

**«AZƏRBAYCAN HAVA YOLLARI» QSC
MİLLİ AVİASIYA AKADEMİYASI**

**HEYDƏR ƏLİYEVİN 100 İLLİYİNƏ HƏSR
OLUNMUŞ**

**“SÜNİ İNTELLEKT
TEXNOLOGİYALARI
VƏ AEROKOSMİK PROBLEMLƏR”
MÖVZUSUNDA**

I

**Beynəlxalq Elmi-praktik konfransın
MATERİALLARI**

**Bakı
22-23 iyun 2023-cü il**



- Sədr:** MAA-nın rektoru,
akademik **Arif Paşayev**
- Təşkilat
komitəsinin sədri:** MAA-nın yeni texnologiyalar üzrə
prorektoru, professor **Xəqani Abdullayev**
- Proqram
komitəsinin sədri:** MAA-nın birinci prorektoru,
professor **Ədalət Səmədov**
- Məsul katib:** Dosent **Fuad Dadaşov**
- Katib:** f.f.d. **Hüseynqulu Quliyev**
Elnur Əsədov
Yəhya Əhədov

BÖLMƏ 1. AVIASİYA SİSTEMLƏRİNDƏ SÜNİ INTELLEKT

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В УПРАВЛЕНИИ БПЛА



Яхья Ахадов

Национальная Академия Aviации, Баку
yahya.ahadov@naa.edu.az



Намик Гусейнов

Национальная Академия Aviации, Баку
namik.guseynov@inbox.ru

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN UAV CONTROL

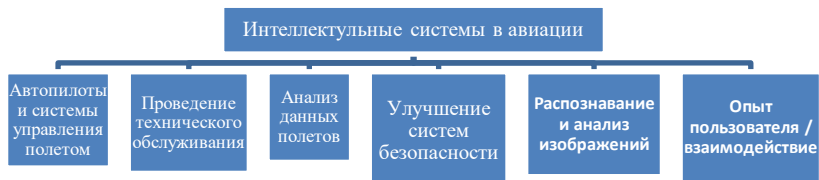
Abstract. This article provides an overview of the areas of application of artificial intelligence in unmanned aerial vehicles. Considered are aspects of unloading operators from processing large amounts of data, shifting this processing to artificial intelligence systems, as well as the possibility of making a decision to perform certain actions without operator participation in case of loss of communication or other emergency situations.

Введение. Использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), также известных как дроны, становится все более полезным, поскольку они помогают ускорить сбор данных об интересующих объектах с помощью аэрофотоснимков. Дроны делают процесс сбора данных рентабельным и гибким, поскольку могут летать как на малых, так и на больших высотах. Это также позволяет миссиям быть более эффективными, поскольку большие регионы могут быть точно охвачены за короткое время благодаря использованию камер с высоким разре-

шением. Сбор данных также становится безопасным, поскольку дроны заменяют людей, попадающих в опасные или труднодоступные места.

Искусственный интеллект в БПЛА. «Искусственный интеллект» — это комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение и поиск решений без заранее заданного алгоритма) и получать при выполнении конкретных задач результаты, сопоставимые, как минимум, с результатами интеллектуальной деятельности человека. Комплекс технологических решений включает в себя информационно-коммуникационную инфраструктуру, программное обеспечение, процессы и сервисы по обработке данных и поиску решений».

Интеллектуальные технологии играют значительную роль в авиации, применяясь для улучшения безопасности, эффективности и комфорта полетов. Рассмотрим некоторые из областей применения интеллектуальных технологий в авиации:



Автопилоты и системы управления полетом: Интеллектуальные алгоритмы используются для разработки продвинутых автопилотов, систем управления полетом и автопосадкой. Они помогают пилотам в управлении самолетом, оптимизируя маршруты, автоматически корректируя высоту и курс, а также управляя двигателями для повышения эффективности полета.

Проведение технического обслуживания: С использованием алгоритмов машинного обучения и анализа данных, авиакомпании могут прогнозировать необходимость технического обслуживания и предотвращать возникновение поломок. Это позволяет снизить незапланированные простои самолетов и увеличить общую надежность воздушного флота.

Анализ данных полетов: Большое количество данных, собираемых со встроенных датчиков в самолетах, используется для анализа и выявления тенденций, аномалий и оптимизации полетных операций. Интеллектуальные алгоритмы обрабатывают эти данные, чтобы предоставлять информацию пилотам и авиакомпаниям о производительности самолетов, расходе топлива, аэродинамических параметрах и других важных факторах.

Улучшение систем безопасности: Интеллектуальные системы используются для обнаружения и предотвращения аварийных ситуаций. Это включает в себя распознавание опасных условий, автоматическое предупреждение пилота о потенциальных проблемах, а также обработку данных о безопасности для повышения качества и безопасности полетов.

Распознавание и анализ изображений: Визуальные данные, получаемые с помощью камер и датчиков, используются для распознавания и анализа объектов на земле и в воздухе. Интеллектуальные системы обрабатывают эти данные для идентификации аэропортов, навигационных точек, других самолетов и определения оптимального маршрута.

Опыт пользователя взаимодействие: Интеллектуальные технологии применяются для улучшения взаимодействия пользователей (пассажиров), включая персонализацию услуг, управление багажом, автоматическую регистрацию и определение мест, а также предоставление информации и развлечений на борту самолета.

Исследования сетей беспилотных летательных аппаратов, также известных как беспилотники или дроны, являются активной областью исследований в настоящее время. Беспилотные летательные аппараты становятся все более распространенными и находят применение в различных областях, включая гражданскую авиацию, военные операции, мониторинг окружающей среды, доставку товаров и многое другое.

Исследования в области сетей беспилотных летательных аппаратов фокусируются на различных аспектах и проблемах, связанных с использованием беспилотников в группах или сетях. Некоторые из основных направлений исследований в этой области:



Координация и управление: Исследования направлены на разработку алгоритмов и методов координации действий беспилотных летательных аппаратов в сети. Это включает задачи распределения задач, роевого летания, формирования формаций, избегания столкновений и совместной работы.

Коммуникация и связь: Исследования затрагивают обмен информацией и коммуникацию между беспилотными летательными аппаратами в сети. Рассматриваются вопросы связи, протоколы передачи данных, устойчивость к помехам, оптимальное использование частотного спектра и другие аспекты коммуникационной инфраструктуры.

Автономность и принятие решений: Исследования направлены на разработку алгоритмов и методов, которые позволяют беспилотным летательным аппаратам принимать автономные решения на основе собранных данных и коммуникации с другими аппаратами в сети. Это включает задачи планирования маршрутов, обнаружения и избегания препятствий, определения приоритетов задач и т.д.

Безопасность и конфиденциальность: Исследования затрагивают вопросы безопасности и защиты данных в сети беспилотных летательных аппаратов. Рассматриваются методы защиты от несанкционированного доступа, взлома и перехвата данных, а также обеспечение конфиденциальности коммуникаций.

Масштабируемость и оптимизация: Исследования направлены на оптимизацию производительности и эффективности сетей беспилотных летательных аппаратов при увеличении их масштаба. Рассматриваются алгоритмы распределения ресурсов, оптимизация использования энергии, управление пропускной способностью и другие аспекты оптимизации работы сети.

В США создание беспилотных летательных аппаратов с искусственным интеллектом осуществляется по программе Skyborg. В рамках данной программы разрабатывается искусственный интеллект для управления боевыми беспилотными летательными аппаратами. Беспилотник будет обладать полноценным ИИ, что обеспечит ему возможность в бою решать разные задачи, приспосабливаясь к изменяющейся обстановке [3]. В США прошла демонстрация БПЛА с искусственным интеллектом EхupAI, с помощью которого беспилотники могут самостоятельно ориентироваться в пространстве на незнакомой местности и в необычных условиях (в пещере). При скорости до 2 м/с компьютер сканирует окружающее пространство и в реальном времени составляет трехмерную карту местности (до 16 млн м³) [3].

В Израиле работы по созданию БПЛА были начаты в начале семидесятых годов XX века и успешно продолжают в настоящее время на новом уровне – с использованием в авиационных системах искусственного интеллекта. В этой области работает большое число компаний. В армии Израиля БПЛА объединены в сеть и управляются искусственным интеллектом (раньше у каждого беспилотника был свой оператор). Оператор необходим для выдачи команд и указания направлений действия сразу для всей эскадрильи. За выполнение боевой задачи отвечает ИИ. Даже, если часть группы будет уничтожена, задание будет выполнено. Израиль первым в мире в боевых условиях применил группу беспилотников, управляемую искусственным интеллектом [3].

Интеллектуализация пилотажно-навигационных комплексов (ПНК) является одной из актуальных областей исследований и разработок в авиационной индустрии. Она направлена на применение искусственного интеллекта (ИИ) и автоматизации для улучшения функциональности, эффективности и безопасности пилотажно-навигационных систем воздушных судов. Интеллектуализация ПНК включает в себя следующие аспекты:



Автоматический пилот: Использование ИИ и автоматизации позволяет разработать более продвинутые системы автоматического пилотирования. Это может включать автоматическое управление полетом, автономное взлетно-посадочные процедуры, автоматическое следование заданному маршруту и другие функции, которые помогают авиационным экипажам управлять воздушными судами более эффективно и безопасно.

Автоматическая навигация: Интеллектуализация ПНК позволяет разрабатывать системы автоматической навигации, которые используют данные о положении и ориентации воздушного судна, данные о топографии и препятствиях, а также другую информацию для автономного планирования маршрута, определения оптимальных траекторий и избегания препятствий.

Распознавание и анализ данных: Использование ИИ позволяет системам ПНК распознавать и анализировать данные из различных источников, таких как радиолокационные системы, камеры, датчики и другие сенсоры. Это может помочь в обнаружении и идентификации объектов, определении состояния окружающей среды и принятии решений на основе этих данных.

Прогнозирование и адаптивность: Интеллектуализация ПНК может включать в себя системы прогнозирования, которые используют данные о погоде, трафике, состоянии воздушного пространства и других факторах для предсказания будущих событий и условий. Это позволяет системам ПНК принимать предупредительные меры, адаптироваться к изменяющимся условиям и принимать решения на основе прогнозов.

Управление ошибками и аварийным поведением: Интеллектуализация ПНК позволяет разработать системы, которые способны обнаруживать и управлять ошибками, а также предотвращать и обнаруживать аварийные ситуации. Это включает в себя системы мониторинга и контроля, системы автоматической коррекции и системы аварийного выхода из опасных ситуаций.

Заклучение. В статье рассмотрено применение искусственного интеллекта в беспилотниках и его влияние на автоматизацию и развитие автономных систем. Беспилотные технологии с использованием искусственного интеллекта уже демонстрируют потенциал в различных сферах, включая транспорт, военное дело, гражданскую авиацию и многое другое.

Искусственный интеллект в беспилотниках обладает способностью обрабатывать огромные объемы данных, анализировать информацию в режиме реального времени и принимать автономные решения. Это позволяет беспилотным системам быть более эффективными и точными, снижает риск человеческой ошибки и создает новые возможности для улучшения безопасности и производительности.

Литература

1. Дадашев Ф.Г., Эстрова С.Т., Аллахвердиев А.Р., Дадашева К.Г. Интерактивная система, обеспечивающая психофункциональную надежность управления БПЛА. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2021. – №3. – с.7-11.
2. Nurul I. Sarkar, Sonia Gul – Artificial Intelligence-Based Autonomous UAV Networks: A Survey
3. ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS - Matyukha S., Ph.D., Deputy General Director of Aerosvet, LLC
4. Zanelli, E.; Bödecke, H. Global Drone Market Report 2022–2030; Technical report; Drone Industry Insights: Hamburg, Germany, 2022.
6. Ammar, A.; Koubaa, A.; Benjdira, B. Deep-Learning-Based Automated Palm Tree Counting and Geolocation in Large Farms from
7. Aerial Geotagged Images. Agronomy 2021, 11, 1458.

MÜASİR AEROKOSMİK İNFORMASIYANIN İNTELLEKTUAL TƏŞKİLİ VƏ EMALI SİSTEMİ



Sevdə İbrahimova

Milli Aviasiya Akademiyası, Bakı
s_ibrahimova@yahoo.com

INTELLIGENT SYSTEM ORGANIZATION AND PROCESSING OF MODERN AEROSPACE INFORMATION

Abstract. *This paper presented result of intelligent system organization and processing modern aerospace information based on satellite monitoring systems in Azerbaijan. On the basis of the models considered in the article, the possibility of real-time intellectual processing has been investigated.*

Kosmik texnologiyanın inkişafı və tətbiqi, aerokosmik informasiya əsasında fəaliyyət Azərbaycan Respublikasının dövlət siyasətinin prioritet istiqamətlərindən biridir.

Peyk sistemlərindən alınmış informasiya əsasında iqtisadi-texnoloji proseslərin intellektual idarə olunması təbii resursların ölkənin gələcək inkişafı üçün əsas strateji ehtiyatlara çevrilməsinə zəmin yaradır.

Qlobal dünyamızda dinamik dəyişən ətraf mühit, onun təsirləri və bu təsirlər əsasında formalaşan məlumatların toplanması, saxlanması və idarə olunması ən çətin məsələlərdən biridir ki, bunun da intellektual texnologiyalar əsasında təşkili tələb olunur.

Məqalədə müxtəlif ayırdetmə qabiliyyətinə malik peyk məlumatları əsasında Azərbaycanda kosmik monitorinq sistemi əsasında peyk informasiyasının intellektual emalı sisteminin təşkili imkanları təhlil edilir.

Azərbaycanın təbii sərvətlərinin intellektual idarə edilməsinə müxtəlif növ resursların monitorinqi prosedurları daxildir. Bu işə innovativ texnologiyalara əsaslanır: məsafədən zondlama, veb-texnologiyaları və s. Bütün bu texnologiyalar əsasında aerokosmik məlumatların kompleks sistemli təhlilini təşkil etməklə obyekt, hadisələr və proseslərin monitorinqi nəticələrini vahid çoxsəviyyəli

paylanmış qlobal informasiya sisteminə inteqrasiya etmək mümkündür.

Hal-hazırda Azərbaycanda müxtəlif peyk sistemlərindən alınan məlumatlardan istifadə olunur. Bu səbəbdən peyk məlumatlarına artan tələbatı yalnız intellektual, real zaman anında proqram emalı sistemlərindən istifadə etməklə təmin etmək mümkündür. Analiz edilmiş peyk məlumatlarının həcmindəki artım hesablama klasterlərinə əsaslanan çoxaxınlı işləmə sistemlərindən istifadə zərurəti yaradır.

Peyk verilənlərinin müxtəlif tətbiqlərində, məsələn təbii ehtiyatların tədqiqi, təbii proseslərin operativ qiymətləndirilməsi kimi məsələlərdə, çoxölçülü informasiyanın emalı intellektual texnologiyalar əsasında aparılır.

İntellektual sistemlərə əsaslanan texnologiyada aerokosmik sistemlərin informasiyası aşağıdakı analiz səviyyələrinə uyğun formalaşdırılmalıdır:

I – verilənlərin təşkili prosesidir ki, bu səviyyədə emal üçün istifadə olunacaq peyk məlumatları faylları bloku formalaşmalı, tematik emal üçün giriş verilənləri seçilməlidir.

II – emal tapşırığı verilməlidir ki, bu səviyyədə verilənlər emal prosesini yerinə yetirəcək hesablama kompleksinə daxil edilə bilsin.

III – emalın təşkili prosesində isə tapşırığa uyğun proqram kompleksinin seçimi, funksionallığına görə paylanmış sistemin klasterləri arasında bölgüsü aparılmalıdır. Yəni, klasterin hər bir elementi xüsusiləşmiş tapşırığa uyğun proqram təminatı ilə işləyə bilər və emal prosesini icra edir. Nəticə verilənlər bazasına inteqrasiya olunur.

IV – nəzarət və idarətmə bloku qurulmalıdır ki, bu səviyyədə alınmış və hətta emal olunmuş məlumatlara intellektual texnologiya əsasında nəzarət aparılır, yəni bütün bloklardan emal prosesi haqqında məlumat aqreqasiya olunaraq yoxlanılır, xətalər aradan qaldırılır və real zaman anında prosesin idarə olunması prosesi təşkil olunur və hətta proses zamanı təkmilləşdirilə də bilər.

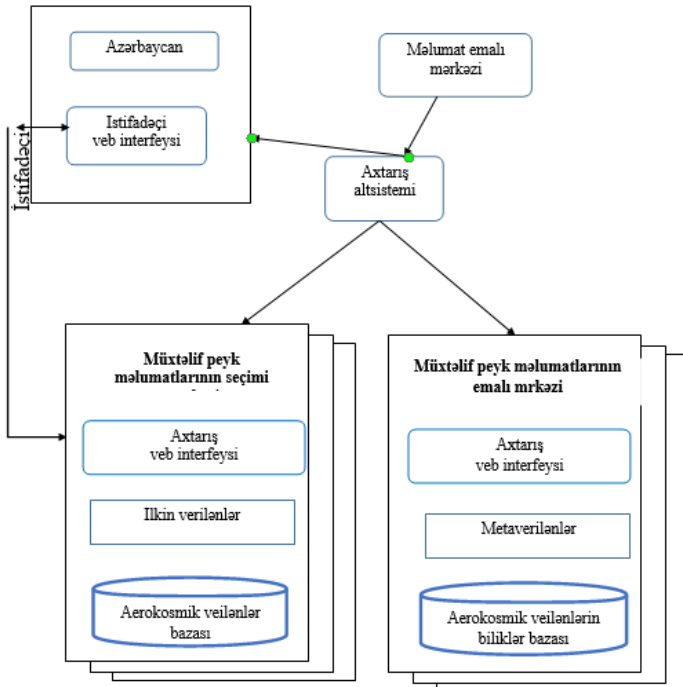
Emalın təşkili səviyyəsinin funksionallığını artırmaq üçün riyazi model qurulur. Nəticədə, bu model əsasında təşkil olunmuş çoxölçülü verilənlərin emalı prosesi aparılır. Belə modellər bütün bloklar üçün qurularaq intellektual texnologiya əsasında aerokosmik informasiyanın idarə olunması prosesi təşkil olunur. Hər bir emal olunan peyk veriləni üçün tapşırığı giriş fayllarına daxil edərək, aşağıdakı asıllığı qururuq:

$$\forall tapşırıq = \begin{cases} \exists (ES, EO, DE, XE \\ \exists \left\{ p_q(\cdot)_{i,t} \right\}, \\ 1 \leq q \leq h \end{cases}$$

haradakı,

- *ES* – emal üçün seçilmiş verilənlər çoxluğu,
- *EO* – emal olunmuş verilənlər,
- *DE* – düzgün emal olunmuş verilənlər,
- *XE* – xətalı emal nəticələri.

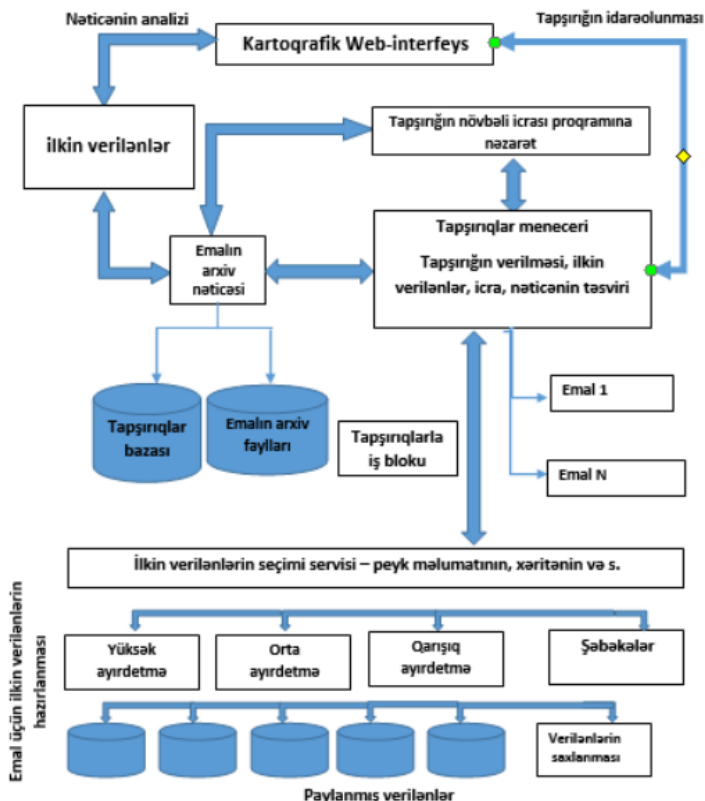
Emal nəticələri isə hadisələrin və proseslərin monitorinqi üçün vahid çoxsəviyyəli paylanmış qlobal informasiya sistemində inteqrasiya olunur (şəkil 1).



Şək. 1. Mərkəzləşdirilməmiş geoverilənlərin təşkili sistemi

Həmçinin, fərqli geoməkan informasiyalarının müxtəlif istifadəçi resurslarına inteqrasiya olunma məsələlərinin həlli, yeni məlumat

əldə etmə modelinin işlənilib hazırlanma məsələsinin nəzərdən keçirilməsini tələb edir. Müxtəlif məlumatların əldə edilməsi mexanizmlərindən istifadə, fərqli geoməkan məlumatlarının əldə edilməsini sadələşdirəcəkdir. Məlumatların emalı məsələsinin qoyulmasında böyük əhəmiyyət kəsb edən bölmə, paylanmış fərqli geoməkan məlumatlarının əldə edilməsi üçün modelin hazırlanmasından ibarətdir (şəkil 2).



Şək. 2. Real zaman anında peyk informasiyasının idarə olunması sistemi

Yeni məlumat mənbələrinin birləşdirilməsinin çətinlik səviyyəsini azaltmaq üçün ən optimal həll, verilənlərin əldə edilməsi üçün geniş yayılmış interfeyslərdən istənilən birinin dəstəklənməsi imkanı

təşkil edir. Həmçinin, bu yanaşma, vetilənlərin emalını öz sorğu dilini dəstəkləyən strukturlaşdırılmamış mənbələrdən də həyata keçirmək imkanı yaradır.

Müasir aerokosmik informasiyanın intellektual təşkili sisteminin ən vacib bloku informasiyanın intellektual emalıdır. Intellektual emal, real zaman anında müxtəlif məkan və spektral ayırdetməyə malik peyk informasiyasından istifadə edərək, bir çox təbii və süni obyektləri bir yerdə qiymətləndirərək bənzər spektral xüsusiyyətlərə sahib obyektlərin tanınmasını tələb edir. Obyektlərin tanınması prosesinin yerinə yetirilməsi üçün obyektlərin sinifləndirilməsi vacibdir. Bunun üçün bir çox sinifləndirmə alqoritmləri mövcuddur. Peyk informasiyası əsasında yer səthi obyektlərinin öyrənilməsi üçün tətbiq edilən intellektual sinifləndirmə alqoritmlərinə dəstək vektor maşınları və deep learning texnologiyası əsasında çoxspektrli aerokosmik informasiyanın emalı, yüksək məkan ayırdetməsinə malik aerokosmik təsvirlərin burulma metodu əsasında emalı kimi güclü alqoritmlər daxildir.

Bildiyimiz kimi, klasterləşdirmə məsələsinin həlli birqiymətli deyil və birqiymətli ən yaxşı keyfiyyət kriteriyası mövcud olmadığı üçün keyfiyyət kriteriyası yığılma kriteriyasından asılı olur.

