITH TOURISM DEVELOPMENT.....480
Suleymanzada T.E.

İNSAN RESURLARI TƏLİM VƏ İNKİŞAF STRATEGİYALARINDA SÜNİ İNTELLEKTİN ROLU 484
Quluzadə L.Ə.

ÖZÜNÜMÜDAFİƏ SUBYEKTİV MÜLKİ HÜQUQLARININ MÜDAFİƏSİNİN QEYRİ-YURİSDİKSİYON FORMASI KİMİ 487
Əsədova E.M.

GÖMRÜK SİSTEMİNİN EFEKTİVLİYİNİN MİKROİQTİSADI VƏ MAKROİQTİSADI TƏSİRLƏRİNİN DƏYƏRLƏNDİRİLMƏSİ 493
Rəhimli H.H.

KEÇMİŞDƏN GÜNÜMÜZƏ: AZƏRBAYCANDA TURİZMİN İNKİŞAF PERSPEKTİVLƏRİNİN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİNDƏ HAVA NƏQLİYYATININ ROLU 497
Abdullayeva Ü.Ə.

BÖLMƏ 9. AVIASIYA TƏHLÜKƏSİZLİYİNİN AKTUAL PROBLEMLƏRİ

MÜLKİ HAVA GƏMİLƏRİNƏ QARŞI DAŞINAN ZENİT RAKET KOMPLEKSİ VASİTƏSİLƏ HÜCÜM HƏDƏSİNİN XARAKTERİSTİKASI.....501
Həsənov A.C., Novruzova L.R.

PARTLAYICI MADDƏLƏRİN AŞKARLANMASI ÜÇÜN YENİ SENSOR TEXNOLOGİYALARININ TƏDQIQI	505
Əhmədova S.T., Əsgərov K.Ə.	
AVIASİYA TƏHLÜKƏSİZLİYİNDƏ RİSKLƏRİN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ.....	507
İsmayılova S.R., Nağıyev N.T.	
AEROPORTLARIN PERİMETRLƏRİNDƏ MÜHAFİZƏ SİSTEMİNİN TƏTBİQİ PERSPEKTİVLƏRİ.....	511
Mövsumzadə Ü.F., Rüstəmov R.R.	
SÜNİ İNTELLEKT VASİTƏSİLƏ TƏHLÜKƏLİ ŞƏXSLƏRİN TANINMASI.....	516
Qarayeva S.A, Nağıyev N.T.	
MÜLKİ AVIASİYA TƏHLÜKƏSİZLİYİNİN İDARƏ EDİLMƏSİ ZAMANI QEYRİ-MÜƏYYƏN ŞƏRAİTLƏRDƏ QƏRAR QƏBUL ETMƏ ÜSULLARININ QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ	519
Orucova X.C., Yusifov E.F.	
PERİMETR MÜHAFİZƏ SİSTEMLƏRİNƏ PİLOTSUZ UÇUŞ APARATLARININ İNTEQRASIYASI İLƏ TƏHLÜKƏSİZLİYİN ARTIRILMA METODLARI	523
Mazanova N.Ə., Salmanov F.T., Muxtarov R.M., Heydərov N.N.	
MÜLKİ AVIASİYA TƏYYARƏLƏRİNDƏ BAŞ VERƏN YANGINLAR VƏ ONLARA QARŞI MÜBARİZƏ TƏDBİRLƏRİNİN XÜSUSİYYƏTLƏRİ	528
Mirzəzadə N.Z., Xəlqov N.B.	
HEYDƏR ƏLİYEV BEYNƏLXALQ AEROPORTUNUN NƏZARƏT EDİLMƏYƏN ZONALARDA MÜXTƏLİF TƏHDİD MODELƏRİNİN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ.....	535
Fərziyev K.Z.	
İNFRAQIRMIZI DUYĞAQLARIN STRATEJİ ƏHƏMİYYƏTLİ OBYEKTŁƏRDƏ TƏTBİQİ İMKANLARI	540
Şiriyev E.E., Rüstəmov R.R.	
MÜXTƏLİF İSTİQAMƏTLƏR ÜZRƏ SƏYAHƏT EDƏN SƏRNIŞINLƏRİN ETNİK FƏRQLİLİKLƏRİNƏ ƏSASƏN PROFİLİNİN YARADILMASI.....	544
İsgəndərova G.F.	
ПРИМЕНЕНИЕ ПРОФАЙЛИНГА В БОРЬБЕ С ВНУТРЕННИМИ УГРОЗАМИ В ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ	547
Лобода Д. И.	
THE ANALYSIS OF THE CLASSIFICATION OF POTENTIALLY DANGEROUS PERSONS IN CIVIL AVIATION.....	551
Shekili Sh.P.	