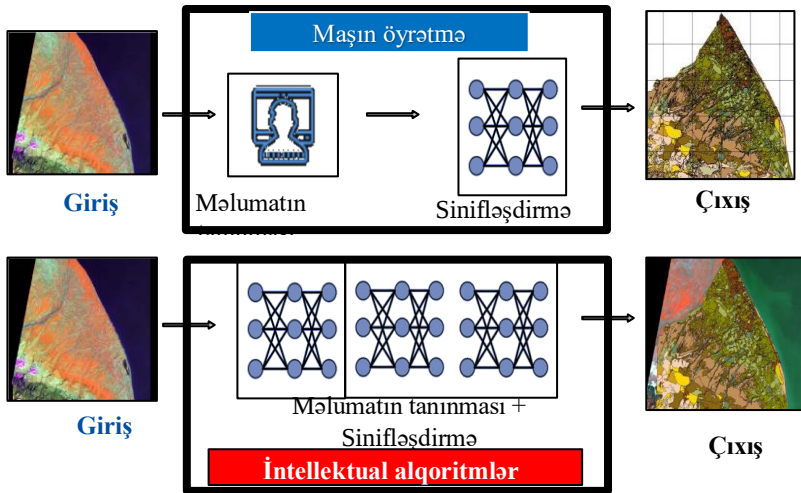
Klassik maşın öyrətmə sistemlərindən fərqli olaraq intellektual alqoritmlərdə informasiyanın tanınması və sinifləşdirilməsi bütün səviyyələrdə və biliklər bazası əsasında aparıldığı üçün keyfiyyət göstəricisi kifayət qədər yüksəlmiş olur (şəkil 3).

Deyilənləri nəzərə alaraq, Azərbaycanın şimal rayonlarının Landsat təsvirini klassik maşın öyrətmə sistemləri və burulma alqoritmə tətbiq edərək emal etmişik.

Emal prosesində aşağıdakı məsələlər həll olunmuşdur:

1. Müasir intellektual alqoritmlər təhlil edilərək, onların çoxspektrli yüksək məkan ayırdetməli təsvirlərin emal olunmasında istifadəsi imkanlı analiz olunmuşdur.
2. Kiçik seçmələr daxilində verilələrin süni şəkildə artırılması alqoritmə işlənilməmişdir.
3. Nəticələrin dəqiqliyini qiymətləndirmək üçün yüksək ayırdetmə qabiliyyətli aerokosmik təsvirlərin fərqli parametrlərinin qiymətləndirilməsi aparılmışdır.

Nəticədə, məqalədə işlənmiş modellər əsasında real-zaman anında intellektual emal prosesinin aparılması imkanları öyrənilmişdir.



Şək. 3. İntellektual alqoritmlər əsasında emal nəticəsi

Ədəbiyyat

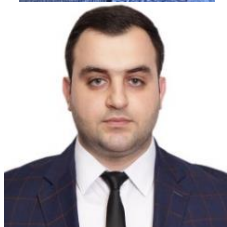
1. Jakhar, D.; Kaur, I. Artificial Intelligence, Machine Learning and Deep Learning: Definitions and Differences. Clin. Exp. Dermatol. 2020, 45, 131–132.
2. Jain A.K., Dubes R.C. Algorithms for Clustering Data. — Englewood Cliffs (NJ): Prentice-Hall, 2018.
3. Cairns B., Carlson B.E., Ying R., Lacis A.A., Oinas V. Atmospheric correction application to an analysis of Hyperion data. Geosci. Remote sensing, Vol.41, (1232-1245)

OPPORTUNITIES AND PROSPECTS FOR THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN AVIATION



Islam Isgandarov

Milli Aviasiya Akademiyası, Bakı
islam.nus@mail.ru



Yunus Karimov

“Silk Way Technics” branch of Silk Way
West Airlines, Bakı
ykarimov@gmail.com

HAVA GƏMİLƏRÜNDƏ SÜNİ İNTELLEKTİN TƏTBİQİ İMKANLARI VƏ PERSPEKTİVLƏRİ

Xülasə. *Süni intellekt (AI) aviasiya sənayesində müsbət təsir yaranan, inkişaf edən bir texnologiya olaraq istifadə olunur, təyyarə əməliyyatları, təhlükəsizlik və texniki xidmətin müxtəlif aspektlərində inqilab edir. Bu məqalə süni intellektin aviasiyada tətbiqi haqqında ümumi məlumat verir və onun sənayeyə təsirini vurğulayır. Süni intellektlə işləyən proqnozlaşdırıcı texniki xidmət sistemləri aviasirkətlərə və hava gəmilərinin sazlığına nəzarət etməyə, texniki problemləri aşkar etməyə və texniki xidmət tədbirlərini aktiv şəkildə qabağcadan planlaşdırmağa imkan verir. Bu yanaşma təyyarələrin nasaz vəziyyətdə qalma vaxtını, texniki xidmət xərclərini azaldır və ümumi aviaparkın etibarlılığını və təhlükəsizliyini artırır. Süni intellekt uçuş əməliyyatları, təhlükəsizlik, texniki xidmət və sərnişin təcrübəsini təkmilləşdirməklə aviasiya sənayesində inqilab etmək potensialına malikdir. Süni intellekt texnologiyalarından istifadə etməklə aviasirkətlər əməliyyatları optimallaşdırır və təhlükəsizliyi artırmış olurlar.*

Açar sözlər: *Süni intellekt (AI), maşın öyrənməsi (ML), aviasiya, texniki xidmət, uçuşun idarə edilməsi, məlumatların təhlili.*

Introduction

Artificial intelligence (AI) in aviation is a most popular topic, since this technology can be used to support air transportation companies in the skies and on the ground. Let's take a look at how AI in aviation is changing the industry and helps to reduce the human workload related to the aircrafts.

First off, all let's review how the Artificial intelligence (AI) can play an increasingly important role in the aviation industry, especially in aircraft systems and operations.

Here are some key areas where AI is being utilized in aircraft:

- **Flight Systems:** Artificial intelligence (AI) is used in flight control systems to enhance autopilot capabilities, improve aircraft stability, and optimize fuel consumption. AI algorithms can analyze real-time data from various sensors and make adjustments to the flight control surfaces, allowing for smoother and more efficient flights.
- **Predictive Maintenance:** Artificial intelligence (AI) algorithms are employed to analyze data from onboard sensors and systems to predict potential maintenance issues. By monitoring the aircraft's health in real-time, AI can help airlines and maintenance crews identify and address maintenance needs before they become critical. This predictive maintenance approach can reduce aircraft downtime and increase operational efficiency.
- **Air Traffic Management:** Artificial intelligence (AI) is employed in air traffic management systems to optimize airspace usage, improve traffic flow, and enhance safety. AI algorithms can analyze data from multiple sources, including radar, satellites, and weather reports, to make real-time decisions on flight routing, separation, and scheduling. This helps reduce congestion, minimize delays, and improve overall airspace management.
- **Cockpit Automation:** Artificial intelligence (AI) is utilized in cockpit automation systems to assist pilots in various tasks, such as flight planning, navigation, and monitoring. AI algorithms can process vast amounts of data and provide pilots with real-time information and alerts, enhancing situational awareness and decision-making. However, it's important to note that pilots remain responsible for flight operations and safety.

It's important to note that while AI offers numerous benefits, safety and reliability remain paramount in aviation. AI systems undergo rigorous testing and certification processes to ensure they meet stringent standards and regulatory requirements. Additionally, human pilots and operators continue to play a crucial role in overseeing and managing AI-powered systems to ensure safe and efficient aircraft operations.

1. Artificial intelligence (AI) for Flight systems.

Flight systems can indeed utilize artificial intelligence (AI) in aircraft. AI technology has made significant advancements in recent years and is being incorporated into various aspects of aviation to enhance safety, efficiency, and decision-making processes.

One area where AI is utilized is in flight control systems. AI algorithms can analyze data from multiple sensors and systems to provide real-time feedback and optimize aircraft control. This technology is particularly beneficial in situations where quick and precise responses are necessary, such as in autopilot systems or during autonomous flight operations.

Artificial intelligence (AI) is increasingly being utilized in flight systems to enhance safety, efficiency, and decision-making processes.

Here are some key applications of AI in flight systems:

- **Autopilot and Autonomous Flight:** AI algorithms are used in autopilot systems to control the aircraft's flight parameters, such as altitude, speed, and heading. These algorithms continuously analyze data from sensors and adjust control surfaces to maintain stable and precise flight. AI is also employed in autonomous flight systems, where it enables the aircraft to make independent decisions and navigate complex environments.
- **Decision Support Systems:** AI-based decision support systems provide pilots with real-time information and recommendations for handling complex situations. By analyzing data from multiple sources, including aircraft systems, weather, and navigation, these systems can offer insights and suggestions to assist pilots in making critical decisions.

2. Artificial intelligence (AI) for Predictive maintenance.

Artificial intelligence (AI) predictive maintenance is a valuable application in aviation that leverages AI algorithms to forecast and prevent potential failures or maintenance issues in aircraft systems. By

analyzing large volumes of data from various sensors, maintenance logs, and historical performance records, AI predictive maintenance systems can identify patterns, detect anomalies, and make accurate predictions about when maintenance or component replacements may be needed.

Here's how AI predictive maintenance works in aviation:

- **Data Collection:** Sensors installed throughout the aircraft continuously gather data on parameters like engine performance, vibrations, temperature, pressure, and more. This data is stored and transmitted for analysis refer to Figure 1.
- **Data Analysis:** AI algorithms analyze the collected data using techniques like machine learning and pattern recognition. These algorithms can identify trends, patterns, and anomalies that may indicate potential failures or degradation in aircraft systems.
- **Fault Detection and Prediction:** Based on the analysis, the AI system can detect early warning signs of potential faults or failures. By comparing the current data with historical records, it can predict the remaining useful life of critical components and estimate when maintenance actions will be required.

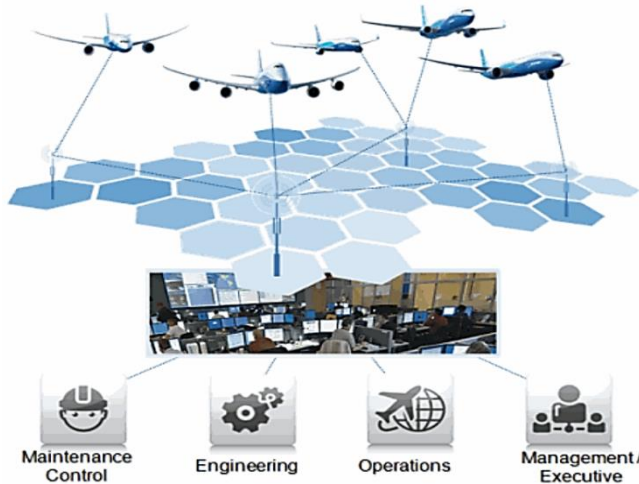


Fig. 1. Artificial intelligence (AI) for Flight systems is a diagnostic maintenance aid designed to assist with determining maintenance needs while an airplane is operating

- **Alert Generation:** Once an anomaly or potential issue is detected, the AI system generates alerts or notifications for maintenance crews or operators, indicating the specific component or system that requires attention.
- These alerts can be prioritized based on severity and impact on safety and operational efficiency refer to Figure 2.
- **Maintenance Planning and Optimization:** AI predictive maintenance systems provide valuable insights to maintenance teams, enabling them to plan and schedule maintenance activities more efficiently.

By identifying potential issues in advance, maintenance actions can be performed proactively, reducing the likelihood of unexpected failures and minimizing aircraft downtime.

The benefits of AI predictive maintenance in aviation include:

- **Increased Aircraft Availability:** By detecting potential failures in advance, proactive maintenance actions can be taken, reducing unscheduled maintenance and maximizing aircraft availability.
- **Enhanced Safety:** Early detection and prevention of potential faults can significantly improve safety by minimizing the risk of in-flight failures or malfunctions.
- **Cost Savings:** Predictive maintenance helps optimize maintenance schedules and reduce unscheduled maintenance, leading to cost savings by avoiding expensive emergency repairs and reducing aircraft downtime.
- **Data-Driven Decision Making:** AI predictive maintenance systems provide valuable data and insights to support decision-making processes related to maintenance planning, spare parts inventory management, and resource allocation.

Overall, AI predictive maintenance systems are a powerful tool in aviation, helping to improve aircraft reliability, safety, and operational efficiency by identifying potential issues in advance and enabling proactive maintenance actions.

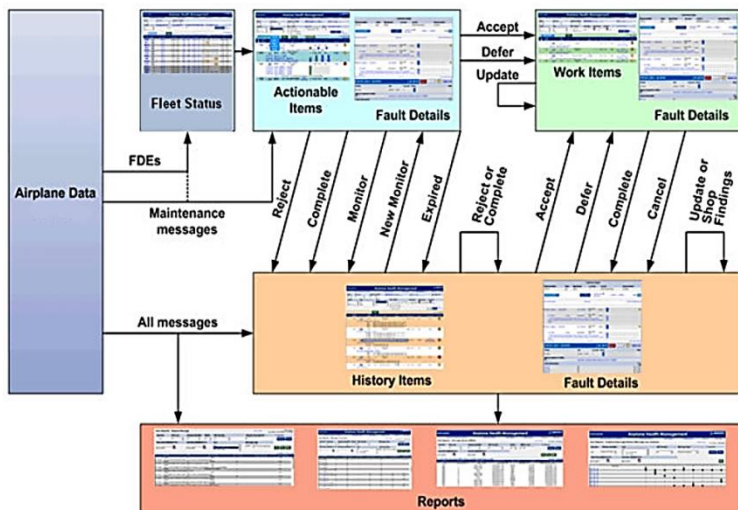


Fig. 2. Artificial intelligence (AI) for Predictive maintenance

3. Artificial intelligence (AI) in aviation: ATM and ATC.

Companies and airports all over the world begin to realize that AI in aviation comes with some significant benefits. As it happens, tasks like flight planning, flow management, and safety assessments can be, at least to some extent, automated since air traffic management (ATM) and control (ATC) were almost exclusively based on human work and experience. [1]

Considering the AI functionality, the scenarios and situations in the sky can be predicted and handled automatically with help of big data and machine learning:

- With available big data, aviation companies can train their ML algorithms to take various variables and data sources into consideration. This way, the intelligent ATM applications can take weather conditions and air traffic into consideration and make appropriate decisions based on these two critical data sources.
- With machine learning, Operators can make their own algorithms more and more effective.

By using AI the ATM and ATC can be automated that will improve predictability and efficiency. These two technologies can be

used to calculate the optimal routes that will allow air transportation companies to save time and fuel.

When AI comes to air traffic control, the main objective is to keep everyone safe. ATC is managed from the control tower, where is ATC specialists guide and communicate with the nearby planes and manage their landing and taking off.

Naturally, this doesn't mean that the ATC work can be fully automated considering traffic on routes as shown in Figure 3.

But at least for now, human experts are still necessary in the control towers. After all, there are some critical elements that need to be taken into consideration:

- Landing sequence
- Individual pilot behavior
- Accidents and failures
- Weather conditions
- Sudden situations (like emergency landings), etc.



Fig. 3. Huge Traffic flow

But, with Machine Learning (ML) on board, the job of ATC specialists can be massively simplified. One of the companies working on such AI-fueled ATC systems is Swedish LFV [2]. They collaborate with IBM to create an ATC system called Advanced Autoplanner.

Currently, they have the first proof-of-concept, which is a model that provides air traffic control instructions in a Swedish en route sector refer to Figure 4.

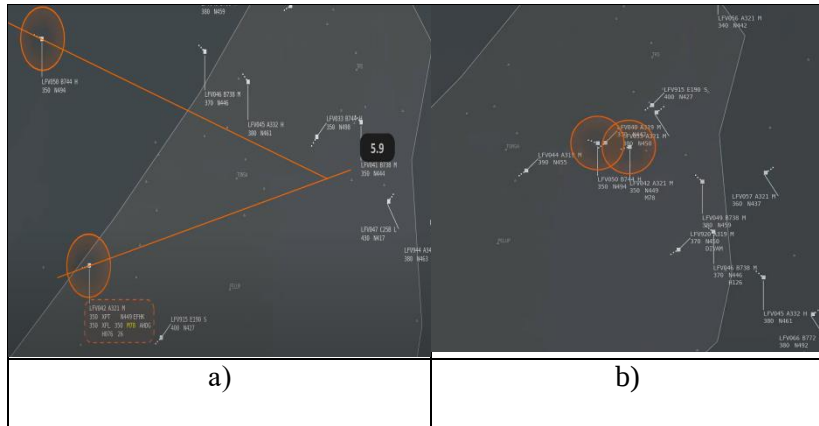


Fig. 4. a) ATM and b) ATC with AI

1. Flight management systems (FMS)

In the near future, every FMS will be based on the intelligent technology. As we know FMS is a specialized computer system that automates a wide variety of in-flight tasks, reducing the workload on the flight. FMS takes care of the navigation, aircraft position and flight plan. It's irreplaceable in modern aircraft, and even light planes are equipped with it. The FMS of the future will work based on various artificial intelligence solutions. The idea is simple—to make the most of available onboard and external data, primarily concerning weather conditions, route efficiency, and air traffic [3].

The simple example of this improvement in the aircrafts is GPS for Google. The map instantly will show you an alternative route that will allow you to bypass it.

A similar solution can be used in modern Flight Management Systems. The real-time info related to weather storms, turbulences, increased air traffic can be used to recalculate the route and direct the aircraft into a different, optimal direction.

2. Artificial intelligence (AI) Roadmap in aviation.

The deployment of learning processes in projects for civil aircraft certification has already started. The EASA received the first project

applications making limited use of AI/ML solutions. Feedback from stakeholders has been integrated in the new timeline [4].

In the deployment of AI solutions, industry players requesting first assistance scenarios, corresponding to Level 1 AI applications. This step is delayed for 2025 year however, it could happen earlier considering the timeline of current applications. Development will consist in the gradual ramp up to more automated solutions (Level 2 AI).

This includes the deployment of progressively more automated solutions to assist the pilot flying in extended minimal crew operations and single-pilot operations in large commercial air transport through the use of virtual co-controllers. This is currently foreseen to happen around 2035; however, this is not a formal target but rather a prediction based on current prognostics from the major aviation stakeholders.

The next steps are advanced automation with human supervision (Level 3A AI) and ultimately without human oversight (Level 3B AI). These steps will likely take place in a progressive way between 2035 and 2050.

The ultimate step towards autonomy (Level 3 AI) is most probably to be shifted even after 2050, considering the current state of the art in AI technologies.

References

1. Community Alternatives to Luton's Flight Path. *Technical and Safety*. URL: <https://calflightpath.org/technical-and-safety/>. Accessed Apr 8, 2021. Eurocontrol. *About us*. URL: <https://www.eurocontrol.int/about-us>. Accessed Apr 8, 2021.
2. LFV. *AI enhanced Air Traffic Control*. URL: <https://www.lfv.se/en/about-us/innovation/ai-enhanced-air-traffic-control>. Accessed Apr 8, 2021.
3. ER-022 — EUROCAE, 'Artificial Intelligence in aeronautical systems: Statement of concern', EUROCAE, 2021.
4. EASA, 'Concept Paper: First usable guidance for Level 1 machine learning applications — Issue 01', European Union Aviation Safety Agency (EASA), Cologne, 2021.

UÇUŞ APARATININ FƏZADAKI VƏZİYYƏTİNİ VƏ KURSUNU TƏYİN ETMƏ SİSTEMİ ÜÇÜN SMART QURĞUNUN STRUKTUR MODELİ



Islam Isgandarov

Milli Aviasiya Akademiyası, Bakı
islam.nus@mail.ru



Hüseyn Baxşiyev

“Silk Way Technics” branch of Silk Way
West Airlines, Bakı
huseyn.baxshiyev@naa.edu.az

STRUCTURE MODEL OF A SMART DEVICE FOR AN AIRCRAFT POSITION AND COURSE DETERMINATION SYSTEM

Abstract. This article covers a technical and general research and analysis of the future outlook for the AHRS of aircraft. Based on the considered improvement methods, research examples are presented that allow us to understand the current state of this field and the possibilities of applying new quantum MEMS sensors, as well as artificial intelligence in the aviation field in solving aircraft navigation problems. In modern aircrafts, the possibility of applying smart sensors that can control operating modes of the sensors, power consumption, depending on the set goals has been studied, and smart navigation sensors and the concept of control have been explained first, and their application for aircraft has been determined. Finally, in the near future, the implementation of autonomous control of aircraft will be determined by the application of artificial intelligence in aviation. A structural model of an intelligent sensor for attitude and heading reference system is proposed, and the ways and perspectives of the autonomous control of the aircraft with the application of artificial intelligence in aviation in the near future are shown.

1. Giriş

İnersial ölçmə qurğusu (IMU) uçuş aparatının fəzadakı vəziyyətini, kursunu, xətti və bucaq sürətini ölçməyə imkan verən ənənəvi inersial naviqasiya sisteminin (INS) alt sistemidir. İnersial naviqasiya sistemləri quruda, dənizdə, havada və kosmosda mürəkkəb əməliyyatlar üçün və mobil inertial naviqasiya sistemləri adlanan smartfonların yerləşdirilməsi və izlənilməsi də daxil olmaqla geniş tətbiqlərdə istifadə olunur. Bununla belə, onlar əsasən taktiki və kosmik missiyalarla yanaşı, təyyarə və gəmilərin naviqasiyası üçün də, istifadə olunur. Naviqasiya parametrlərinin ölçülməsi zamanı temperatur effekti, giroskopik, təcillənmə və maqnit xətalari yarandığı üçün bu qurğular digər naviqasiya texnologiyaları ilə birgə integrasiya olunur.

Mikroelektromexaniki sistemlərin (MEMS) sahəsində əldə edilən nailiyyətlər nəticəsində, indi daha kiçik ölçülü və yüngül inersial naviqasiya sistemlərini yaratmaq və inkişaf etdirmək mümkün olmuşdur [1, 2].

2. Smart sensorları təkmilləşdirmək üsulları.

Smart naviqasiya sensorlarını təkmilləşdirmək üçün bir neçə üsul nəzərdən keçirilə bilər. Bu sensorların göstəricilərini və imkanlarını yaxşılaşdırmağa kömək edə biləcək bəzi əsas üsullar aşağıdakılardır:

- Vericilərin birləşdirilməsi, bir çox vericilərdən verilənlərin integrasiyası ətraf mühitin daha əhatəli və dəqiq öyrənilməsini təmin edə bilər. Miniaturlaşdırma texnologiyalarında irəliləyişlər daha kiçik, daha yüngül və enerjiyə qənaətcil sensorlar yaratmağa imkan verir. Bu yanaşma məlumatların daha səmərəli toplanmasına imkan verir və naviqasiya sisteminin ümumi ölçüsünü və çəkisini azaldır.
- Qabaqcıl siqnalların emalı alqoritmləri siqnalın küy nisbətini yaxşılaşdırır və sensor oxunuş keyfiyyətini artırır. Bundan əlavə, filtrləmə üsulları küyü azaldır və ölçmələrin dəqiqliyini yaxşılaşdıraraq daha etibarlı naviqasiya nəticələrinə gətirib çıxara bilər.
- Etibarlı və ardıcıl ölçmələri təmin etmək üçün sensorların dəqiq kalibrənməsi çox vacibdir. Güclü kalibrəlmə və yoxlama prosedurları sensor məlumatlarının dəqiqliyini və etibarlılığını artırır.

2.1. Maşın öyrənməsi və süni intellekt (ML&AI).

Maşın öyrənməsi və süni intellekt üsullarından istifadə smart naviqasiya sensorlarının imkanlarını artırır. ML və AI alqoritmləri sensor məlumatlarının emalı, sensor birləşməsi, nümunənin tanınması və qərar qəbul etmə proseslərini optimallaşdırmaq üçün istifadə edilə bilər. Bu üsullar sensorlara verilənlərdən öyrənməyə, dəyişən şərtlərə uyğunlaşmağa və zamanla vericilərin işini yaxşılaşdırmağa imkan verir. Sensorların etibarlılığını və effektivliyini təmin etmək üçün ciddi sınaq və yoxlama prosedurları çox vacibdir. Hədəf şərtlərini simulyasiya edən mühitlərdə nəzarət edilən laboratoriya sınaqları və sahə sınaqları potensial məhdudiyyətləri və ya verici problemlərini müəyyən etməyə və həll etməyə kömək edir və təkmilləşdirilməsinə şərait yaradır.

2.2. Yeni kvant MEMS sensorları.

Davamlı tədqiqat və inkişaf yeni sensor texnologiyalarının kəşfinə və tətbiqinə səbəb ola bilər. Məsələn, kvant sensorları, neyromorfik sensorlar və ya bio-ruhlandırılmış sensorlar kimi inkişaf etməkdə olan texnologiyaların tədqiqi naviqasiya məsələlərinin həllində yeni imkanlar yarada bilər.

Kvant sensorları, xüsusən də mikroelektromexaniki sistemlərə (MEMS) və ya nano-ölçülü texnologiyalara əsaslanaraq miniatürləşdirilə bilər və çox aşağı güc tələbatına malikdir. Kvant sensorları ölçmələrdə təkmilləşdirilmiş dəqiqlik, həssaslıq təmin edən və dəqiqliyə nail olmaq üçün kvant mexanikasının prinsiplərindən istifadə edən yeni nəsil sensor texnologiyasını təmsil edir. Mühit enerjisindən birbaşa istifadə etməklə yəni xarici enerji mənbəyinə ehtiyacı aradan qaldırmaqla kvant texnologiyalarının enerji istehlakı məsələsini həll edə bilər [3]. Bu texnologiyalar ənənəvi sensorlarla müqayisədə təkmilləşdirilmiş dəqiqlik, həssaslıq və enerji səmərəliliyi təmin etmək potensialına malikdir.

2.3. UA-larda suni intellektin tətbiqi imkanları.

Airbus A330, A350 Boeing B777, B787 kimi mülki təyyarələri qüsursuz təhlükəsizlik imkanları ilə dünyada inqilab edən möcüzəvi texnologiyalara malik olan hava gəmiləri hesab edilir. Digər Nəqliyyat, istehsalat, maliyyə, biznes sahələrində AI və ya ML geniş tətbiq edilsə də, lakin bu təyyarələrin heç biri UA-nın uçuş kompüterlərində AI və ya ML-dən istifadə etməyib. 1950-ci illərdə reaktiv mühərriklərin istifadəsi, 1980-ci illərdə isə elektron uzaqdan

idarəetmə sistemi (fly-by-wire) tətbiqi son iki əhəmiyyətli təkamül hesab olunur. 2020-ci illərdən başlayaraq isə başqa bir təkamül nəzərdə tutulmuşdur. Kompüterlərin emal gücündə böyük təkmilləşdirmələrlə və süni intellektin imkanlarının (AI) aviasiyada daha çox tətbiq edilməsi ilə avtonom uçuşlara, qabaqlayıcı texniki qulluğun yerinə yetirilməsinə, hava nəqliyyatının idarəedilməsinin optimallaşdırmasına (ATM) nail olunacağı planlaşdırılır. Avropa Aviasiya Təhlükəsizliyi Agentliyinin (EASA) nümayəndəsi bildirir ki, ilkin təklif olaraq EASA 2025-ci ilə qədər süni intellektləri aviasiya üçün sertifikatlaşdırmağı gözləyir. Mülki hava nəqliyyatı sahəsində aşağıda təsvir edilən üç təkamül addımı ilə əlaqəli vaxt qrafiki ola bilər [4,5]:

- İlk addım: ekipaj yardımı (2022-2025)
- İkinci addım: insan/maşın əməkdaşlığı (2025-2030)
- Üçüncü addım: avtonom kommersiya hava nəqliyyatı (2035+)

Süni intellekt təhlükəsizliyi, səmərəliyi və ümumi işi təkmilləşdirməklə aviasiya inqilab etmək potensialına malikdir. Süni intellekt çoxsaylı imkanlar təqdim etsə də, AI-nin aviasiyada tətbiqi diqqətli mülahizə, qaydalara riayət, ciddi sınaq və təhlükəsizlik sertifikatları və s. tələb edir.

3. UA-nın fəzadakı vəziyyətini və kursunu təyin etmə sistemi üçün smart qurğunun strukturu

UA-nın fəzadakı vəziyyətini və kursunu təyin etmə sisteminin (AHRS - Attitude and heading reference system) ənənəvi sensorları, adətən emal edilməmiş sensor məlumatlarını təmin edən mexaniki giroskoplar, akselerometrlər və maqnitometrlər kimi analog sensorlara əsaslanır. Bunun əksinə olaraq, Smart MEMS sensorları daha yüksək dəqiqlik, daha sürətli cavab müddəti və təkmilləşdirilmiş siqnal-küy nisbətləri təklif edən rəqəmsal sensorlardan istifadə edir.

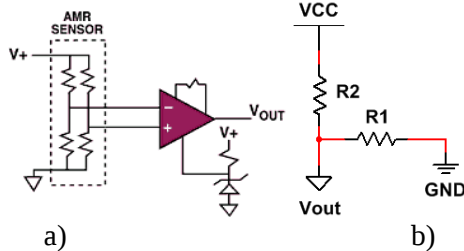
Smart MEMS sensorları məzmununda "ağıllı" termini adətən onların əsas fəzadakı vəziyyətini və kursu təyin etmə ölçüsündən əlavə, təkmilləşdirilmiş imkanlarına və xüsusiyyətlərinə aiddir [6]. Bu sensorlar tez-tez əlavə funksiyaları təmin etmək və ölçmələrin dəqiqliyini, etibarlılığını və universallığını təkmilləşdirmək üçün mikroprosessorlar, rəqəmsal siqnal emalı və qabaqcıl alqoritmlər kimi qabaqcıl texnologiyalardan istifadə edirlər. AHRS sisteminin ənənəvi sensorları ilə intellektual MEMS sensorları arasındakı əsas fərqlər

onların imkanlarında, xüsusiyyətlərində və texnoloji inkişafındadır. Burada bəzi əsas fərqlər var:

Smart MEMS sensorları dəqiq uçuş parametrlərini əldə etmək üçün çoxsaylı sensorlardan (məsələn, akselerometrlər, giroskoplar, AMR maqnitometrlər) məlumatları birləşdirən qabaqcıl sensor birləşmə alqoritmlərindən istifadə edir. Bu birləşmə prosesi fərdi sensor xətarlarını, sürüşməni və küyü kompensasiya etməyə kömək edir, nəticədə daha etibarlı ölçmələr aparılır.

Nümunə kimi AMR maqnit vericisi üçün ferromaqnit R_1 və R_2 metal elementi aşağıdakı ifadələrlə hesablanacaq (şək. 1a- ümumi sxemi 1b- maqnitorezistiv elementin ekvivalent sxemi):

$$R_1 = R_0 - \Delta R \sin^2 \theta \quad \text{və} \quad R_2 = R_0 - \Delta R \cos^2 \theta \quad (1)$$



Şək. 1. AMR maqnit vericisinin elektrik sxemi

(1.1) ifadələrinə nəzərə alaraq materialın müqavimət dəyişməsini hesablamaqla V_{out} çıxış gərginliyini aşağıdakı ifadə ilə göstərmək olar:

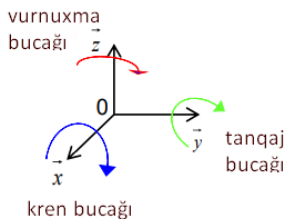
$$V_{out} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{CC} = \frac{R_0 - \Delta R \sin^2 \theta}{2R_0 - \Delta R} V_{CC} = \frac{V_{CC}}{2} + \alpha \cos 2\theta \quad (2)$$

$$\alpha = \frac{\Delta R}{2(2R_0 - \Delta R)} V_{CC} \quad (3)$$

Aşağıdakı riyazi ifadə isə koriliyos qüvvəsinə əsaslanaraq MEMS giroskopu üçün bucaq sürətlərini (vurnuxma, kren, tanqaj) qiymətləndirməyə imkan verir (şək. 2):

$$F_k = 2 m v_x \omega_z \quad (4)$$

Harada ki, $x = x_0 \sin(\omega_0 t)$; $v_x = x_0 \omega_0 \cos(\omega_0 t)$ - xətti sürət; ω_z - bucaq sürəti



Şək. 2. Bucaq sürətləri üçün oxların təyini

Smart MEMS sensorları fəzadakı vəziyyət və kursu təyin etmə dəqiqliyini və etibarlılığını artırmaq üçün Kalman filtri, son illər kiçik UA-larda da öz tətbiqini tapmaqda olan Madjvik filtri və adaptiv filtrləmə kimi qabaqcıl filtrləmə üsullarından istifadə edir. Bu üsullar daha dəqiq və sabit ölçmələri təmin edən sensor küyü və ətraf mühit amillərini nəzərə alır. Ənənəvi sensorlarda çox vaxt belə qabaqcıl filtrləmə üsullarını tətbiq etmək imkanları mümkün olmur.

Smart MEMS sensorları tez-tez Eyler bucaqları, kvantlama və fırlanma matrisləri kimi çoxsaylı çıxış variantları təqdim edərək müxtəlif sistem və tətbiqlərlə integrasiya etmək olur. Onlar həmçinin növbə, sürətlənmə, sürət və mövqe kimi əlavə çıxışlar təmin edə bilər. Müasir AHRS sensorları həmçinin daxili mikroprosessorlar, bort yaddaşı və rabitə interfeysləri kimi əlavə funksiyaları ehtiva edir. Bu xüsusiyyətlər bortda məlumatların işlənməsini, qabaqcıl kalibrləmə prosedurlarını və digər sistemlərlə qüsursuz integrasiyanı təmin edir. Ənənəvi AHRS sensorları funksionallıq baxımından daha sadədir və belə integrasiya edilmə imkanlarından məhrumdur.

AHRS üçün smart MEMS sensorların və süni intellekt strukturunun layihələndirilməsi aktual məsələdir və fəzadakı vəziyyətin və kursun düzgün qiymətləndirməsini təmin etmək üçün müxtəlif komponentləri özündə birləşdirməyi nəzərə almalıdır (şək. 3): 1. sensor məlumatlarının alınması; 2. sensor məlumatının əvvəlcədən işlənməsi; 3. sensorların birləşdirilməsi; 4. sensorun kalibrlənməsi üçün süni intellekt alqoritmləri; 5. anomaliyaların aşkarlanması və nasazlığın diaqnozu və s [7].



Şək. 3. İntellektual naviqasiya və idarəetmə sisteminin strukturu

Sxemdən göründüyü kimi, AHRS sistemini özündə ehtiva edən intellektual naviqasiya və idarəetmə sistemi üçün ilkin naviqasiya məlumatları naviqasiya sensorları: maqnitometr, akselerometr, giroskoplar və GPS modulunun köməyi ilə təmin edilir. UA-nın naviqasiyasının və uçuşunun idarəedilməsinin daha geniş funksionallığını və dəqiqliyini təmin etmək üçün nəzərdə tutulmuş intellektual nəzarət sistemi naviqasiya və uçuşun idarəedilməsi sistemlərindən aldığı məlumatlar əsasında smart nəzarət signalları formalaşdırır. Bu sistem vasitəsilə formalaşdırılan signallar, UA-nın daha səhlih manevr etməsi, mühərrikinin və idarəetmə orqanlarının parametrlərinin daha dəqiq idarəedilməsini təmin edə bilər.

Rəqəmsal intellektual sensorlarla təmin olunmuş AHRS sistemi və digər naviqasiya sistemləri, eyni zamanda, mühərrikin və idarəetmə orqanlarının parametrlərinə nəzarət sistemləri ilə təmin olunmuş idarəetmə sistemləri olduqda, Smart nəzarət sistemi mülki UA-ların uçuşlarının tam avtonomluğunu və pilotsuz idarəolunmasını təmin edə bilər. Sensor məlumatlarının alınması, bu məlumatların ilkin işlənməsi, sensorların integrasiya olunması, sensorun kalibrlənməsi üçün süni intellekt alqoritmlərinin tətbiq olunması və s. bu kimi komponentləri özündə ehtiva edən süni intellekt əsaslı nəzarət sistemi UA-nın uçuşlarına nəzarətin dəqiqliyini, etibarlılığını və effektivliyini xeyli artırmış olar

Nəticə

Kvant texnologiyaları sahəsində tədqiqat və inkişaf davam etdikcə, biz müxtəlif elmi, sənaye və aviasiya sahələrində gələcək nailiyyətləri və tətbiqləri gözləyə bilərik. Qeyd etmək vacibdir ki, kvant sensorlarının UA-nın süni intellekt tətbiqlərinə integrasiyası fəal tədqiqat sahəsidir və praktiki tədqiqatlar hələ aparılır. Kvant sensorları ənənəvi sensorlarla müqayisədə daha yüksək dəqiqlik potensialını təmin edir. Naviqasiya məsələsinin həllində mühit enerjisindən

birbaşa istifadə etməklə yəni xarici enerji mənbəyinə ehtiyacı aradan qaldırmaqla kvant texnologiyalarının enerji istehlakı məsələsini həll edə bilər. Süni intellekt strukturuna AHRS çıxışının, GPS və ya inersial naviqasiya sistemləri kimi naviqasiya sistemləri ilə integrasiyası və süni intellekt strukturuna davamlı öyrənmə və təkmilləşdirmə mexanizmləri daxil edilməlidir. Verilənlərin tarixçəsi süni intellekt modellərini öyrənmək üçün sistem tərəfindən istifadə edilə, təcrübələr əsasında alqoritmlərini uyğunlaşdırma və yeniləyə bilər. Bu davamlı öyrənmə prosesi süni intellekt strukturuna öz işini yaxşılaşdırmağa və müxtəlif şəraitlərə uyğunlaşmağa imkan verəcək. İntellektual sensorlarla təmin olunmuş AHRS sistemi və digər naviqasiya sistemləri, eyni zamanda, mühərrikin və idarəetmə orqanlarının parametrlərinə nəzarət sistemləri ilə təmin olunmuş idarəetmə sistemləri olduqda, Smart nəzarət sistemi mülki UA-ların uçuşlarının tam avtonomluğunu və pilotsuz idarəolunmasını təmin edə bilər.

Ədəbiyyat

1. MEMS IMU for AHRS applications, W. Geiger; J. Bartholomeyczik; U. Breng; W. Gutmann; M. Hafen; E. Handrich; M. Huber; A. Jackle; U. Kempfer; H. Kopmann, J. Kunz, P. Leinfelder, R. Ohmberger, U. Probst, M. Ruf, G. Spahlinger, A. Rasch, J. Straub-Kalthoff, M. Stroda, K. Stumpf, C. Weber, M. Zimmermann, S. Zimmermann, June 2008.
2. İ.Ə. İsgəndərov, H.E. Baxşiyev. The application of MEMS technology to determine an aircraft orientation. Сб. Мат. меж. конф. студ. и мол. уч., АГА КР, Алмаата, 2021, с.359-364.
3. Sunlight-Driven Quantum Magnetometry, Yunbin Zhu, Yijin Xie, Ke Jing, Ziyun Yu, Huiyao Yu, Wenzhe Zhang, Xi Qin, Chang-Kui Duan, Xing Rong, and Jiangfeng Du PRX Energy 1, 033002 – Published 17 October 2022
4. EASA Artificial Intelligence Roadmap 1.0, February 2020.
5. EASA Artificial Intelligence Roadmap 2.0, May 2023.
6. <https://in.element14.com/smart-sensors-overview-and-latest-technology>

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ПЕРСПЕКТИВНЫХ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ



Виктора Моисеев

*Казанского государственного
технического университета им.
А.Н.Туполева, г.Казань, Россия
em131@yandex.ru*



Илья Матвеев

*ОАО «Опытное конструкторское бюро
«Сокол»», г.Казань, Россия
martie@mail.ru*

THE INTELLIGENT SYSTEMS OF MODERN UN- MANNED AERIAL COMPLEXES

Abstract. This article is about the structure of intelligent systems of modern unmanned aerial complexes, which include unmanned aerial vehicle (UAV).

There is a description of basic problems of designing such systems and progress trends of their development. The intelligent systems creation objective and the composition of unmanned aerial complex functional components are described.

As an example of intelligent system there is a definition of prospective intelligent control and navigating system of modern UAV.

В настоящее время беспилотные летательные аппараты (БЛА) самолетной и вертолетной схем [1] разрабатываются и производятся в 32 странах мира. Число образцов таких БЛА составляет порядка 250 моделей, которые предназначены в основном для решения в рамках соответствующих беспилотных авиационных комплексов (БАК) разведывательных задач [2].

Анализ состояния и перспектив развития БАК позволил выделить следующие основные тенденции:

- применение в соответствующих операциях крупных группировок БЛА [3];

- совместное групповое применение БЛА и пилотируемых ЛА [2];
- расширение функций перспективных БЛА [2];
- увеличение числа БЛА, обслуживаемых в режиме «online» операторами БАК с наземных и воздушных пунктов управления;
- активное использование против БАК средств радиоэлектронного подавления [4].

Учет этих тенденций требует новых подходов к решению вопросов эффективного применения БЛА.

Одним из современных инструментов решения этих вопросов является применение в составе перспективных БАК интеллектуальных систем различного назначения.

Целью доклада является постановка и обсуждение направлений решения проблемы создания и применения таких систем в отмеченной выше активно развивающейся области авиационной науки и техники.

Актуальность проблемы определяется тем, что известные работы в области создания и применения авиационных средств искусственного интеллекта [5,6 и др.] в основном ориентированы на автоматизацию функций экипажа ЛА в условиях сложной психофизиологической обстановки и дефицита времени на принятие соответствующих решений и абсолютно не учитывают специфику применения БЛА, особенно в рамках отмеченных выше тенденций.

Как и при решении любой сложной научно-технической проблемы, обозначенная проблема должна решаться с привлечением системного подхода.

Следуя этому подходу, в составе интеллектуальной системы (ИС) перспективного БАК предлагается выделить два взаимосвязанных компонента, представленных на рис. 1.

Взаимодействие этих частей осуществляется с помощью командной радиолинии (КРЛ) БАК [2].

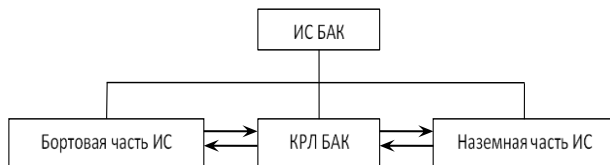


Рис. 1

Аппаратно-программные средства бортовой части ИС БАК должны быть включены в состав комплекса бортового оборудования (КБО) БЛА и активно взаимодействовать с его системами в процессе выполнения соответствующего полетного задания. При этом предполагается соответствующие элементы и подсистемы этой части использовать как «надстройки» над существующими элементами КБО БЛА. Такой подход обеспечивает последовательное внедрение элементов ИИ в КБО БЛА путем замещения его «жестко» определенных функций «мягкими» интеллектуальными функциями. На рис. 2 в качестве примера предлагаемого подхода приведено взаимодействие системы автоматического управления полетом БЛА с перспективной интеллектуальной системой навигации и управления (ИСНУ) [7].

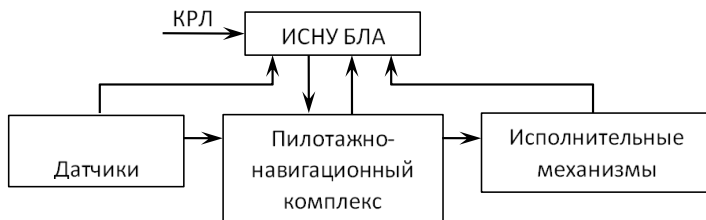


Рис. 2

Предлагаемая система включает в себя следующие подсистемы: «Полет», «Целевое задание», «Живучесть», «Взаимодействие».

Подсистема «Полет» является главной функциональной подсистемой ИСНУ БЛА, обеспечивающей выполнение им полетного задания. Помимо основных, одной из задач этой

подсистемы является управление БЛА при наступлении непредусмотренных в программе полета событий.

Эту задачу предлагается решать программным обеспечением (ПО) подсистемы на основе реализованных в его составе математических методов и алгоритмов управления БЛА, а также формализованных в базе знаний (БЗ) подсистемы приемов и методов вывода БЛА из «критических» режимов полета. Последние отражают знания, навыки и умения опытных летчиков-испытателей по пилотированию ЛА в «критических» ситуациях. Эти приемы и методы могут быть получены путем проведения предварительных экспериментов на компьютерном тренажере БЛА с имитацией «критических» ситуаций, в котором ИСНУ БЛА заменена средствами ручного управления полетом.

Подсистема «Целевое задание». Основным назначением подсистемы является обеспечение максимально возможного уровня выполнения поставленных перед БЛА целевых задач в неопределенных условиях проведения конкретной операции. Подсистема «Целевое задание» для ИСНУ боевого БЛА решает задачи разведки/доразведки целей, отраженных в полетном задании, принятия решений по применению видов АСП, предписанных полетным заданием, анализ результатов применения АСП по выявленным целям, доуничтожение целей при выявленной недостаточной степени их поражения.

Решение представленных задач предлагается осуществлять в основном с помощью специальных процедур, работающих с БЗ этой подсистемы. В этой базе должны быть размещены формализованные знания, навыки и умения опытных операторов-дешифровщиков результатов работы целевого оборудования разведки, военных летчиков по применению АСП в различных боевых условиях.

Подсистема «Живучесть» предназначена для оценки возможности выполнения БЛА полетного задания в текущий момент времени. В ее составе должны быть реализованы следующие основные задачи сбора и обработки информации:

- 1) определение фактического и прогнозируемого числа отказавших и близких к отказам бортовых систем и агрегатов БЛА;
- 2) определение числа и характера повреждений конструкции БЛА, полученных в ходе выполнения операции.

Первая задача решается на основе информации, поступающей от датчиков технического состояния, встроенных в системы и агрегаты БЛА. Прогнозирование возможных отказов может осуществляться путем построения трендов значений их контролируемых параметров и расчета моментов времени их вывода за пределы соответствующих допусков.

Для решения второй задачи конструкция БЛА (фюзеляж, крылья, органы управления и т.п.) должны быть оснащены «сетью» расположенных на ней тензометрических датчиков, выходные данные с которых позволяли бы с помощью специальных алгоритмов определять число и размеры механических повреждений элементов конструкции БЛА.

В подсистеме «Живучесть» должны быть использованы ЭС или алгоритм на основе нечеткой нейросети, позволяющие на основании результатов решения вышеприведенных задач формальным образом принимать решение о возможности или невозможности выполнения полетного задания в каждый текущий момент времени.

Подсистема «Взаимодействие» предназначена для определения местоположения БЛА относительно других ЛА группировки в каждый текущий момент времени выполнения целевого задания. Другой важной функцией подсистемы является прием от подсистемы «Целевое задание» характеристик последнего задания и передача его через управляющую подсистему ИСНУ БЛА ближайшим ЛА группировки.

Принятие решений о фактах попадания ЛА и БЛА в зону опасного сближения осуществляется с помощью алгоритма на основании с результатами работы нечеткой нейросети, оперирующей данными целевой аппаратуры (оптикоэлектронные и акустические средства, РЛС, АЗН и др).

В докладе обсуждаются взаимодействия элементов бортовой части ИС БАК с такими важнейшими компонентами КБО БЛА как управление целевой нагрузкой, командной и информационной радиолиниями БАК, а также системой автоматического взлета и посадки БЛА.

Наземная часть ИС БАК выступает как средство повышения эффективности деятельности персонала БАК, входящего в состав наземного пункта управления (НПУ) БЛА.

На рис. 3 для типового состава такого пункта приведена перспективная структура наземной части ИС БАК.

Эта часть реализуется в среде аппаратно-программных средств НПУ БЛА в форме, аналогичной существующим программно реализованным «помощникам летчику» [5,6 и др.].



Рис. 3

При этом предлагается использовать двухуровневую систему принятия решений, где на первом уровне решение принимает «помощник», и после его контроля окончательное решение принимает человек (второй уровень).

В заключении доклада обсуждаются следующие основные направления решения проблемы создания и применения ИС БАК:

- формирование полной совокупности задач, решаемых системой;
- выбор средств описания предметной области решения этих задач;
- оптимальное распределение функций между бортовой и наземной частями ИС БАК;
- архитектура аппаратных средств бортовой части ИС БАК;
- взаимодействие системы с персоналом БАК и технологии его работы в среде ИС БАК;
- обеспечение информационной безопасности ИС БАК при инсайдерских атаках и воздействиях «радиовирусов» [4].

Используемая литература

1. Моисеев В.С., Гущина Д.С., Моисеев Г.В. Основы теории создания и применения информационных беспилотных авиационных комплексов. Казань: Изд-во МОиН РТ, 2010. 196 с.
2. Беспилотные летательные аппараты. Основы устройства и функционирования. / Под ред. И.С. Голубева и И.К. Туркина. М.Изд-во МАИ: 2008. 656 с.
3. Моисеев В.С., Гущина Д.С., Шафигуллин Р.Р. Мобильная распределенная интегрированная информационная система управления группировками беспилотных летательных аппаратов. Сборник докладов международной научно-практической конференции. Т. II. Казань: изд-во «Вертолет», 2010, С.535-543.
4. Викулов О.В., Добыкин В.Д., Дрогагин В.В. и др. Современное состояние и перспективы развития авиационных средств радиоэлектронной борьбы. //Зарубежная радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроники. 1998, № 12. С.3-16.
5. Кулабухов В.С. Принципы организации взаимодействий экипажа с системами интеллектуальной поддержки в телеоцентрических эргатических системах управления полетом. // Авиакосмическое приборостроение, 2008, №5. С.35-42.
6. Осипов Г.С., Тихомиров И.А., Хачумов В.М., Яковлев К.С. Интеллектуальные системы управления автономными транспортными средствами: стандарты, проекты, реализация. // Авиакосмическое приборостроение, 2009, № 6. С.34-43.
7. Моисеев В.С., Матвеев И.В. Структура и функции перспективной интеллектуальной системы навигации и управления беспилотного летательного аппарата. Кибернетика и высокие технологии XXI века. Материалы XII международной научно-технической конференции. Том 2. Воронеж: Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2011. С. 622-631.

MACHINE-LEARNING-BASED AUTOMATED TESTING SYSTEM FOR RADIO ELECTRONIC DEVICES



Aygun Zeynalova

National Aviation Academy, Baku
aygunzeynalova@naa.edu.az



Rafail Ibrahimov

National Aviation Academy, Baku
ribrahimov@naa.edu.az

RADIOELEKTRON CİHAZLAR ÜÇÜN MAŞIN DİLİ ƏSASLI AVTOMATİK DİAQNOSTİKA SİSTEMİ

Xülasə. Təqdim olunmuş məqalənin məzmunu radioelektron qurğuların diaqnostikasının mövcud üsullarının, xüsusən də struktur qüsurlarının müəyyən edilməsində yaranan problemlərə yönəldilmişdir. Bir məhsulun geniş çeşiddə istehsalatı zamanı yaranan qüsurların aradan qaldırılmasını müəyyən etməyə yönəlmiş diaqnostika sisteminin inkişafı praktiki əhəmiyyət kəsb edən aktual vəzifə hesab olunur. Bu problemi həll etmək üçün müasir informasiya texnologiyalarından, o cümlədən maşın öyrənmə alqoritmlərindən istifadə etmək təklif olunur.

Radio electronic devices have become ubiquitous in modern society, and their quality and reliability are crucial to the proper functioning of communication systems. However, testing radio electronic devices can be a complex and time-consuming process, requiring specialized expertise and equipment. To address these challenges, this thesis proposes a universal machine-learning-based automated testing system for radio electronic devices.

The system comprises of a testing framework that uses machine learning algorithms to analyze the data collected from various radio electronic devices. The system is designed to be versatile and can be customized to test different types of radio electronic devices, including

mobile phones, wireless routers, and other communication equipment [1].

The proposed testing system also employs artificial intelligence techniques, such as machine learning, to automatically detect and diagnose faults and failures in the devices being tested. The system can detect and isolate faults quickly, improving the accuracy and efficiency of the testing process.

The proposed testing system has been evaluated using real-world radio electronic devices, and the results show that it can effectively test the devices' functionality and reliability. The system's ability to adapt to different types of radio electronic devices makes it a universal solution for testing these devices.

Machine learning techniques can be used for the diagnostics of radio electronics systems. In this context, machine learning algorithms can learn to identify patterns in the data generated by the radio electronics system to detect and diagnose faults and failures.

Figure 1 illustrates the electronic product lifecycle. The process starts with the product design team designing a product. The design is validated through a validation and verification testing process. This validation testing process can take weeks or months. Depending on the product, it can take a year before the first batch of prototypes is ready for the manufacturing test. The next step is to perform design for manufacturing (DFM) so that the product can be manufactured. DFM process includes sourcing components, build printed circuit board (PCB) and manufacture printed circuit board assembly (PCBA), procure material and build product casing or housing, etc.

Once the product is manufactured, design for testability is carried out to capture requirements to test the product and identification of tools required for testing. The final stage is testing where the product is tested for functionality as well as manufacturing-related faults [2].

In the electronic product testing stage, a test site is established and a range of activities are conducted as illustrated in Figure 1. It should be noted that every new product necessitates the design and implementation of a new test site, and the activities listed in stage 6 need to be repeated. The process of setting up a test site usually takes a few weeks to months to finalize. However, the development of test sites is not the focus of this study.

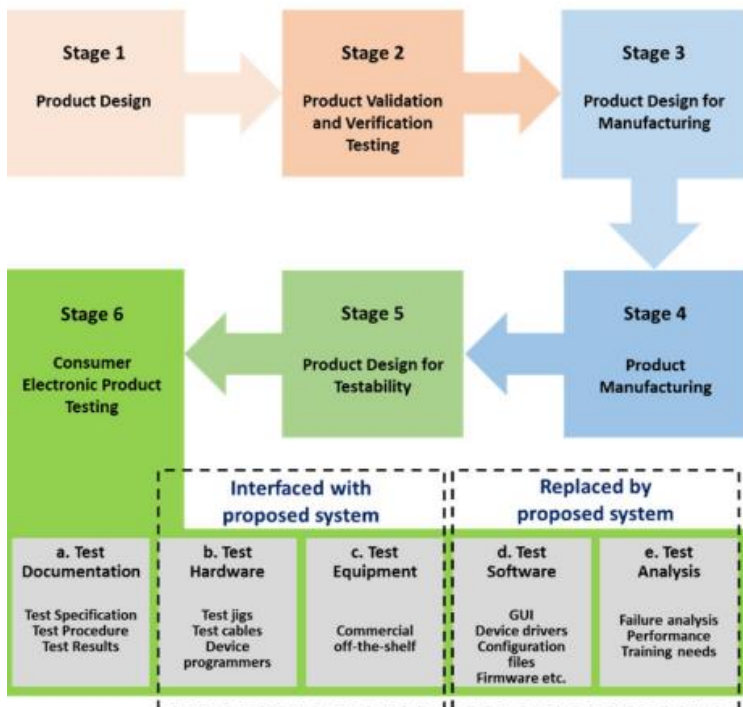


Fig. 1. Consumer electronic manufacturing product lifecycle

Here are some ways machine learning can be used for diagnostics of radio electronics systems:

1. **Fault Detection:** Machine learning algorithms can be used to analyze data from radio electronic systems to detect faults or anomalies. The algorithms can learn to identify patterns in the data that indicate a potential fault in the system. This can help to diagnose faults before they cause significant damage or system failure.

2. **Predictive Maintenance:** Machine learning can also be used to predict when a radio electronics system will require maintenance or repairs. By analyzing data from the system, machine learning algorithms can identify patterns and trends that indicate a potential failure. This information can be used to schedule maintenance and repairs before a major failure occurs, reducing downtime and increasing the reliability of the system.

3. Root Cause Analysis: When a fault occurs in a radio electronics system, machine learning algorithms can help identify the root cause of the fault. By analyzing data from the system, the algorithms can identify patterns that indicate the underlying cause of the fault. This information can be used to address the root cause and prevent future faults from occurring.

4. Performance Optimization: Machine learning algorithms can also be used to optimize the performance of radio electronics systems. By analyzing data from the system, the algorithms can identify areas where performance can be improved. This information can be used to optimize system parameters and improve the overall performance of the system [3].

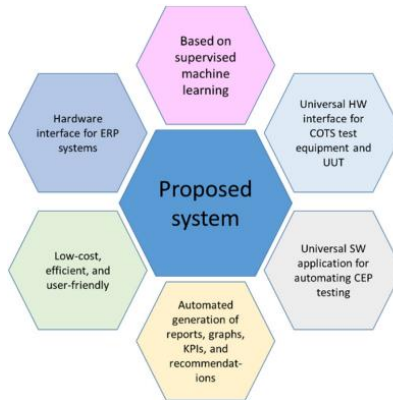


Fig. 2. Novel features of the proposed system

Machine Learning Techniques The use of machine learning is increasing in various industries. In this section, different approaches and applications of machine learning are reviewed. In, authors used Python to develop a machine-learning algorithm using the Scikit Learn module. The authors highlighted limitations in the performance of machine-learning techniques in. The use of historical data for detecting deviation from normal performance is mentioned in along with the limitations of existing machine-learning algorithms and tools. The machine-learning algorithms are reviewed in with the focus on quality control and how production lines can be analyzed and benefited from

machine-learning techniques. Finally, various machine-learning algorithms are compared in.

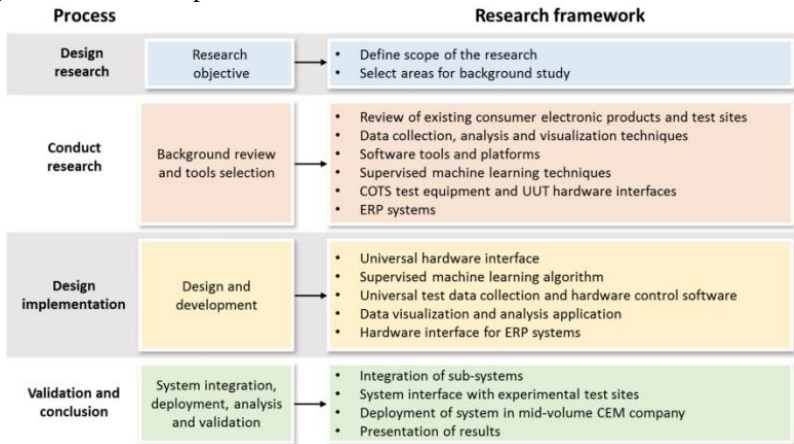


Fig. 3. Research methodology

The proposed system is divided into three subsystems namely (1) hardware interface, (2) software application, and (3) enterprise resource planning (ERP) interface are discussed here. Figure 4 shows the top-level block diagram of the proposed system. The figure illustrates the flow of data through a universal hardware interface and machine-learning-based software application.

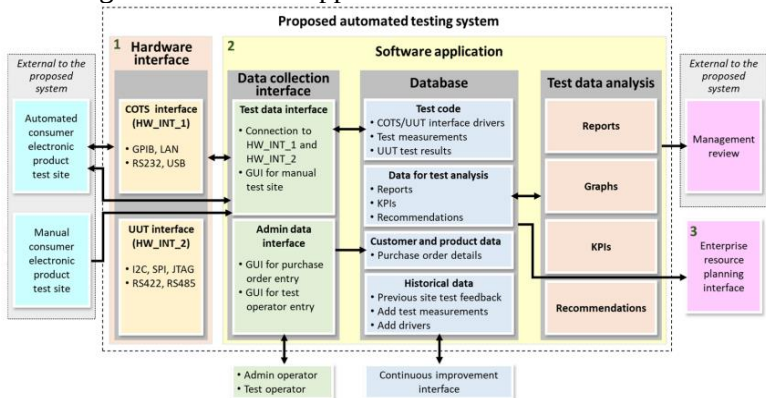


Fig. 4. Proposed automated testing system block diagram

A complete solution is provided in this paper for electronic product testing that includes a universal hardware interface and a software application based on machine-learning. The proposed system provides connecting commercial off-the-shelf (COTS) test equipment control, test data collection, storage, analysis, indicates key performance indicators (KPI), and automatically generates recommendations. The automated system can be deployed as a standalone system as well as an alternative to ERP systems in the test departments of the electronic manufacturing industry. Additionally, the proposed system can be used to connect any electronic product test site through a combination of universal hardware and machine-learning-based software subsystems. This approach saves cost and time as no additional hardware interface design and test software development is required for each product. Moreover, the system is user-friendly, flexible and requires less training before implementation.

References

1. Stark, J. Product Lifecycle Management; Springer Science and Business Media LLC.: Cham, Switzerland, 2016; pp. 1–35. [CrossRef]
2. Brusa, E.; Cala, A.; Ferretto, D. System Verification and Validation (V&V). *Emerg. Trends Sliding Mode Control* 2017, 134, 289–325. [CrossRef]
3. Ungar, L.Y. Design for Testability (DFT) to Overcome Functional Board Test Complexities in Manufacturing Test. In *Proceedings of the IPC APEX 2017*, San Diego, CA, USA, 14–16 February 2017
4. Ungar, L.Y. Design for Testability (DFT) to Overcome Functional Board Test Complexities in Manufacturing Test. In *Proceedings of the IPC APEX 2017*, San Diego, CA, USA, 14–16 February 2017

MULTI-ATTRIBUTED DECISION MAKING TO MITIGATE OF DIFFERENCES IN EXPERT ASSESSMENTS IN AI



Yashar Hacıyev

ASOIU

yasharhm@gmail.com

SÜNI INTELLEKTDƏ EKSPERTİZ QIYMƏTLƏRİNDƏ FƏRQLİKLƏRİ AZALTMAQ ÜÇÜN MULTİ-ATRİBUTLU QƏRAR CIXARTMA

Xülasə. Tədqiq olunan problem bir çox atributlu qrup qərarlarının qəbulu problemi şəklində təqdim olunan biznes kəşfiyyatı üçün proqram təminatının seçilməsi ilə bağlıdır. Proqram xüsusiyyətlərini və seçimini qiymətləndirmək üçün müxtəlif təcrübə və biliyə malik ekspertlər qrupu cəlb olunur. Əsas problem verilmiş proqram alternativləri dəstindən optimal seçimi müəyyən etmək üçün ekspertlərin müxtəlif baxışlarını bir araya gətirməkdir. Bu məqsədə çatmaq üçün sadə aşqarların çəkisi metodunun modifikasiyası təklif olunur.

Sadə aşqarların çəkisinə klassik yanaşmadan fərqli olaraq, yeni faydalı funksiya həm də ekspert baxışlarının vacibliyini nəzərə alır. Qrup üzvlərinin üç fərqli bilik və təcrübə səviyyəsi nəzərə alınır.

Açar sözlər: ekspert rəylərinin dəyərləri, əlavə çəki metodu, ekspertlər panelinin qiymətləndirilməsi, çox atributlu qrup qərarlarının qəbulu

1. Introduction

Remarkable advances have taken place in the field of the 4th Industrial Revolution in recent years, largely due to the widespread use of artificial intelligence (AI), which has come to play a crucial role in various industries and services, from manufacturing and logistics to healthcare and beyond.

Today, the use of AI can be recognized as the driving force behind innovation in all types of human activity, including the field of business intelligence. New business challenges require using AI as business intelligence tools to optimize and improve productivity,

product quality and customer service. In this regard, choosing the most appropriate **business software analytics (BIS)** is an important issue.

AI combines many functions, the performance of which, before, was inherent only to people.

Among these functions, the decision-making function is the most responsible. An erroneous decision is fraught with great damage and losses. To minimize such risks associated with the development of erroneous decisions, a panel of authoritative experts from this and related fields are involved in making responsible decisions on the most complex issues.

Options for specific, recommended solutions are evaluated by each expert separately, and then summarized for each option. The collegial decision stays at the variant with the highest total score.

The mechanism of collegial decision-making described above can be an integral component in the functional composition of AI.

Algorithmic and then software representation of such a mechanism should be able, considering of variety of indicators to evaluate the critical parameters and compare the strengths and weaknesses of the proposed alternative solutions, to process and analyze corporate data to support business process management, optimize and improve productivity, quality products and customer services.

In this regard, the correct selection of a relevant business software analytics model that will comply with the established evaluation criteria is especially important. In order to achieve accurate and reliable operational efficiency, performance and security, the most recommended [1, 2, 3] optimal choice is made through a Multi-Attribute Group Decision Making (MCDM) process by a group of experts. The main challenge is to arrive at the optimal alternative by combining the different points of view of all experts on the evaluation criteria, together with differences in the knowledge and experience of the experts. Differences in the importance of experts are taken into account by introducing weighted coefficients for each of the experts.

2. Relevance of the Problem

Increasing competition between business structures makes the choice of effective methods of balanced and objective decision-making on a wide range of issues [4] especially relevant for business development in various segments of economy.

The process of selection such a method is quite complicated, since this method, must be able, based on an arbitrary number of criteria, to rank possible decision-making alternative choices.

In fact, what is required is a numerical method for ranking the available alternatives [5], rank of which are evaluated against a series of recommended criteria. In the chosen method, for quantitatively based decision making, alternative ranking algorithms based on multi-criteria optimization [6] can be realized.

Obviously, in order to conduct an objective assessment of the proposed alternative options, it is necessary to involve many diverse specialists with different levels of professional competence. To make the selection process more objective, a group of experts with different competencies should be involved.

There are two approaches [7] to decision-making - compensatory and non-compensatory.

A compensatory decision strategy is based on a set of appropriate decision attributes, assigning weights to express the importance of the attributes, and calculating the total points for each alternative variant, leading to well grounded decisions. Various methods based on the absence of compensation decisions facilitate the decision-making process using some heuristic approaches.

Compensatory strategies in decision making can serve as foundation for developing of a utility function to algorithms based on the theory of multi-attribute utility. Major Efforts in Multi-Attribute Decision Methods (MADM) are aimed at constructing a utility function for estimating alternative variants in consistence with criteria [8] of performance. In most cases, the several experts are incorporated in the process of evaluation of alternative variants. For such cases this utility function needs to be modified to account the inputs from each member of decision makers group.

Thus, this approach makes it possible to turn the work of “business program analytics” into the process of correctly recording and integrating the assessments of invited experts into a single group solution based on specific established attributes.

To solve such problems with a few specific criteria, a number of applications with popular and well-known spreadsheets [9] are already widely used. The problem at the core of research lies in the need for improved control strategies to overcome

3. Comprehensive peer review of alternative variants by a group of experts with different levels of competence.

The essence of the issue here is the ability to take into account the difference between the individual experience of experts from the group, and ensuring the proportionality of the contribution of their assessments to the final group decision.

3.1. Simple weighing of additives

Good efficiency was demonstrated by one of the well-known methods of multifunctional decision making, which consists in assigning to each alternative a separate sum of values of evaluation criteria and weighted coefficients of importance of the corresponding criterion.

SAW is the oldest and well-known method for multi-feature decision making (Hwang & Yoon, 1981).

In the SAW method, for each alternative variant, an individual estimated score is calculated, which is the sum of a group consisting of pairs of factors. In each pair, the coefficient of relative importance of one criterion and the assessment of the significance of this alternative for the same criterion are multiplied. So, every alternative variant will have own overall score.

Overall scores for each of the alternative variant, A_i is calculated as (Triantaphyllou, 2000):

$$V_i = \sum_{j=1}^N \delta_j \beta_{ij} \quad \text{for } i = 1, 2, 3 \dots L \quad (1)$$

where i — number of alternative variants; j — number of criterions; δ_j — coefficients for relative importance of particular criterion; β_{ij} — estimation of the weight of the significance of j -criterion for i -alternative variant. So, it is quite obvious that for each i -alternative variant the sum of the importance coefficients for all criteria will be equal to one.

$$\sum_{j=1}^N \delta_j = 1, \quad L - \text{total number of variants}$$

To unify the procedure for evaluating options, it is necessary that the values of the criteria be expressed in homogeneous units of measurement.

If this is not achievable, it is necessary to normalize and transform the above equation (1) in the following way:

$$V_i = \max \sum_{j=1}^N \delta_j (\beta_{ij})_{norm} \text{ for } i = 1, 2, 3 \dots L \quad (2)$$

The normalized value $(\beta_{ij})_{norm}$ can be defined in two ways, depending on whether the attribute's utility is being maximized or minimized (Geldermann & Schobel, 2011). To maximize the criteria, the normalization is:

$$(\beta_{ij})_{norm} = \frac{\beta_{ij}}{\beta_{ijmax}}, (\beta_{ij})_{norm} = \frac{\beta_{ijmax} - \beta_{ij}}{\beta_{ijmax} - \beta_{ijmin}}; \quad (3)$$

To minimize the criteria, the normalization is:

$$(\beta_{ij})_{norm} = \frac{\beta_{ijmin}}{\beta_{ij}}, (\beta_{ij})_{norm} = \frac{\beta_{ij} - \beta_{ijmin}}{\beta_{ijmax} - \beta_{ijmin}}; \quad (4)$$

Thus, the structured approach described above for conducting assessments to select an alternative variant can be compiled to the following decision matrix. (Rao, 2013):

Table 1. Decision making matrix

Alternative Variant	Evaluation Criteria (Cr), & coefficients (δ) of their significance			
	$Cr_1 - \delta_1$	$Cr_2 - \delta_2$	... ..	$Cr_n - \delta_n$
V_1	v_{11}	v_{12}	...	v_{1n}
V_2	...	...	...	...
V_3	...	v_{32}	...	...
...	...	...	...	...
V_L	v_{L1}	...	...	v_{Ln}

In this decision matrix, L is the number of alternatives, N is the number of evaluation criteria (attributes), δ_n is the weighted coefficient for the n -th criterion, v_{Ln} is the evaluation score for the L -th alternative with respect to the n -th criterion.

3.2. Modified simple additive weighting method to involve multiple experts. (MSAW)

The above observation concerned the participation of one expert in the evaluation of alternatives. However, in most cases, to make a more objective selection, several experts with distinct levels of competence and different areas of specialization are involved. Unlike widely accepted applications of SAW, MSAW takes into account the existence of different weights of experts' points of view due to differences in their expert knowledge and practice. This is considered by introducing weighted coefficients for each expert.

The final score for each alternative variant is the sum of the scores given by the individual experts in accordance with the established criteria. Thus, total assessment by several experts of a particular alternative variant, according to the above categories, can be mathematically represented in the form of the following expression.

$$V^n = \sum_{z=1}^Z H^z \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^N (\delta_j (v_{ji})_{norm})^z \quad (5)$$

The difference of equation (5) from (1) is that the first expression determines the summation of the results of the evaluation of options obtained separately from each expert.

$$\sum_{z=1}^Z H^z = 1 \quad (6)$$

Another component defines a constraint on the coefficients for relative importance of particular criterion (δ_j) which is determined by the expression:

$$\sum_{j=1}^N \delta_j = 1 \quad (7)$$

where H^z express weighted coefficients for expert knowledge of group members, Z - number

of experts ($z = 1, \dots, Z$), i - index of alternatives ($i = 1, \dots, L$), j - index of evaluation criteria

($j = 1, \dots, N$), δ_j - coefficient of relative importance of the j -th criterion, representing the

$$\sum_{j=1}^N \delta_j v_{ji} = 1$$

effectiveness of alternatives from the point of view of the z -th expert.

Thus, the process of evaluating alternative options with the participation of several experts with different competence coefficients, and by using of a number of evaluation criteria, mathematically described by formulas (5 ÷ 7), can be summarized in the Table 2.

Table 2

Involved Experts (Z) & their expertise competence (h)	Alternative Variant	Evaluation Criteria (Cr), & coefficients (δ) of their significance				
		$Cr_1 - \delta_1$	$Cr_2 - \delta_2$	.....	$Cr_n - \delta_n$	
z^1 (h ¹)	V ₁	V_{11}^1	V_{12}^1	..	V_{1n}^1	$\sum^1_1$
	V ₂	.....	.....	.....	.....	$\sum^1_2$
	V ₃	.....	V_{32}^1$	.....	.....	\sum^1_3$
						
	V _L	.....	.....	.....	V_{Ln}^1	$\sum^1_L$
						
z^Z (h ^Z)	V ₁	V_{11}^Z	V_{12}^Z	...	V_{1n}^Z	$\sum^Z_1$
	V ₂	V_{12}^Z	...	...	...	$\sum^Z_2$
	V ₃	...	V_{32}^Z	...	...	$\sum^Z_3$
		...	...	...	...	
	V _L	...	...	...	V_{Ln}^Z	$\sum^Z_4$

The Table 2 might be conditionally divided into several horizontal parts. In each part, evaluation parameters are given that concern only one individual expert.

As a result, summing up the individual assessments of all experts regarding each alternative. Based on the resulting totals, it is possible

to give a decision on the selection of the recommended option that has gained the maximum amount.

In the above decision matrix, i - ($i = 1, \dots, L$) is the number of alternative variants, j - ($j = 1, \dots, N$) is the number of evaluation criteria, w_n^k - weighted coefficient for the n -th criterion, determined by the z -th expert, v_{in}^k is the score for the m -th alternative in n -th criterion according to the opinion of z -th expert.

The use of formulas (5) - (7) allows us to determine the optimal alternative, taking into account not only the estimates of alternatives (v_{in}^k) according to the criteria and their relative importance (H), but also taking into account the weighted coefficients of expert knowledge of group members (H^z). The weighted coefficients used to assess the competence H^z of group members can be determined by high-level managers or another authorized person.

Conclusions

The article describes a modified approach to simplified additive weighting.

A characteristic feature of such a modification is the use of weighted coefficients that reflect differences in the estimates of the weight of group members. To implement this task, a new interpretation of the utility function has been developed and an additional restriction on the relative coefficients of experts' competence has been established.

In this way, this feature provides a more reasoned and rational approach to identifying the best alternative by using group decision making techniques on a number of specific applications. This method provides for structuring data for other types of tasks, according to the following five main components: 1) evaluation criteria, 2) coefficients of the importance of criteria, 3) a set of alternatives, 4) a group of experts and 5) weighted

coefficients for expert competencies of panel members. Thus, such data make it possible to identify the most adequate alternative, taking into account the assessments of various experts.

Future Developments The proposed approach can be integrated using other methods based on the theory of demand with a number of attributes, taking into account the possibilities of applying different levels of competence and experience of experts in the process of developing a group assessment.

References

1. Geldermann, J., & Schobel, A. (2011). On the similarities of some multi-criteria decision analysis methods. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 18, 219–230.
2. Mulliner, E., Malys, N., Maliene, V. (2016). Comparative analysis of MCDM methods for the assessment of sustainable housing affordability. *Omega*, 59, 146–156.
3. Hwang, C., L., Yoon, K. (1981). *Multiple attribute decision making: Methods and applications: a state-of-the-art survey*. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, Springer-Verlag.
4. Sureeyatanapas, P., Sriwattananusart, K., Niyamosoth, Th., Sessomboon, W., Arunyanart, (2018). Supplier selection towards uncertain and unavailable information: An extension of TOPSIS method. *Operations Research Perspectives*, 5, 69–79.
5. Mustakerov, I., Borissova, D. (2013). A combinatorial optimization ranking algorithm for reasonable decision making. *Comptes rendus de l'Academie bulgare des Sciences*, 66(1), 101–110.
6. Borissova, D., Mustakerov, I. (2012). An integrated framework of designing a decision support system for engineering predictive maintenance. *International Journal Information Technologies & Knowledge*, 6(4), 366–376.
7. Lee, L., Anderson, R. (2009). A comparison of compensatory and non-compensatory decision making strategies in IT project portfolio management. *International Research Workshop on IT Project Management 2009*. Retrieved from <http://aisel.aisnet.org/ir-witpm2009/9>.
8. Mulliner, E., Malys, N., Maliene, V. (2016). Comparative analysis of MCDM methods for the assessment of sustainable housing affordability. *Omega*, 59, 146–156.
9. Perzina, R., Ramik, J. (2014). Microsoft Excel as a tool for solving multicriteria decision problems. *Procedia Computer Science*, 35, 1455–1463.

BÖLMƏ 2. AVIAKOSMİK MONİTORİNG PROBLEMLƏRİN HƏLLİNDƏ SÜNİ İNTELLEKT TEKNOLOGİYARI

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ АУТОНОМИЗАЦИИ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ



Юрий Прокопчук

*Институт технической механики НАН
Украины,
itk3@ukr.net*

PROBLEM QUESTIONS OF AUTONOMIZATION OF AEROSPACE TECHNOLOGIES

Abstract. *The ambitious short-term and long-term goals set down by the various national space agencies call for radical advances in several of the main space engineering areas, the design of intelligent space agents certainly being one of them. In recent years, this has led to an increasing interest in artificial intelligence by the entire aerospace community. However, in the current state of the art, several open issues and showstoppers can be identified. In this report, we review applications of artificial intelligence in the field of space engineering and space technology and identify open research questions and challenges. The main emphasis is on the development of the "mathematics of autonomy" as well as the "thinking swarm. Research in the field of cognitive technical systems focuses on the development of machines and robots / drones that are able to perceive their environment autonomously and to interact with it like a living being. The author develops a paradigm of limiting generalizations for a comprehensive solution of information problems of autonomization. A sketch of the mathematical model of Wholeness is presented.*

Keywords: *Autonomous systems, thinking swarm, cognitive technical systems, cognitive computing, paradigm of limiting generalization, Wholeness.*

Новая технологическая платформа. Успех в выполнении амбициозных задач в области аэронавтики и космических миссий требует решения сложных технических задач, основанных на проверенных способностях, а также разработке новых возможностей. Эти новые возможности возникают в результате разработки новых передовых технологий (key crosscutting technologies). Одними из ключевых сквозных технологий определяющих развитие аэрокосмических технологий будущего являются интеллектуальные информационные технологии, искусственный интеллект, когнитивные технологии, включая создание автономных и робототехнических систем [1-10]. Одним из перспективных интегрирующих направлений является разработка «когнитивных технических систем» аэрокосмического направления. Особую актуальность данная проблематика приобрела в связи с новым этапом в освоении луны, в частности, с международным проектом «Лунная деревня» (Moon Village), в реализации которого активное участие принимает и Украина. Исследования в области когнитивных технических систем (Cognitive Technical Systems – CTS) направлены на разработку «думающих машин» (Thinking Machines: Building Machines that Learn and Think Like People), «мыслящих роев» спутников-агентов, ИИ-ассистентов и роботов, которые способны автономно воспринимать окружающую среду и взаимодействовать с ней, как живое существо [3,5,9]. Для CTS необходимо быстро и качественно обрабатывать большие объемы данных, выявлять сложные связи и зависимости, а по алгоритмам, близким к человеческому мышлению, вырабатывать варианты решений, чтобы специалисты могли быстро сделать выбор нужных действий. Эта область исследований включает в себя, в частности, такие области: ИИ, кибер-физические системы, платформы SenseMaking, технологию цифровых двойников, когнитивные операционные системы, VR/AR, Метаверс, инженерии нейроморфных систем, космическую робототехнику, ML, компьютерное зрение, HMI, когнитивное моделирование и т.д.

Дорожные карты технологий НАСА как пример инструментов эффективного технологического планирования. Перспективные кандидаты на новые технологии, которые помогут НАСА в выполнении его необычных задач, указаны в

дорожных картах НАСА 2015 года (15 направлений). В 2020 году была разработана уточненная таксономия технологий (17 направлений: Taxonomy Areas – TX) [2]. Дорожные карты являются основополагающим элементом Стратегического плана инвестиций в технологии (Strategic Technology Investment Plan - STIP), в котором излагается стратегия разработки технологий, необходимых для выполнения миссии НАСА и достижения национальных целей. STIP определяет приоритетность технологических кандидатов в дорожных картах и обеспечивает руководящие принципы для инвестиций в технологии. На приоритизацию технологий НАСА сильно влияют рекомендации Национального исследовательского совета (National Research Council). Среди всех TX выделим те, которые имеют непосредственное отношение к теме «интеллектуальные/когнитивные технические системы» космического назначения: TX02: Flight Computing and Avionics; TX04: Robotic Systems; TX06: Human Health, Life Support, and Habitation Systems; TX08: Sensors and Instruments; TX10: Autonomous Systems: This new area covers technologies that (in the context of robotics, spacecraft, or aircraft) enable the system to operate in a dynamic environment independent of external control; TX11: Software, Modeling, Simulation, and Information Processing; TX17: Guidance, Navigation, and Control. Предварительный вывод состоит в том, что «NASA Technology Taxonomy» может быть использована для таксономии национальных исследовательских и образовательных проектов. В плане автономии особый интерес представляет TX10, в частности, «Платформа НАСА для автономных систем» (NASA Platform for Autonomous Systems – NPAS) [2]. Главной целью NPAS является обеспечение возможности многократного внедрения распределенных иерархических автономных операций – фундаментальных возможностей для поддержки целей Программ Gateway и Artemis. Программное обеспечение NPAS культивируется как изменение парадигмы в способе разработки программного обеспечения НАСА для автономной эксплуатации, что обеспечит экономически выгодную, всестороннюю, «мыслящую» и эволюционную автономию для будущих космических и наземных систем.

Основной материал. Благодаря тому, что для сложных интеллектуальных систем любого масштаба можно применять

биоинспирированный подход [5,10], аэрокосмические smart-среды можно рассматривать как «живые когнитивные системы», к которым применяются, в частности, подходы «автономные симбиотические системы» и «когнитивные технические системы» [8,9].

Автором предлагается новая методология построения когнитивной операционной системы (COS CTS) автономной аэрокосмической системы, которая основана на парадигме предельных обобщений (LGP) [5,7,8]. Методология включает машину анализа и интеграции данных, имитирующую природные механизмы восприятия, мышления, интуиции и понимания (осведомленности). Основой COS является «искусственный коннектом – когнитом – интерактом» CTS, который обеспечивает тотальный аудит и прогноз информационных потоков, а также полную диверсификацию инструментов решения задач. Основная задача COS CTS – обеспечить максимальную гибкость, скорость реакции и живучесть (отказоустойчивость, антихрупкость) в условиях ограниченных ресурсов и радикальной неопределенности (когда неизвестны статистические закономерности) [9]. Предложена методология формирования перспективных распределенных систем управления и диагностики для CTS аэрокосмического назначения на основе реконфигурируемой и самонастраивающейся COS [7,8]. Такой подход позволяет решать сложные задачи в режиме реального времени и в сотрудничестве с людьми.

Важнейшим аспектом является мгновенная передача знаний всем агентам. Другими словами, имея систему, успешно решающую задачу различения образов, нет никакой необходимости заново обучать ее при подключении к каждому новому устройству – она может работать предельно долго как единый для всех агентов сервис. На этом важном аспекте базируются «Платформы автономных систем» (пример – IBM Watson IoT: Smart Fleet Management System Using IoT, Computer Vision, Cloud Computing and Machine Learning Technologies). Одновременно с идеей тиражирования знаний-навыков бессмысленно создавать универсальный решатель задач, когда современные технологии позволяют строить сети (рои) из множества согласованно взаимодействующих маленьких специализированных решателей или

программных агентов (Diversity's Logic: The Diversity-Ability Trade-Off). Предложены «Reference Scenarios for Self-aware Computing» (например [5,10]: конфигураторы тестов для когнитивных сенсоров, которые обеспечивают целостность и операциональную замкнутость информационной среды; механизм «континуум задач различения» вместе со стохастическим «креативным перемешивающим слоем», как основы осведомленности). Разработана концептуальная модель "Thinking swarm of cognitive agents" для применения в аэрокосмических технологиях. Разработан набросок математической теории Целостности – Wholeness (Bio-Inspired Holonic Approach [5,10]; LGP serves as a methodological foundation for constructing bio-holonic control systems).

Проблемные вопросы автономизации. Амбициозные краткосрочные и долгосрочные цели, поставленные различными национальными космическими агентствами, требуют радикального прогресса в нескольких основных областях космической инженерии и создание интеллектуальных аэрокосмических агентов, безусловно, является одной из них. В последние годы это привело к росту интереса к искусственному интеллекту со стороны всего аэрокосмического сообщества. Однако при текущем состоянии дел можно выделить несколько нерешенных вопросов и препятствий, а именно (Smart-Everything Paradigm):

- Foundations of trusted autonomy; Distributed artificial intelligence, enhanced situation self-awareness, and decision support for spacecraft system design;
- Creation of unified platforms for autonomous systems (example: "NASA Platform for Autonomous Systems");
- Development of "intellectual mathematics" or "mathematics of autonomy" (The 'Global Brain' and the new foundations of mathematics); Study of the global structure of a dynamical system based on a multiscale phase space; Stochastic Fault-tolerant Control: a fault-tolerant control scheme for sensory faults based on LGP; Combining planning with self-organization; Bio-Inspired Holonic Approach;
- Instant decision making: Decisions based on gist; Modeling cognitive diversity in group problem solving; Rapid scene understanding; Mechanisms of saccadic decision making, "Creative Stirring / Mixing Layer", Weak control hierarchies;

- Implementing Human-like Intuition Mechanism in Artificial Intelligence; Cognitive mechanisms involved in the control of complex systems;
- "Thinking Swarm", Autonomous Symbiotic Systems, Cognitive Technical Systems; Socio-Cyber-Physical Systems (Cognitive Architecture for Cyber-Physical Systems); Conscious / Smart machines; AGI; Autonomous Transport Systems;
- The concept of "Cognitive Technical Systems" as a methodological basis for ensuring fault tolerance, disaster tolerance and anti-fragility;
- Bio-holonic approach to the creation of naturally reliable and safe transportation systems ("Smart Fleet"; Wholeness or living structure: unfolding processes or wholeness-extending processes; A Topological Representation for Space as a Coherent Whole; Dynamic architectures: Self-Configuration, Self-Optimizing Control, Reactivity, Adaptability, Cooperation, Openness, Autonomy);
- Automated situational awareness; Self-aware computing systems: contextually aware intelligent control agents for heterogeneous swarms; Visualization and collision risk assessment of real ships / UxVs in a mixed reality environment; Physical-virtual synchronization in the vehicular Metaverse;
- Shepherd-assisted swarm collective decision making; Shepherd-ing UxVs for human-swarm teaming;
- Smart Assisted Living Systems, Smart Station Framework, Ambient Intelligence: Semantic Model of Ambient Systems (An Analysis of an Autonomous Smart Station/House as an Organism; Villages / Cities as living organisms; Smart Islands).

Проблемные вопросы основываются на предпосылке, что ключом к управлению сложностью в процессе проектирования, реализации и эксплуатации аэрокосмических smart-сред является сочетание автономии и сотрудничества: индивидуальная автономия использует гибкость и подвижность людей и когнитивных агентов/роботов/дронов; между тем сотрудничество приносит синергию, поэтому усилия каждого умножаются наиболее эффективным для гибридной группы способом (концепции виртуального спутника, «мыслящего роя» дронов, обволакивающего

интеллекта на космических станциях и в «лунной / марсианской деревне»).

Выводы. Переход к автономным системам – это устойчивый технологический тренд в XXI веке, затрагивающий и аэрокосмическую отрасль (задачи исследования дальнего космоса и планет). Актуальным является выделение общих методологических проблем для разных сфер (морской, автомобильной, аэрокосмической, логистической/сервисной – «летающее/ плавающее такси», индустриальной) и перенос решений из одной сферы в другую. Одной из наиболее трудных проблем является развитие «математики автономии», так как автономная система – это, прежде всего, когнитивная техническая система. Следовательно, на первый план выходят вопросы познания, быстрых (интуитивных) решений (прототип экстренных вычислений в критических ситуациях), гибкости, адаптивности, живучести, критичности, экономии всех видов ресурсов в условиях радикальной неопределенности и высокой динамики среды. Решающее значение приобретают коллективные распределенные вычисления (коллективный интеллект, когнитивный Интернет) с когнитивным ядром, который может быть частью Центра оперативного контроля экстренных ситуаций / катастроф (морских, аэрокосмических, автомобильных, индустриальных и т.д.). Все большую актуальность приобретают Симбиотические Автономные Системы, включая ассистивные технологии в аэрокосмических приложениях. Считается, что именно сочетание когнитивного и симбиотического подходов позволит справиться с все возрастающей сложностью управления, в том числе, автономными системами. Фундаментальные взаимодействующие компоненты, лежащие в основе сложности, сложного коллективного мышления, демонстрируют возможность использования ИИ для создания по настоящему автономных аэрокосмических приложений.

Литература

1. Girimonte D., Izzo D. (2007). Artificial Intelligence for Space Applications. In: Schuster A.J. (eds) Intelligent Computing Everywhere. Springer, London. https://doi.org/10.1007/978-1-84628-943-9_12

2. 2020 NASA Technology Taxonomy. <https://www.nasa.gov/offices/oct/taxonomy/index.html>
3. Gao Y. (2016). Contemporary planetary robotics: An approach toward autonomous systems. Wiley-VCH. - 432 p.
4. Burguillo J.C. (2018). Self-organizing Coalitions for Managing Complexity. Springer Nature.
5. Прокопчук Ю.А. (2022). Интуиция: опыт формального исследования. Днепр: Изд-во ГВУЗ «ПГАСА». 724 с.
6. Алпатов А.П., Прокопчук Ю.А., Сарычев А.П., Хорошилов С.В. (2015). Системный анализ и управление сложными системами в условиях неопределенности.
7. Prokopchuk Yu., Beletskiy A., Ponomareva E. (2017). Recon-figurable diagnostic model of spacecraft control complex // Proceedings of the 6th International Conference “Space Technologies: Present and Future” (23 – 26 May, 2017, Dnepr, Ukraine). – Dnepr: Yuzhnoye SDO. P. 143.
8. Prokopchuk Y., Ryzhkov I., Savonik O., Samoilov S. (2019). Cognitive technical systems – a strategic resource of programs for the colonization of planets // Proceedings of the 7th International Conference “Space Technologies: Present and Future” (21 – 24 May, 2019, Dnipro, Ukraine). – Dnipro: Yuzhnoye SDO. P. 193.
9. Прокопчук Ю.А. (2020). Вопросы интеллектуализации космических технологий: проблематика создания когнитивных технических систем. Материалы XV научных чтений «Днепровская орбита – 2020». Днепр: НЦАОМ.
10. Prokopchuk Y., Nosov P., Zinchenko S., Ben A. (2023). Bio-holonic approach to the creation of naturally reliable and safe transportation systems.

ANİZOTROP GÜNƏŞ KÜLƏYİNDƏ ZƏRRƏCİKLƏRİN SÜRƏTLƏNMƏ MEXANİZMLƏRİNİN TƏDQIQI



Mirnamik Bəşirov

*Bakı Dövlət Universiteti, Bakı
mbashirov@bsu.edu.az*

STUDY OF THE MECHANISMS OF PARTICLES ACCELERATION IN THE ANISOTROPIC SOLAR WIND

Abstract. *The ambitious short-term and long-term goals set down by the various national space agencies call for radical advances in several of the main space engineering areas, the design of intelligent space agents certainly being one of them. In recent years, this has led to an increasing interest in artificial intelligence by the entire aerospace community. However, in the current state of the art, several open issues and showstoppers can be identified. In this report, we review applications of artificial intelligence in the field of space engineering and space technology and identify open research questions and challenges. The main emphasis is on the development of the "mathematics of autonomy" as well as the "thinking swarm. Research in the field of cognitive technical systems focuses on the development of machines and robots / drones that are able to perceive their environment autonomously and to interact with it like a living being. The author develops a paradigm of limiting generalizations for a comprehensive solution of information problems of autonomization. A sketch of the mathematical model of Wholeness is presented.*

Keywords: *Autonomous systems, thinking swarm, cognitive technical systems, cognitive computing, paradigm of limiting generalization, Wholeness.*

Astrofizikada aktual məsələlərə günəşin və digər ulduzların periodik dəyişən güclü maqnit sahəsini necə yaratması, bu prosesin obyektlərdə fərqli və oxşar cəhətlərinin olması, tacın temperaturunun daha böyük olması və digər məsələlər daxildir [1]. Yerə günəş külə-

yinin təsiri kosmik plazmanın və günəş küləyinin tədqiqini aktual edir: geomaqnit qasırğaların yaranması, Günəş küləyi plazması intensivliyindən asılı olaraq nəzarət cihazlarına, yerüstü komplekslərə, uçuş aparatlarına və idarəetmə sistemlərinə, məsafədən idarəetmə sistemlərinə, radiotexnika, radionaviqasiya, radiolokasiya və televiziya sistemlərinə və qurğularına, naviqasiya və havada hərəkətin idarə olunmasına, mikro və nanoelektronik cihazlara təsirsiz ötüşür. 2018-ci ilin 12 avqustunda buraxılmış “Parker” zondunu Günəşi və günəş küləyinin strukturu və maqnit sahəsinin dinamikasının öyrənilməsinə, günəş tacı tərəfindən şüalanan və sürətlənən günəş küləyinin enerji səviyyələrinin tapılmasına, günəş ətrafı plazmanın təqdidini üçün zərrəciklərin sürətlənmə mexanizminin və onların günəş küləyi ilə qarşılıqlı təsirin tədqiqinə yönəlmişdir [2].

Günəş küləyi plazmasında olan elektron və protonlara kompton effektini tətbiq edərək zərrəciklərin sürətlənməsi prosesini bu mənada izah etmək mümkündür: günəş küləyi plazmasında elektronların enerjisi 2 Mev, protonların enerjisi 10 Mev və bəzi böyük tərtibdədir. Alışmalardan asılı olaraq bu və ya digər zərrəciyin enerjisi dəyişə bilər. Foton şüalanmasının enerjisindən asılı olaraq Kompton və tərs kompton proseslərini anizotrop günəş küləyinə tətbiq etmək olar. Tərs kompton effektində relyativist zərrəcikdən səpilən fotonun enerjisi artır, növbəti protonlarla baş verən kompton effekt nəticəsində protonun sürətlənməsi baş verir. Beləliklə elektronların enerjisinin protonlara ötürülməsi prosesini müəyyən mənada əsaslandırmaq mümkün olur. Bunu nəzərə almaqla elektronların enerjilərinin daha böyük qiymətlərində bu prosesdə fotonların enerjisi daha artır. Kosmik obyektlərin elektron şüalandırdığı hallarda, spektr xətlərinin yayınması müşahidə olunmalıdır və olunur [3]. Enerjinin ötürülməsində maqnitqravitasiya dalğaları və onların hibrit qarışıqlarını nəzərə almaq lazımdır [4].

Günəş küləyi dinamik, fiziki parametrləri: sıxlığı, sürəti, maqnit induksiyası və s. Geniş diapozonda, zamana və məkanla görə dəyişir. Bu dəyişmələrin mövcudluğu Parkerin ilkin olaraq təsəvvür etdiyi kimi stasionar bircins plazmanın axını olmayıb tacın genişlənməsinin çox mürəkkəb proses olduğunu göstərmişdir [5].

Zamana görə xarakterik ölçülər saniyənin hissələrindən başlamış (plazma dalğaları, “küy”), on saatlar və sutkalıq (günəş tacının qeyri-bircinsliyi və strukturunun geniş ölçüdə dəyişməsi ilə bağlı variasiya)

davam edir. İlk olaraq toqquşmasız plazmada maye dinamikasına baxılmış, maqnit hidrodinamik yaxınlaşma aparılmış, sonradan istilik təsirləri nəzərə alınmaqla məsələlərə baxılmışdır. Günəşdən radial və stasionar axın izotrop MHD tənliklərlə baxılmışdır. İstilik axınları nəzərə alınmadan məsələlərə baxılması doğru həllərin verəcəyini təsdiqləməmişdir [5].

Baza tənliklər: Məsələyə sferik koordinatlarda stasionar hal üçün baxılır. Plazmanın radial yayılması maqnit sahə induksiyası üçün $B_\phi = 0$ və $V_\phi = 0$, parametrlər radial məsafədən asılılığı götürülür. $B = B_r$, $h_r = 1$, $h_\phi = 0$, [6] -də verilən tənliklərin həlli,

$$r^2 B = C_1, r^2 \rho V = C_2, \quad (1)$$

$$\left(1 \frac{V^2}{2} + \frac{1}{\rho} \left(P_\perp + \frac{3}{2} P_\parallel\right) + \frac{1}{\rho V} \left(S_\perp + \frac{1}{2} S_\parallel\right) - \frac{GM}{r}\right) = \frac{C_5}{C_2} \quad (2)$$

$$r^4 (p_\perp V + S_\perp) = C_1 C_6 \quad (3)$$

sabitlərini əvəz edək. $u_1^2 = p_\parallel / \rho$ və $u_\perp^2 = p_\perp / \rho$ termal sürətlərdir. Vahidsiz kəmiyyətlərə keçsək

$$3r^3 \frac{dX(x)}{dx} + \frac{f_1(x)}{f(x)} = 0, \quad 6r^3 \frac{dY(x)}{dx} + \frac{f_2(x)}{f(x)} = 0, \quad 6x^3 X(x) \frac{dZ(x)}{dx} + \frac{f_3(x)}{f(x)A(x)} = 0 \quad (4)$$

Burada

$$x = \frac{r}{R}, X = X(x) = \frac{V^2}{v_0^2}, Y = Y(x) = \frac{u_\parallel^2}{v_0^2}, \quad Z = Z(x) = x^2 \frac{u_\perp^2}{v_0^2},$$

$$\bar{C}_5 = \frac{C_5}{C_2 v_0^2}, \bar{C}_6 = \frac{C_1 C_6}{C_2 R v_0^2}, \quad \bar{g} = \frac{GM_0}{R v_0^2}$$

$$A(x) = \frac{Y(x)}{X(x)} - 1, B(x) = \frac{3}{4} (K_1(x) - 3X(x)), K_1(x) = \frac{4}{3} \left(\bar{C}_5 + \frac{\bar{g}}{x} - \frac{\bar{C}_6}{x^2} \right)$$

$$D(x) = 2Z(x) - xg, E(x) = 2\bar{C}_6 - xg \quad (5)$$

$$f(x) = \frac{A(x)}{2} (A(x) - 4) + \frac{4B(x)}{3X(x)}; f_1(x) = 3A(x)D(x) + 2E(x) \quad (6)$$

$$f_2(x) = A(x)f_1(x) - 6D(x)f(x) \\ f_3(x) = f_1(x)(D(x) - E(x)) - 12f(x)Z(x)^2 \quad (7)$$

Alınan (4) tənliklər sistemi ədədi üsullarla proqramlaşdırılmış X , Y və Z parametrlərinin radial asılılıqları sinqulyar nöqtə ətrafında ($x=1$, $X=Y$, $A=1$) araşdırılmışdır. Müəyyən olunmuşdur ki, tənlik bir yox bir neçə sinqulyar nöqtəyə malikdir. Bu nöqtələr yaxınlığında X parametrlərinin qiymətləri kəskin artır. Digər hallarda X , Y , Z parametrlərinin qarşılıqlı çox kiçik halları üçün məsələlər baxılmış, xüsusi həllər alınmışdır [7]. Məsələyə düzbucaqlı koordinat sistemin-

də baxılmış, tənliklər sisteminin müəyyən həllər çoxluğu alınmışdır. Alınan həllər günəş küləyi parametrlərinin radial asılılığının tam öyrənilməsi üçün əhəmiyyətlidir. Günəş küləyi plazması intensivliyindən asılı olaraq nəzarət cihazlarına, yerüstü komplekslərə, uçuş aparatlarına və idarəetmə sistemlərinə, məsafədən idarəetmə sistemlərinə, radio-texnika, radionaviqasiya, radiolokasiya və televiziya sistemlərinə və qurğularına, naviqasiya və havada hərəkətin idarə olunmasına, mikro və nanoelektronik cihazlara təsirsiz ötüşür. Bu baxımdan Günəş küləyinin öyrənilməsi, parametrlərinin zamana, məkana görə dəyişməsinin tədqiqi hazırkı dövrdə məqsədəuyğundur.

Ədəbiyyat

1. http://www.astronet.ru/db/msg/1210261?text_comp=gloss_graph.msn
2. Solar Wind Temperature Isotropy P. H. Yoon, J. Seough, C. S. Salem, and K. G. Klein Phys. Rev. Lett. 123, 145101
<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.123.145101>
3. В.С.Бескин Квантовая механика и астрофизика Московский физико-технический институт, Москва, 2013
4. М.С.Бутузова, А.Б.Пушкарёв, Е. С. Шабловинская, С. В. Назаров Обратное комптоновское рассеяние излучения центрального источника как возможный механизм образования рентгеновского излучения килопарсековых джетов квазаров с доминирующими ядрами ©2020 г. Астрономический журнал, 2020, том 97, № 11, с. 895–91 DOI: 10.31857/S000462992011002X)
5. E.N. Parker., Dynamics of the Interplanetary Gas and Magnetic Fields, Astrophys. J., Vol.128, No.11, 1958, pp. 664-676.
6. M.M. Bashirov, N.S. Dzhililov Some particular solutions of the magnetodynamic transport equations for one-fluid plasma anisotropic solar wind International Conference Modern Trends in Physics.
7. M.M. Bashirov On particular solutions of MHD equations for a single fluid collisionless plasma of anisotropic solar wind Astro-nomical Journal of Azerbaijan.

COMPARATIVE STUDY OF MACHINE LEARNING ALGORITHMS FOR CROP MAPPING USING MULTISPECTRAL SATELLITE IMAGERY



Sona Quliyeva

Space Agency of the Republic of Azerbaijan
(Azercosmos), Baku.
guliyeva.s.h@gmail.com

MULTISPEKTRAL PEYK TƏSVİRLƏRİ ƏSASINDA KƏND TƏSƏRRÜFATI BİTKİTLƏRİNİN XƏRİTƏLƏŞDİRİLMƏSİ ÜÇÜN MAŞIN ÖYRƏNMƏ ALQORİTMLƏRİNİN MÜQAYİSƏLİ TƏDQIQI

Xülasə. Məqalədə təlim verilənlərin mövcudluğunun vacib-liyini və peyk təsvirlərinin təsnifatında maşın öyrənmə alqoritm-lərinin potensialı vurğulanır. Kənd təsərrüfatı bitkilərinin xəritələş-dirilməsi məqsədilə multispektral peyk təsvirlərinin təsnifatlaş-dırılması zamanı müxtəlif maşın öyrənmə alqoritmləri tətbiq edil-mişdir. Tədqiqat nəticəsində maşın öyrənmə alqoritmlərin dəqiqliyi hesablanmış və verilən təlim nümunələrinin sayından asılı olaraq ən yaxşı bitki növü təsnifatı modeli seçilmişdir.

Introduction. The growing interest of various organizations in utilizing Earth observation (EO) data from space reflects the increasing recognition of its potential in facilitating timely and informed decision-making in agriculture. Promising developments and outcomes have emerged in the realm of EO data utilization for agricultural purposes. However, there remains a need to conduct a comparative study of different machine learning algorithms to assess their efficacy in crop mapping using multispectral satellite imagery [1]. By comprehensively evaluating and comparing these algorithms, we can identify their overall performance, thereby enabling informed decisions for effective agricultural land management [2].

In this paper, a comparative study of machine learning algorithms for crop mapping using multispectral satellite imagery has been presented. The objective of this research is to assess the performance and

suitability of various algorithms in accurately mapping different crop types.

Methodology. The methodology employed in this study involved the use of machine learning (ML) algorithms, namely Support Vector Machines (SVM), Random Forests (RFs), and U-net Convolutional Neural Networks (CNN), to generate classification maps for crop mapping using Azersky high-resolution satellite images. The flowchart of methodology (Fig. 1) provided a visual representation of the step-by-step process followed in this study.

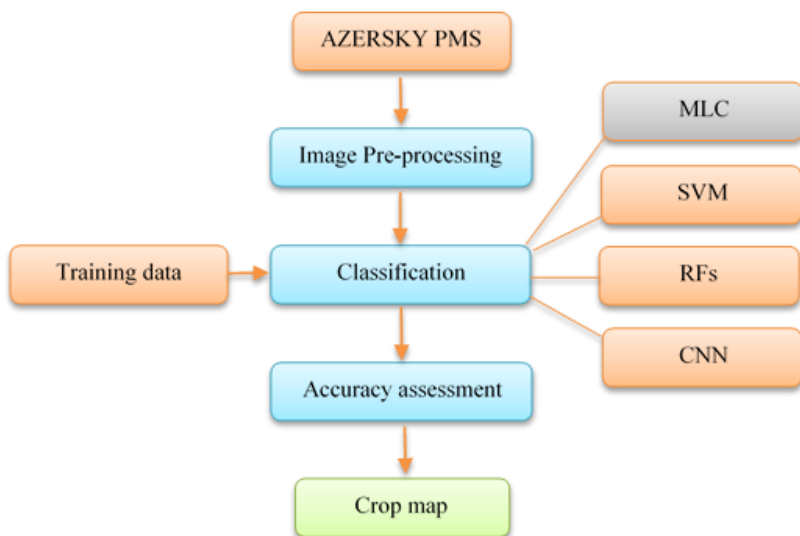


Fig. 1. Flowchart of methodology

The study area is located in the northern part of the Goranboy region, which is part of the Ganja-Dashkasan economic region in Azerbaijan (Fig.2). The topography of the region consists of flat terrain in the northeast and mountainous terrain in the southwest, featuring gorges. The area is primarily comprised of agricultural arable land, with the main crops cultivated being wheat, cotton, sunflower, corn, and alfalfa [3].

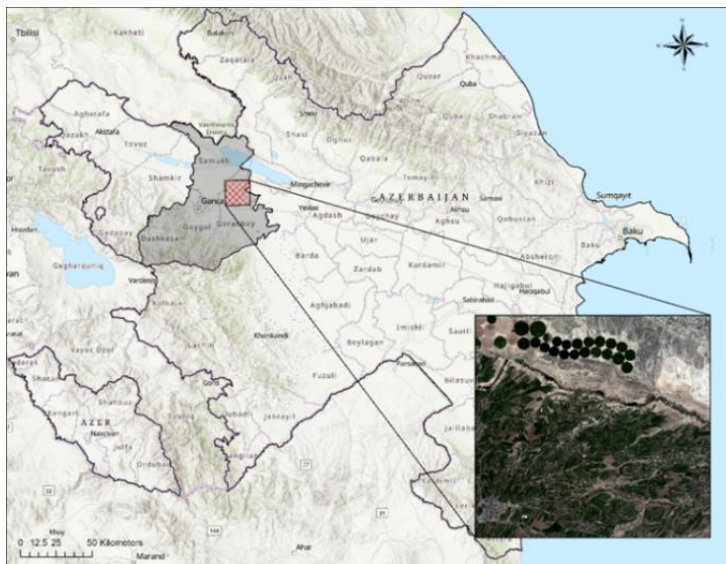


Fig. 2. Study area

The training samples were validated through visual analysis using multi-temporal images, enabling the identification of crop types based on their growth stages across seasons. For example, winter wheat exhibited a dark green color in April and transitioned to yellow by June, indicating its maturity. The validated training samples, along with ground truth data and multi-temporal images, were utilized as inputs for SVM, RFs, and U-net CNN algorithms. Once trained, the algorithms were applied to multispectral satellite imagery to generate classification maps, providing spatial distribution information of crop types in the study area. The accuracy of the classification maps was evaluated by comparing them with independent validation datasets, utilizing various performance metrics. The methodology was implemented using ArcGIS Pro software on a computer with sufficient computational resources.

Results and discussion. The classification maps generated by three different methods, namely SVM, RFs, and U-net CNN, are shown in Figure 3. The maps represent the classified images for crop types including Wheat, Cotton, Alfalfa, Sunflower, and Corn.

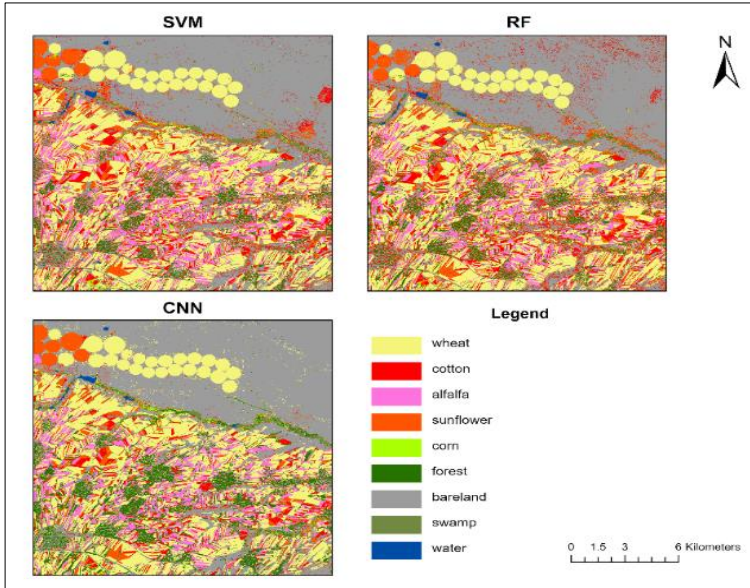


Fig. 3. Classification results

To assess the accuracy of the classification, a total of 546 validation points were used. These points were randomly distributed in a stratified manner and were determined based on expert knowledge. It is important to note that the number of training samples available for the selected area was limited. Considering the limited number of training samples, the RFs algorithm exhibited superior results compared to the CNN. Furthermore, a comparison was made between the three ML algorithms and the classical maximum likelihood (MLC) method [4]. The results confirmed the effectiveness of machine learning methods in crop classification when compared to traditional classification methods. The accuracy assessment of the classified images was conducted using the confusion matrix, and the Kappa statistic was employed to evaluate the results. The results clearly indicate that the SVM and RFs algorithms are powerful in classifying crop types, achieving higher accuracy even with a limited number of training samples. Particularly, RFs demonstrated higher classification accuracy with fewer training samples. It is worth noting that the identification of wheat showed high accuracy as the images corresponded to the wheat's vegetation period [5].

Conclusion. Based on the research findings, the classification accuracy for the studied crop types has been established. The highest accuracy was observed in the third experiment using the RFs classification method with Azersky images. This research focused on investigating the performance of machine learning algorithms for crop type identification using high-resolution Azersky satellite images. The comparative analysis of the three ML algorithms led to the selection of the best-performing algorithm for future considerations in large-scale image classification of areas of interest. The experimental results yielded several key conclusions: (1) Successful classification of Azersky images using machine learning algorithms was achieved; (2) The availability of sufficient training data is crucial for accurate supervised crop classification, and CNN may require more training samples for effective classification; (3) RFs demonstrated higher classification accuracy compared to other algorithms for the satellite image classification process. These findings highlight the potential of machine learning algorithms in improving crop classification accuracy and provide insights for the utilization of ML methods in satellite image classification tasks.

References.

1. Kononov V.M., Asadullaev R.G., Kuzmenko N.I. Algoritm podgotovki multispektralnykh sputnikovykh dannykh dlia zadachi klasifikatsii selskokhoziaistvennykh kultur //
2. Hong-xia LUO, Sheng-pei DAI, Mao-fen LI, En-ping LIU, Qian ZHENG, Ying-ying HU, Xiao-ping YI Comparison of machine learning algorithms for mapping mango plantations based on Gaofen-1 imagery. Journal of Integrative Agriculture, 2020, 2815.
3. <https://biodiversity.az/index.php?mod=content&id=21&lang=az>
4. Garipelly, P., Bujarampet, D., Palaka, R. (2022). Crop Classification Using Machine Learning Algorithm. In: Das, B.B., Hettiarachchi, H., Sahu, P.K., Nanda, S. (eds) Recent Developments in Sustainable Infrastructure (ICRDSI-2020)-GEO-TRA-ENV-WRM.
5. Guliyeva, S., Alaskarov, E., Bakhishov, I., Nabiyev, S. (2023). Comparative Analysis of Machine Learning Algorithms for Crop Mapping Based on Azersky Satellite Images. In: Hemanth, D.J., Yigit, T., Kose, U., Guvenc, U. ICAIAME 2022.

ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОЗДАНИИ ГРАНАТОМЕТНЫХ И МИНОМЕТНЫХ ТРЕНАЖЕРОВ



Алексей Шкадаревич

Унитарное предприятие «НТЦ “ЛЭМТ”
БелОМО», Беларусь
office@lemt.by



Владимир Сафонов

Унитарное предприятие «НТЦ “ЛЭМТ”
БелОМО», Беларусь
office@lemt.by



Илья Свибович

Унитарное предприятие «НТЦ “ЛЭМТ”
БелОМО», Беларусь
ilya.svibovich2020@gmail.com

LASER TECHNOLOGIES IN THE CREATION OF GRE- NADE AND MORTAR SIMULATORS

Abstract. The article provides a rationale for the importance of using simulators in modern methods of training personnel. Examples of creating simulators for training in firing from various types of grenade launchers and mortars are shown. The principle of operation of simulators is described, the process of training personnel and the possibilities that the simulator provides are described.

Тренажер – это комплекс, включающий систему моделирования и симуляции, компьютерные и физические модели, специальные методики, создаваемые для того, чтобы подготовить оператора к принятию качественных и быстрых решений. Тренажеры позволяют сформировать у оператора навыки действий моторно-рефлекторного и когнитивного типа в сложных ситуациях, понять сущность протекающих процессов и их взаим-

ную зависимость. В современном мире тренажеры применяются в различных сферах жизни человека. Оборонная промышленность не стала исключением. С целью решения задач по огневой подготовке личного состава вооруженных сил на предприятии “НТЦ “ЛЭМТ” БелОМО” разработаны тренажеры для обучения стрельбе из гранатометных (РПГ-7 и РПГ-32) и минометных систем. Эффективность и целесообразность применения наших тренажеров в огневой подготовке обусловлена следующими факторами:

- достаточно высокой стоимостью и недостаточным количеством реального вооружения, которое может быть использовано для решения учебных задач. Сюда же стоит включить и стоимость боеприпасов, необходимых для процесса обучения. Использование тренажера позволяет многократно сократить материальные затраты;
- ограниченностью временного ресурса на подготовку оборудования к использованию. Тренажер не требует специального места хранения, нет необходимости выезда на полигон в процессе обучения. Так же процесс обучения не зависит от погодных условий;
- большой сложностью изменения параметров реального вооружения, сложностью введения нового технологически усовершенствованного оружия и боеприпасов к ним. Любые единицы нового вооружения и боеприпасов могут быть смоделированы в кратчайшие сроки. Это позволяет обучать стрельбе из самых современных видов вооружения;
- необходимостью выработки устойчивых практических навыков при работе с оборудованием, опасностью выполняемых работ. Обучение с помощью тренажеров обеспечивает полную безопасность личного состава и исключает любые несчастные случаи, связанные с использованием реального оружия и боеприпасов к ним. Эффективное применение тренажеров для приобретения навыков ведения прицельной стрельбы из гранатометов РПГ-7 и РПГ-32 в учебном процессе позволяет значительно уменьшить число ошибок, увеличить скорость манипуляции и принятия решений, сократить время обучения, более адекватно оценивать уро-

вень полученных знаний и приобретённых навыков, индивидуализировать обучение, формировать выводы по действиям обучающегося. Внешний вид основных частей тренажера представлен на рисунке 1.



Рис. 1. Внешний вид основных частей тренажера для гранатомета

Тренажер включает в себя компьютер, служащий для формирования выходных видео и звуковых сигналов, а также сбора данных и выдачи результатов обучения на печать. Отображение синтезируемой компьютером обстановки местности осуществляется с помощью проекционного устройства (проектора) и экрана, установленного перед обучаемым на некотором расстоянии. Для отработки навыков прицеливания используется макет гранатомета с реальным оптическим прицелом. На макете гранатомета установлен лазерный блок, который предназначен для создания на проекционном экране лазерного пятна-маркера, определяющего направление выстрела. Видеоприемное устройство с оптическим светофильтром предназначено для приема излучения лазерного блока, отраженного от проекционного экрана.

Преимуществом данной компоновки тренажера является его неприхотливость к месту размещения. Тренажер может быть развернут в любом помещении. В течении часа такое помещение превращается в полноценный учебный класс.

Основными элементами тренажера являются лазерный блок и видеоприемное устройство. Лазерный блок предназначен для создания на проекционном экране лазерного пятна-маркера, определяющего направление выстрела. В качестве лазерного излучателя применяется полупроводниковый лазерный диодный

модуль. Его краткие технические характеристики представлены в таблице 1.

Таб. 1. Технические характеристики лазерного излучателя

Наименование характеристики	Значение
Режим работы	импульсный
Длина волны излучения, нм	830±5
Расходимость светового пятна лазерного излучения, мрад	≤0,7
Мощность излучения, мВт	≤1
Диапазон выверки в горизонтальном и вертикальном направлениях, град	±1
Шаг выверок, угл. сек	60±10
Напряжение питания, В	3 (элемент типа CR123A)

Лазерный блок содержит пьезоэлектрический датчик, который включает лазерный излучатель по ударному воздействию штатного спускового механизма гранатомета.

Видеоприемное устройство с оптическим светофильтром предназначено для приема излучения лазерного блока, отраженного от проекционного экрана. Оптический светофильтр имеет полосу пропускания от 800 нм, отсекает видимый участок спектра и пропускает излучение лазерного блока.

Процесс обучения построен следующим образом. Инструктор управляет работой тренажера с помощью контрольного монитора компьютера, клавиатуры и манипулятора-мыши.

С помощью средств рабочего места инструктора ставит задачу обучаемому, выбирает упражнение и задает его параметры, запускает упражнение.

Обучаемый по команде инструктора управляет работой учебного или боевого оружия, или массогабаритного макета с учетом особенностей имитируемой обстановки, производит имитационный выстрел, наблюдает на проекционном экране полет снаряда по баллистической кривой и контролирует попадание в цель. Тренажер обеспечивает имитацию реальных баллистических характеристик для зарядов гранатометов по дальности и времени полета в зависимости от заданной температуры окружающей среды и типа снаряда.

Персональный компьютер является рабочим местом инструктора и совместно с программным обеспечением предназначен для управления тренажером, создания трехмерной визуальной интерактивной картины местности и объектов-целей на ней, передачи видеосигнала в проекционное устройство, приема и обработки сигнала от видеоприемного устройства, редактирования содержимого учебного материала в соответствии с изменяемыми задачами.

В тренажере доступен выбор различных карт местности. Для каждой из представленных карт инструктор может создать и редактировать сцену-сценарий, которая представляет собой набор объектов, их поведение и траекторию перемещения. Количество сцен и количество объектов на сцене для каждой из карт ограничено только вычислительной мощностью компьютера. Кроме этого доступен выбор типа гранатомета и типа используемого снаряда (с соответствующей баллистикой). Доступна настройка погодных условий.

Тренажер для минометов (рисунок 2 а) в чем-то схож с тренажером для гранатометов, но имеет ряд принципиальных отличий. В состав тренажера входят компьютер, проекционное устройство (проектор) и экрана, видеоприемное устройство с оптическим светофильтром, макет миномета максимально приближенный к реальному, прицел минометный МПМ-44М или MS-15, датчик углового перемещения ствола миномета (лазерный блок, рисунок 2 б). Он отличается от лазерного блока, который используется в тренажере для гранатометов. В нем установлено 3 лазерных излучателя. Это связано с баллистикой снарядов для минометов, так как стрельба осуществляется всегда с превышением и по очень крутой траектории. Так же в состав

тренажера входит буссоль ПАБ-2.Тренажер предназначен для оттачивания совместных действий группы людей:

- стрелка-наводчика,
- корректировщика.

Тренажер позволяет обучать навыкам стрельбы как с закрытых, так и с открытых огневых позиций. Тренажер обеспечивает:

- обучение стрелка-наводчика техники установки и разворачивания макета миномета.
- обучение креплению прицелов МПМ-44М или MS-15 на макет миномета. Так же позволяет обучить личный состав правилам использования данных минометных прицелов и отработать все необходимые навыки наведения на цель и корректировки огня;
- обучение горизонтированию макета миномета.
- обучение выставлению миномета в основное направление стрельбы.
- обучение угловой привязки миномета к сцене при помощи ориентиров.
- обучение и совершенствование приемов прицеливания, корректировки и стрельбы по неподвижным целям на дальностях до 4 км как с открытой, так и с закрытой огневой позиции.

В части работы корректировщика стрельбы тренажер позволяет производить обучение:

- разворачиванию и работе с буссолью ПАБ-2. Буссоль имеет угломерные и дальномерные шкалы, с которыми нужно обучить работать. Так же особое внимание уделяется правильному ее разворачиванию.
- методам наблюдения и засечки разрывов мин.
- обучение методам быстрого расчета корректирующих углов выстрелов по углу места и азимуту.

Рабочее место инструктора ничем не отличается от рабочего места инструктора в тренажере для обучения стрельбе и гранатометов. Тренажер позволяет

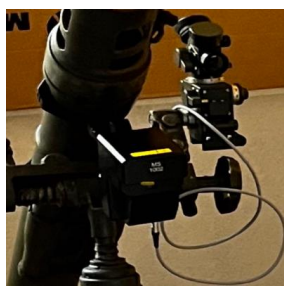
- производить контроль за процессом обучения.
- контролировать правильности и техники наведения миномета стрелком-наводчиком.

- выполнять роль дальномерщика для измерения дальностей до целей и разрывов.
- выявлять и исправлять ошибки в выполнении отдельных элементов корректировки, прицеливания и производства выстрела в целом.

Инструктор может выбирать тип миномета и снаряда, изменять погодные условия на карте местности, выбирать самую местность выполнения задачи, изменять тип позиции (либо открытая, либо закрытая огневая позиция).



а



б

Рис.2. Внешний вид тренажера для обучения стрельбе из миномета (а) и лазерного блока (б)

Многолетний опыт применения представленных выше тренажеров позволяет выделить следующие преимущества: учитывается индивидуальный темп работы обучающегося, который сам управляет учебным процессом; сокращается время выработки необходимых профессиональных навыков, знаний и умений; увеличивается количество тренировочных заданий и их вариация; легко достигается уровневая дифференциация; повышается мотивация учебной деятельности. Эффективное применение тренажеров в огневой подготовке позволило значительно уменьшить число ошибок, увеличить скорость манипуляции и принятия решений, сократить время обучения, более точно и объективно оценивать уровень полученных знаний и приобретённых навыков, индивидуализировать обучение, формировать информативные выводы по действиям обучающегося.

НАСТРОЙКА НЕЙРОННОЙ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИНТЕРПРЕТАЦИИ СПУТНИКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ



Хосиет Исмадова

*Национальная Академия Авиации, Баку.
spaseazer@rambler.ru*



Натаван Джафарова

*Институт Географии НАНА, Баку
jafarova.nata@mail.ru*

SETTING UP A NEURAL EXPERT SYSTEM FOR THE IN- TERPRETATION OF SATELLITE INFORMATION

Abstract. The article deals with the problem of increasing the efficiency of processing and interpretation of aerospace information. For this purpose, it is proposed to use artificial intelligence methods such as pattern recognition, neural expert systems, geoinformation technologies. Using the example of constructing a geoinformation expert system for assessing the suitability of lands, a method is shown for integrating a set of data and technologies to reduce time and increase the reliability of interpretation of the results of processing satellite information.

Keywords: neural expert systems, geoinformation technologies, processing and interpretation of satellite information.

Введение

При любых технологиях обработки аэрокосмической информации (АКИ) визуальном, автоматизированном, с использованием нейронных сетей невозможно избежать этапа принятия решения на основе знаний о исследуемой местности, и здесь особенно очевидна исключительная роль экспертной интерпретации.

В данной статье рассматривается проблема построения гибридной информационной системы аэрокосмического мониторинга для оценки пригодности земли. В основе построения системы используются методы искусственного интеллекта, обработки космических снимков и геоинформационные технологии. Основная идея состоит в построении нейронной экспертной системы, которая включает в себя знания из различных предметных областей: результатов обработки спутниковой информации, химического анализа почв и других физико-географических параметров исследуемой территории.

Основные решения при построении нейронной экспертной системы знаний и внедрения их в геоинформационную систему

К новым технологиям, позволяющим анализировать и эффективно использовать априорную информацию для распознавания и интерпретации аэрокосмической информации относятся геоинформационные системы (ГИС) [5,6]. Так как искомая информация исследования природных ресурсов из космоса может характеризоваться различными системами измерений и формой их представления (космической и наземной), а также отражать различное тематическое содержание, видимо, необходимо обобщить и представить её в единой информационной среде в виде удобном для дальнейшего использования. Такой средой является геоинформационная среда.

Формально задача ставится следующим образом:

- Задаётся, полученная по результату обработки аэрокосмической информации классификационная карта исследуемой территории. Карта представлена в контурном виде локальных ландшафтных структур, где указаны границы разделения объектов по их спектральным яркостным характеристикам (рис.1);
- Необходимо указать с заданной степенью достоверности классификационно-легендное отнесение каждого контура к одному из заданных априори тематических классов и принять решение по оценке состояния классов исследуемых объектов.

В такой постановке задача называется – тематическая интерпретация результатов обработки космических снимков.

Рассмотрим эту задачу на примере составления карты пригодности для различных видов хозяйствования. В этой ситуации нейросетевая реализация построения экспертной системы должна обеспечивать самостоятельную настройку нейронной экспертной системы при наличии эталонных образцов из различных областей знаний [1,2,3], характеризующих систему землепользования на исследуемой территории и оценку качества земель[4].

Таковыми эталонными таблицами могут быть таблицы следующего вида:

Таб. 1. Структура заполнения эталонной оценочной таблицы

Классы ландшафтов					
ID	Степень засоления	Бальные оценки	Ограничения	Характер засоления	Место
26	Незасоленные	1	< 0,25	SO ₄ -Cl-Na	2.2
9	Незасоленные	1	< 0,25	SO ₄ -HCO ₃ -Na	2.1
35	Слабозасоленные	2	0,25 - 0,5	SO ₄ -Cl-Na	1.1
5	Слабозасоленные	2	0,25 - 0,5	SO ₄ -HCO ₃ -Ca	1.2
25	Среднезасоленные	3	0,5 - 1,0	SO ₄ -HCO ₃ -Na	2.3

В таблице 1 поле ID указывает на объект исследования, контур которого закодирован численной нумерацией в ГИС, то есть каждый контур имеет свой код (рис.1).

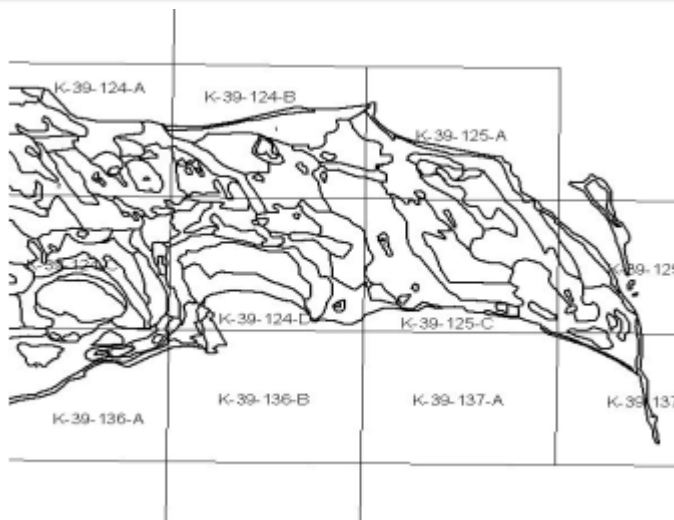


Рис. 1. Результат тематической обработки космического снимка в виде контуров исследуемых объектов в ГИС (локальные ландшафтные структуры) и разбиения пространства объектов на квадраты, соответствующих топокартам масштаба 1:100000

Последнее поле – код пространственного индекса «Mesto», указывающее местоположение исследуемого объекта(в нашем случае контур) по каждому из квадратов разбиения пространства объектов на квадраты согласно номенклатурной сетки масштаба 1:100000. Он определяется как индекс ячеек регулярной координатной сетки, в рамках которой охвачена вся исследуемая территория. Он будет содержаться во всех атрибутивных таблицах в полях с общим названием для всех таблиц, используемых в создаваемой информационной среде. Задание пространственного индекса организовывается таким образом, чтобы быстро и эффективно производить поиск объектов по их тематическому свойству и местоположению.

2. Обучение нейронной экспертной системы.

Важно определить входную и выходную информацию, а также архитектуру сети, которая определится при установлении взаимосвязи табличных данных. Поле ID указывает на объект исследования, контур которого закодирован численной

нумерацией. База атрибутивных данных строится в программной среде Microsoft Access, так как в этой среде реляционные базы данных обладают свойством взаимосвязи между данными[5]. Отсюда предложенная на рис.2 архитектура нейронной сети представляет нейронную сеть, где входными данными будут специально настроенные эталонные таблицы, показанные на примере таблицы 1.

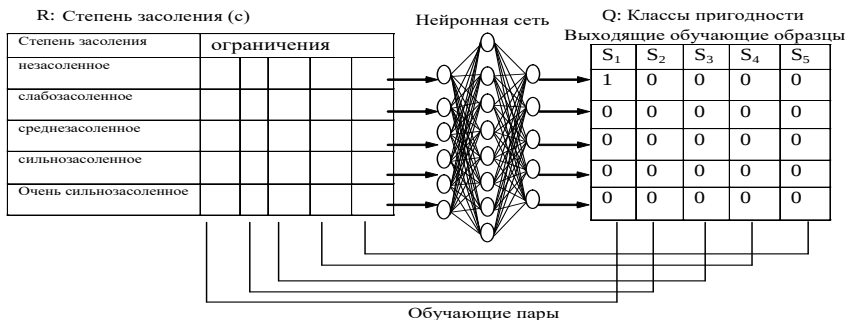


Рис.2. Схема обучения нейронной экспертной системы

В настраиваемой нейронной экспертной системе (НЭС) для оценки пригодности земель каждые из соответствующих наборов признаков представлены эталонными таблицами ранжирования по порогам ограничений, следуя системе частных шкал (таблицы типа 1), сгруппированных по типам физико-химических свойств: *Kc, Kt, Kw, Kf, Kch, Kn..*(соответственно: *климат, топография, влажность, физические, химические свойства почв, щёлочность и солёность*).

Строки таблиц – факторы, влияющие на экологическое состояние объектов. Столбцы – тип ограничений, которые разбиты на классы пригодности по бальной системе экспертами проблемной области [4]. Свойства объектов заданы в строке таблицы. Выходной информацией будут бинарные таблицы, относящие элемент изображения к одному из классов факторов с комплексной оценкой по классу пригодности, например к посеву сельскохозяйственных культур: *S₁* – пригодные земли; *S₂* – умеренно пригодные; *S₃* – слабо пригодные; *S₄* – непригодные *S₅* – совсем непригодные. В процессе классификации нейронная сеть выносит решение в виде таблицы Q по одному из образцов

от таблиц вида 1. На выходе нейронной сети на каждый класс типа факторов выдаётся бинарная таблица Q. На вход системы тематического дешифрирования поступает обученная экспертная система знаний, представленная таблицами Q и обученная по следующей схеме (рис.2). Методика использования таблиц Q в системах дешифрирования изображений подробно описана в работе [5,6,7].

Все шесть нейронных сетей имеют пять узлов вывода и пять возможных выводных обучающих образцов. Во время обучения, сети «учились» генерировать один из образцов вывода по схеме на рис. 3. Полный класс пригодности для элемента карты выносятся, например, в следующем виде: $S_3 K_c$. Это означает, что данный регион по климатическим условиям классифицируется как слабо пригодный со средnezасоленными почвами.

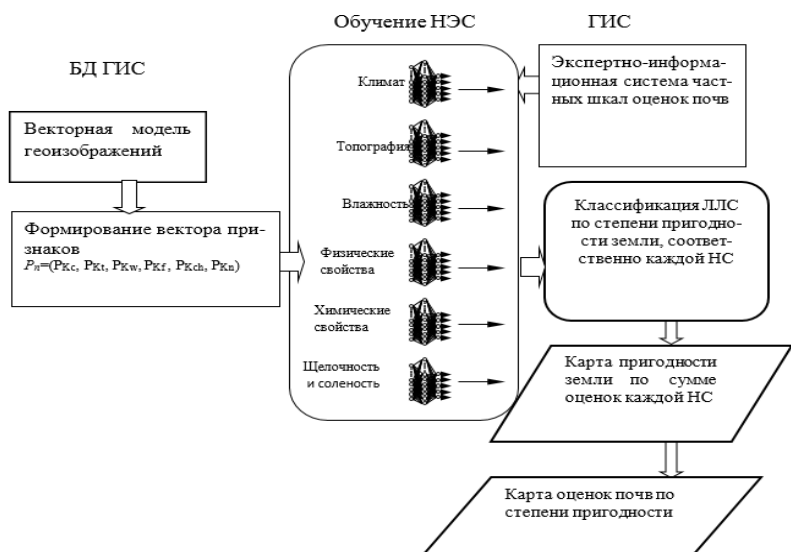


Рис. 3. Автоматизированная система оценки пригодности земли, использующая нейронную экспертную систему по шести классам обучения

Таким образом мы обучаем нейронную сеть с экспертной базой знаний для оценки пригодности земель по шести экспертным оценкам свойств почв на исследуемую территорию. В

результате в геоинформационной среде формируется совокупность экспертных знаний в виде тематической карты по степени пригодности земли, что можно выразить следующим образом: элемент карты (рис.1) преобразуется в элемент другой карты со значением принадлежности к классу пригодности земли.

Имея две карты (карту локальных ландшафтных структур и карту по степени пригодности) с помощью оверлейных операций в ГИС значительно облегчён сравнительный анализ и экспертно-дешифровщик в упрощённой форме может формировать итоговую карту пригодности земель для оценки каждой выделенной в результате обработки космического снимка ландшафтной структуры.

Таким образом, представленный метод интеграции НЭС и геоинформационных технологий позволит повысить достоверность и время принятия решений при тематической обработке изображений.

Заключение

Выше представлен алгоритм и методика тематической ориентации экспертной системы знаний для задачи интерпретации изображений с использованием технологии нейронной сети.

Нейронная сеть позволит формировать эталонные образцы оценочных знаний по совокупности экспертных знаний, которые построены в виде эталонных таблиц с экспертными знаниями предметной области. Входной вектор, описывающий свойства исследуемых объектов формируется из базы картографических данных, результатов обработки аэрокосмической информации и наземных измерений.

Преимущество такого подхода заключается в предоставлении системе тематического дешифрирования обученных образцов оценочных знаний, на базе которых значительно повышается достоверность интерпретации данных дистанционного зондирования и сокращается время выполнения процедуры дешифрирования.

Не менее важно – сама процедура интерпретации возможна без непосредственного участия экспертов по каждой предметной области, так как их оценки учтены системой эталонных образцов.

Литература

1. Алиев Р.А., Алиев Р.Р. Теория интеллектуальных систем и ее применение, Учебное пособие для ВУЗов по специальности «Автоматизированные системы обработки информации и управления». Баку: Чашыюглы, 2001, 720 с.
2. Уотермен Д. "Руководство по экспертным системам: Пер. с англ. под ред. Л. Стефанюка. — М.: «Мир», 1989, 388 стр.
3. Джозеф Джарратано, Гари Райли «Экспертные системы: принципы разработки и программирование» : Пер. с англ. — М. : Издательский дом «Вильямс», 2006. — 1152 стр.
4. Мамедов Г.Ш. Карта экологической оценки почв Азербайджана и её значения. //Обзорная информация АЗНИИНТИ,1992, серия «Сельское хозяйство», С.1-25.
5. Исмадова Х.Р., Талыбова С.С., Абдуллаева С.Н. Один способ интеграции экспертной базы знаний в систему тематического дешифрирования изображений // Сб.научных трудов Национальной Авиационной Академии, посвящённый 70-летию ак. А.М-Дж. Пашаеву, Баку, 2004 февраль, 2004, «Cild 6», №1, С.138-145.
6. Исмадова Х.Р., Абдуллаева С.М. Разработка структуры экологических показателей справочной географической информационной системы. Известия АН Азерб., Баку, 1998, том 18, № 6, с.192-197.
7. Исмадова Х.Р., Абдуллаева С.М. Структура базы данных справочной географической информационной системы анализа и отображения экологической ситуации. Известия АН Азерб.,Баку, 1999, том 19, №3-4.

AZƏRBAYCANIN ŞİMAL-QƏRB REGIONUNDA SÜNİ INTELLEKT SAYƏSİNDƏ ARXEOLOGİYA VƏ MƏDƏNİ İRSƏ AİD MÜHÜM TAPINTILAR



Yusif Şükürlü

*AMEA-nın Şəki Regional Elmi Mərkəzi
y.shukurlu@shrem.sciense.az*

IMPORTANT FINDINGS ON ARCHAEOLOGY AND CULTURAL HERITAGE THANKS TO ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE NORTHWEST REGION OF AZERBAIJAN

Abstract. Since 2015, the Sheki Regional Scientific Center AMEA has been studying the prospect of ecotourism development in the north-western region of Azerbaijan. Work was carried out to document and preserve the remains of archaeological and cultural heritage (ACH) using the capabilities of artificial intelligence - satellite remote sensing, and 3G images for rapid analysis from the necessary sources. The highest results we have obtained are - using information received from satellites at different times of the year, a network of archaeological remains "Ana Od" was discovered on the Danavech plateau, as well as near Cham plateau a portrait of Chinkiz Khan, one of the artisanal pictographs carved with chisels on the rock. In one of the Mongolian prayers dedicated to the totem "Ana Od" in religious ceremonies, we conclude that the pictograph of the bud on the rock refers to a branch of the Elm tree. There are other signs and images carved on rocks and stones, writings written in the ancient Mongolian alphabet, and Mongolian squares on which laws were written. Even inscriptions indicating the date of creation of these monuments have been preserved. These monuments are located near the source of the tributary of the Tamarchin River Kish (the name of this tributary, named after the great leader of the Turkic world Chingiz-khan, is popularly called "Damarchin"), the present condition of the valleys is clearly seen by the drastic changes in the landscape over the 8 centuries since the monuments were created. It should be noted that the Kish River, a tributary of the Tamarchin, is a network of valleys with a large area and the greatest risk of flooding.

Taking all this into account, we concluded that in the near future, archaeologists and ecologists will go to the specified area to create new ecotourism networks and protect them from devastating floods. They will get more accurate data, using artificial intelligence techniques that have been used in the last decade to detect objects in potential fields.

Keywords: artificial intelligence, Danavech Plateau, Chem Plateau, satellite data, landscape changes, archaeological remains, cultural heritage remains.

Giriş

Son onillikdə Yer kürəsinin müşahidəsi (The Earth Observation (EO)) üsulları sürətlə atır və yeni tədqiqat imkanları – bunlara müvfiq olaraq yeni metodlar yaranır. Bu sahədə hər il satılma növü və təchizat baxımından fərqli görüntü əldə etməyə imkan verən sensorlara malik yeni EO peyk-ləri işə salınır. EO peykləri ilə əldə edilmiş məlumatlar və o məlumatların tətbiq sahələri də genişləni [1]. Həmin peyklərinin topladığı məlumatlardan faydalanan sektorlar əsasən kənd və meşə təsərrüfatı, ətraf mühit və iqlim dəyişikliyi, şəhər və regional planlaşdırma, su resurslarının idarə olunması, tikinti, nəqliyyat, enerji və təbii sərvətlər, təbii fəlakətlərin idarə olunması, mülki müdafiə və vətəndaş təhlükəsizliyi, səhiyyə, humanitar yardım, dövlət təhlükəsizliyi və vətənin müdafiəsi, mədəni və təbii irsin aşkar olunması və



Şəkil 1. Danaveç – “Tanrıların yeri” adlanan yayla Şəkinin Baş Şabalıd kəndinin tam şərqindəki dağlıq hissədə DSH = 1900-2100 metr yüksəklikdə yerləşir

qorunması, ekoloji turiz-min inkişafıdır [2].

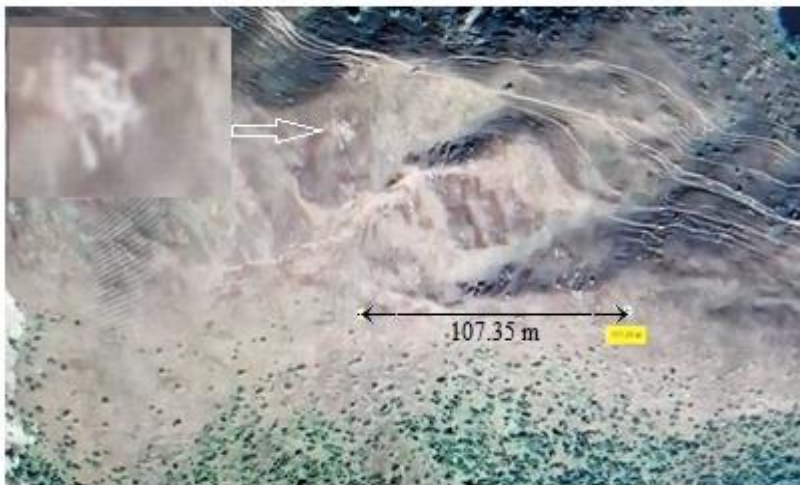
Azərbaycan Xalça Muzeyinin Şuşa filialının müdiri Əlisəfa Nuriyevin qeyd edir ki, “Azərbaycan özünün qədim memarlıq abidələri, xalçaçılıq məktəbi, nadir miniatürləri, zəngin ədəbiyyatı və poeziyası, musiqi və rəqsləri, təsviri sənəti ilə dünyada tanınmışdır.

Məlumdur ki, hər bir xalq bəşəriyyətin mədəni irsinə çevrilən öz sənət nümunələri ilə dünya mədəniyyətini zənginləşdirir və bunlar milli sərvət olmaqla, ümumbəşəri əhəmiyyət kəsb edir. Hər bir abidəmiz, əsərimiz və ümumilikdə bütün maddi-mədəniyyət nümunələrimiz milli mənsəbiyyətimizlə yanaşı, tariximizi, mədəni irsimizi və nəhayət, mənləyimizi təsdiqləyən təkzibedilməz sübutlardır. Bu tükənməz dəyərləri qoruyub yaşatmaq, onları dünyaya tanıtmək hər bir vətəndaşımızın müqəddəs borcudur. Bunun üçün beynəlxalq təşkilatlarla əməkdaşlıq edilməsi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir [3]. Birləşmiş Millətlər Təşkilatının Təhsil, Elm və Mədəniyyət məsələləri ilə bağlı təşkilatı UNESCO-ya görə, digər şeylər arasında, arxeoloji və mədəni irsin də qarşı-qarşıya qaldığı təhlükələr -materialların, quruluşun və ya təbii mühitin fiziki olaraq məhv edilməsi, regional planlaşdırma və iqlim, biogeomorfoloji və ya digər ekoloji amillərin təsiri [4].

Elmi ədəbiyyatlarda qeyd olunur ki, monitorinqlərin aparılması çox çətin olan (məsələn, coğrafi baxımdan çox uzaq məsafələrdə, xüsusən də sərt bölgələrdə) və ya hərbi müdaxilələrə cəlb olunmuş regionlarda yerləşən arxeoloji obyektlərin şəkillərinin tutşdurılması (identifikasiyası), fotoşəkil və xəritələrinin əldə edilməsi üçün EO peyk məlumatları (yəni orta və yüksək ayırd edilən peyk şəkilləri) böyük üstünlüyə malikdir [5].

Metodlar

Nəzərə alaraq ki, Azərbaycanın şimal-qərb regionu Böyük Qafqazın cənub yamaclarında yerləşir və sellə dağ çayların mənbələri, əsasən, yüksək dikliyə malik dərələrdir, həmin dərələrdə vizual müşahidələrin aparılması çox vaxt tələb edir və təhlükəlidir. Bu səbəbdən süni intellektə - EO peyk məlumatlarına ehtiyac yarandı. 2019-cu ildən başlayaraq, ilin müxtəlif fəsillərində tədqiqat prosesində qeyri-kommersiya təşkilatlarına xeyriyyəçi kimi yardım göstərən Google Earth Outreach proqramından istifadə olunmuşdur. (<https://www.pixalytics.com/active-eo-sats-2020/>) Görülən işlər və aparılan tədqiqatlar Google Earth (Google Планета Земля) və Google



Şəkil 2. Şəkinin Baş Şabalıd kəndinin şərqində yerləşən Danaveç yaylasına “Müqəddəs Ana Od” piktoqrafı. Abidənin yanında “Sarı başlı ağ qoş” piktoqrafı

Map-dən alınmış 2G və 3G görüntülü peyk müşahidə məlumatları əsasında həyata keçirilmişdir.

Öldə olunmuş nəticələr və onların izahı

Explore Google Earth və Zoom Earth proqramlarının köməyi peyk müşahidələri sayəsində müəllif (Yusif Şükürlü) müəyyən etmişdir ki, Böyük Qafqazın cənub yamacında - Şəkinin Baş Şabalıd kəndinin tam şərqindəki dağlıq hissədə DSH = 1900-2100 metr yüksəklikdə yerləşən və bu qədim yaşayış məskəni sakinlərinin, Günəş həmişə oradan doğduğuna görə, Danaveç – “Tanrıların yeri” adlandırılan yaylada (Şəkil 1.) – koordinatları $41^{\circ} 17' 53''$ N; $47^{\circ} 11' 47''$ E; DSH = 2007 metr olan düzbucaq formalı, uzuluğu 107,35, eni isə ~34 metr, müstəvi səthə malik qaya üzərində oyulma ilə işlənilmiş “Müqəddəs Ana Od” piktoqrafı (bundan sonra “abidə” adlandırılacağıq) mövcuddur (Şəkil 2). Həmin abidənin “Müqəddəs Ana Od” ziyarətگاهی olmasının sübutu da elə müəllifə məxsusdur. Belə ki, “Müqəddəs Ana Od” abidəsinin yanında “Ağ qoç”un qurban kəsilməsi üçün meydançada qaya üzərində yonulmuş kanallara ağ daşların düzülməsi ilə “Qoç” epiqrafı yaradılmışdır (Şəkil 2-də ox işarəsi ilə göstərilib). Bu abidədən təqribən ~5,5 km məsafədə Çəm yaylasının şimal-şərq

tərəfində müəllifin aşkarladığı Cingiz xanın qaya üzərində yonulmuş piktoqrafi tapılmışdır (Şəkil 3).

XIX əsrin görkəmli etnoqraf və mədəniyyət tarixçilərindən biri olan Taylor Eduart Bernett (London, 1871) “Primitive Culture” əsərində yazır ki, “Monqol toy mahnılarından birində atəşə təcəssüm olunmuş müraciətdə aşağıdakı parça var: “Ana Od, Od kralıçası! Sən, Çanqay xan və Burhatu xanın dağ zirvələrində bitən qarağacdən düzəldin; sən göy yerdən ayrılanda peyda oldun. Yer Ananın qoyduğu və Tanrılar Şahının yaratdığı izlərdən törədin. Atası bərk polad, anası çaxmaq daşı, əcdadları Qarağac olan Ana Od; parıltısı göylərə çatan və yer üzünə işıq saçan İlahə Od, sənə sarı kərə yağı və sarı başlı ağ qoç hədiyyə gətiririk, mərd oğlu, gözəl gəlini, işıqlı qızları olan, həmişə yuxarıya baxan Od Ana, sənə kasalarda atəşli su, əlimizdə quyruq yağı gətiririk. Kral oğluna (bəyinə), şah qızına (gəlinə) və bütün xalqa can sağlığı göndər” [6, səh. 408].

Deməli, insan üçün çətin əlçatan və Azərbaycanın şimal-qərb regionunda ən yüksək zirvələrdən birinə malik Teymurçin dərəsinin seçilməsi, Qarağac ağacı çələngi, Cingiz xanın buta kimi bu çələngdə yerləşdirilmiş piktoqrafi (Şəkil 3, $41^{\circ} 19' 31''$ N; $47^{\circ} 14' 12''$ E, DSH = 2845 m), Danaveçdə “Müqəddəs Od Ana” (Şəkil 2), Cingiz xanın



Şəkil 3. Kiş çayının Teymurçin qolunun mənbəyində
Cingiz xanın buta kimi Qarağac budağı çələngində yerləşdirilmiş
piktoqrafi

piktoqrafından 1 kilometr şərqdə Burhatu xanımın suyun axarı istiqamətində – başaşağı, həmişə göyə baxan piktoqrafının yaradıl-

ması (Şəkil 4, $41^{\circ} 19' 59''$ N; $47^{\circ} 14' 31''$ E, DSH = 2853 m) müəyyən bir bir məqsədə xidmət edən faktlardır. Bütün bu piktoqrafların həmişə göylərə baxması üçün məkan olaraq, “Göyün Yerdən ayrıldığı” dağ zirvəsinin seçilməsi də təsadüfi deyil.

Daha bir maraqlı cəhət odur ki, hər üç piktoqrafin uzunluqları və eni təqribən eynidir – 107 və 34 metr. Bu eynilik belə bir sualı ortaya gətirir ki, görəsən, Danaveçdəki “Müqəddəs Ana Od” piktoqrafının ölçü nisbəti ilahi kəmiyyətə: $\pi = 3,14$ -ə bərabər olduğunu monqollar bilmiş və istifadə etmişlər, ya da başqa səbəb var?!

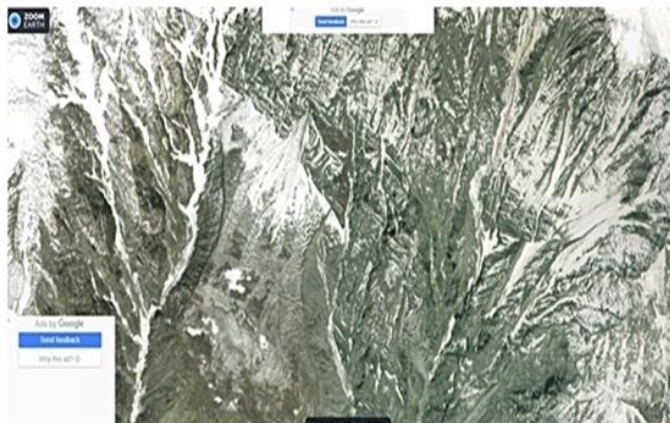
Qeyd edək ki, ətrafında olan digər arxeoloji qalıqlara görə “Müqəddəs Ana Od” abidəsi daha qədimdir. Bu gümanın sübutu üçün Danaveç və Çəm yaylalarında mövcud olan çoxsaylı arxeoloji və mədəni irs qalıqlarının hər birinin mahiyyətini elmi cəhətdən əsaslandırılması üçün geniş araşdırmalara ehtiyac var. Amma “Müqəddəs Ana Od” abidəsi daha qədimliyini təsdiq etmək üçün müəllif belə bir fakta əsaslanır ki, həmin abidənin lap yaxınında əlində qılınc tutmuş Odinin at üstündə piktoqrafı mövcuddur. Deməli, “Müqəddəs Ana Od” abidəsi yerləşən Danaveç yaylası adı çəkilən abidələrdən daha qədimdir və Vikinqlər dövründə müqəddəs məkan sayılıb.

Danaveçdə yerləşən “Müqəddəs Ana Od” və insan əli ilə yüksək dikliyə malik təhlükəli qayalar üzərində işlənmiş iki nəhəng – Cingiz xan və Burhatu xanımın abidələri, Qaraöac cələngi, monqol möhürü, yasalar yazılan monqol kvadtatları, xronoloji qeydlər, məsələn, 1231-ci ilin qeyd olunması (Şəkil 5) Yusif Şükürlüyə qədər heç kim tərəfindən müəyyən olunmamış və qeydə alınmamışdır. Ona görə ilkinlik və müəllif hüququ AMEA-nın Şəki Regional Elmi Mərkəzinə və onun əməkdaşı



Şəkil 4. Cingiz xanın piktoqrafından
1 kilometr metr şərqdə Burhatu
xanımın piktoqrafı

Yusif Şükürlüyə aid olmaqla, elmi dövriyyəyə gətirilməsi üzərində iş davam etdirilir.



Şəkil 5. Kiş çayının Teymurçin qolunun mənbəyində XIII əsrdə monqolların
aparıcıları qeydlərin izləri

Müəllif tərəfindən XIII əsrin əvvəllərində Azərbaycana yürüş edən Cingiz xanın qoşunlarının Azərbaycandakı düşərgələrindən birinin də (1222-ci ildən başlayaraq) uzun müddət Şəki şəhərinin şimalında yerləşən, DSH = 2250-3340 metr, XIII əsrdə strateji cəhətdən xüsusi əhəmiyyətə malik olan Çəm yaylasında yerləşdikləri güman edilir. Cingiz xanın adamları Çəm yaylasından at yolu ilə ~4 km məsafədə yerləşən Danaveç yaylasında yerli əhalinin (müsəlman türklərin) “Müqəddəs Ana Od” ziyarətgahındakı ibadətləri ilə tanış olmuş və əksəriyyəti müsəlman türklərdən ibarət olan yerli əhalidən yararlanmaq məqsədi ilə onlar yeni bir din deyil, Şamanizmə bənzər bir inanc sistemi yaratmağa cəhd etmişlər [7]. Göründüyü kimi, yerli əhalinin (bizim) folklorunda olan, yeni evlənən gənclərin toy mərasiminin başlanğıcında müqəddəs yerləri ziyarət edilməli olduğu inancına həsr edimiş və bu mərasimlərində oxunan duaları da monqollar mənimsəmiş, “Müqəddəs Ana Od”a müraciət yaratmışlar. Taylor Eduard Bennetin [6] “İbtidai sivilizasiya” kitabında vermiş həmin müraciətdə onların əlavəsi əsasən bir cümlədir: “...Sən Çanqay-xan və Burxatu-xanımın dağ zirvələrində bitən Qarağacından düzəldin...”.

Tarix göstərdi ki, Çəm yaylasında monqolların yerli əhalini özlərinə daha sıx yaxınlaşdırmağa çalışmaları elə bir nəticə vermədi.

Lakin, hələ indiyədək, Şimali Qafqazda yaşayan bir çox xalqlar müsəlman türkləri “Muğal”, yəni moğol deyə çağırırlar. Bu adla uzlaşan yaşayış yerlərimiz də var, məsələn, Qax-muğal, Baş Layısqı kəndində “Muğallar məhləsi” və s.

Yekun olaraq onu bildiririk ki, Kiş çayının Teymurçin qolunun mənbəyi – Teymurçin dərəsi arxeoloji və mədəni irs qalıqları ilə zəngindir. Həmin dərənin qədim abidələr alüdəçisi olan turistlərin üzünə açmaq üçün əsaslı arxeoloji və coğrafi istiqamətlərdə monitorinqlər, qazıntı işləri aparmaq lazımdır. Dərənin su yatağının genişləndirilməsinə və sürət azaldıcı beton pillələrin qurulması vacibdir.

İstifadə olunmuş ədəbiyyatın siyahısı

1. PricewaterhouseCoopers-PwC. Socio-Economic Impact Assessments and Accompanying Foresight Study of Selected ESA Earth Observation Activities.
2. I.D. Negula, C. Moise, A.M.Lazăr, N.C. Rişcuța, C.Cristescu, A.L.Dedulescu, C.E. Mihalache, and A.Badea. "Satellite Remote Sensing for the Analysis of the Micia and Germisara Archaeological Sites" Remote Sensing 12, no. 12 (2020).
3. Əlisəfa Nuriyev, Azərbaycanın milli mədəni irsi və UNESCO, 525-ci qəzet 2018.- 16 noyabr.- S.7.
4. UNESCO-Culture-World Heritage Centre: World Heritage in Danger. Available online: <https://whc.unesco.org/en/158/> (accessed on 2 February 2020).<https://www.mdpi.com/2072-4292/12/12/2003>
5. Biagetti, S.; Merlo, S.; Adam, E.; Lobo, A.; Conesa, F.C.; Knight, J.; Bekrani, H.; Crema, E.R.; Alcaina-Mateos, J.; Madella, M. High and Medium Resolution Satellite Imagery to Evaluate Late Holocene Human—Environment Interactions in Arid Lands: A Case Study from the Central Sahara. Remote Sens. 2017, 9, 351.
6. Тайлор Э.Б. Первобытная культура // М.: «Политиздат». 1989. 576 с. ISBN 5-250-00379-6
7. Topçu Ülkü, İslam Dininin Moğollara Etkisi, Oğuz-Türkmen Araştırmaları Dergisi (OTAD), V. 5(1),146-174, 2021, ISSN 2618-6543.

BÖLMƏ 3. SÜNİ İNTELLEKT SİMULYATORLARI VƏ ÖYRƏNMƏ PROSESİ

AVIASIYA SİMULYATORLARINDA SÜNİ İNTELLEKTİN TƏTBİQİ İLƏ TƏLİMİN ANALİZİ



İsmayıl İsmayılov

*Milli Aviasiya Akademiyası, Bakı
ismayil.maa@gmail.com*



İlkin Mirzəyev

*Milli Aviasiya Akademiyası, Bakı
imirzayev@ftc.azal.az*

ANALYSIS OF TRAINING WITH THE APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN AVIATION SIMULA- TORS

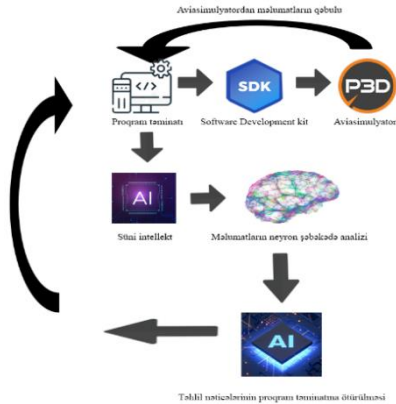
Abstract. *In the modern era, artificial intelligence systems, which started a new stage in the development of techniques and technologies, have become widespread. Flight simulators based on artificial intelligence are important in training highly qualified specialists in the field of aviation and ensuring the safety of flights. Taking into account the relevance and modernity of the mentioned problem, the article examines the application and implementation of artificial intelligence in aviation simulations, combining artificial intelligence with flight simulator techniques and virtual flight simulators, and shows an example of sending requests in text form and presenting the received result in text form.*

Aviasiya sahəsi, istənilən dövlətin iqtisadi göstəricilərin əsas sahələrindəndir. Hər bir avişirkətin başlıca məqsədi, uçuşların dəqiq, keyfiyyətli və komfortlu şəraitdə təmin edilməsidir. Bunun üçün keyfiyyətli, dəqiq, müxtəlif aviasiya hadisələri zamanı dəqiq qərar qəbul etməyi bacaran, təcrübəli və yüksək ixtisaslı mütəxəssislərə ehtiyac duyulur. Keçmiş zamanlardan fərqli olaraq, dövrümüzdə mütəxəssislərin hazırlanmasında aviasiya simulyatorların rolunu

xüsusi qeyd etmək lazımdır. Simulyatorlardan istifadə zamanı , bütün mövcud şəraitlər simulyasiya edildiyindən, həm xərclər əhəmiyyətli dərəcədə azalır, keyfiyyət göstəricisi yüksəlir, həm ekipajın, həm də hava nəqliyyatının təhlükəsizliyi tam təmin edilir. Hava gəmisi ekipajının simulyatorlarda hazırlıqları müxtəlif aviasiya hadisələri zamanı ekipaj tərəfindən tam şəkildə istənilən məsələni yüksək dəqiqliklə həll etməyə imkan yaradır. Pilotların aviasimulyatorlarda hazırlıqları zamanı, “Təlimatçılar” təlim prosesinə tam nəzarət edir, müxtəlif qeydlər aparır, təlim keçən şəxslərin müxtəlif hərəkətlərini analiz edir və uçuşun keyfiyyətinin artırılması üçün texniki sənəd və təcrübələrə əsasən məsləhət, tövsiyə və göstərişlərini verir.

Dövrümüzdə yeni bir mərhələnin başlanğıcının əsasını qoyan və bir çox yerinə yetirilməsi çətin, çox zaman, resurs, insan əməyi tələb edən məsələlərin həllini asanlaşdıran süni intellekt sistemləri mövcuddur. Süni intellekt sistemləri çox dinamik və unikal bir sistemlərdirlər və demək olar ki, onların istənilən sahədə tətbiq edilməsi mümkündür. Süni intellektin əsas üstünlüklərindən biri də, böyük həcmli biliklər bazasına sahib olması və mütəmadi olaraq bu bazanın genişlənməsidir. Bu biliklər isə, qısa zaman ərzində hər hansı bir məsələnin detallı şəkildə analizinə və daha dəqiq qərar qəbul etməyə imkan verir. Süni intellekdən istifadə edərək , istər real zaman şəraitində, istərsə də təlimdən sonra qeyd olunmuş parametrlər əsasında təlimi detallı şəkildə analiz edib, uçuşu qiymətləndirmək və ya nöqsanları aşkar etmək mümkündür. Süni intellektlə işləmək üçün , müxsəlif alqoritm və riyazi modellər mövcuddur. Bu modellərə misal olaraq, code-davinci-002, text-davinci-002, text-davinci-003, gpt-3.5-turbo-0301, gpt-3.5-turbo, gpt-4-0314, DALL-E və s. göstərmək olar. Məsələnin qoyuluşundan asılı olaraq modellərin hər birinin öz üstünlükləri mövcuddur. Adları qeyd olunan modellərin hər biri istifadəçilər üçün əlçatandırılar. Modellərdən “gpt-3.5-turbo” modelini nümunə götürərək , uçuş parametrlərini real zaman şəraitində emal edən və qərar qəbul edən sistemin modelinə nəzər salaq. Bunun üçün virtual simulyasiya üçün nəzərdə tutulmuş və “Open Source”—a malik “Prepar3D” sistemindən istifadə etmək mümkündür. Sistemdə xüsusi “SDK” nəzərdə tutulmuşdur ki, onun vastəsilə aviasimulyatorla obyektönlü proqramlaşdırma arasında interfeys qurub, məlumat mübadiləsini yerinə yetirmək mümkündür. Qeyd olunan sistem istər hava gəmisinin bütün parametrlərini, istərsə də ətraf mühit

parametrlərini real zaman şəraitində əldə etməyə imkan verir. Əldə edilmiş bu parametrlər əsasında hazırlanacaq proqram vasitəsilə süni intellekt modelinə sorğu göndərərək, parametrləri analiz etmək mümkün olacaq. Aşağıdakı şəkildə informasiyanın əldə edilməsi və qərar prosesinin hansı qaydada aparılması nümunəsi göstərilmişdir (şəkil 1.1)



Şəkil 1.1 . İnformasiya mübadiləsi və parametrlərin analizi

Yuxarıda qeyd etdiyimiz sxemdə, hazırlanan proqram təminatının interfeysi hazırlanır, “Prepar3D” aviasimulyatoru ilə “OYP” arasında informasiya mübadiləsinə, parametrlərin göndərilməsi və oxunmasını həyata keçirmək üçün “SDK”-dan istifadə edilir. SDK kitabxanasında hər bir parametrin öz dəyişəni (variable) və hər bir hadisənin (events) öz açar sözü mövcuddur. Bu açar sözlərdən istifadə edərək, OYP-dan sorğu daxil olduqda, həmin parametrin qiymətini qaytarır. Əldə olunmuş parametrləri paketləşdirib (istər massiv şəkildə, istərsə də tək tək) süni intellekt kitabxanasına sorğu (respond) vasitəsilə göndəririk. Sorğuların tezliyini özümüz təyin edə bilərik. İxtiyari olaraq, həm real zaman şəraitində parametrlər əldə olunan kimi, istər müəyyən intervaldan bir, istər tək-tək, istərsə də paket şəkildə müxtəlif paketlər formalaşdırıb mütəmadi olaraq sorğu göndərə bilərik. Sorğular süni intellekt proqram təminatının təyin olunmuş modelinə göndərildikdən sonra neyron şəbəkədə biliklər bazası əsasında analiz olunurlar. Analiz olunduqdan sonra isə, nəticələr yenidən hazırladığımız proqram təminatına göndərilərək proqramda əks olunurlar. Yuxarıda qeyd etdiyimiz nümunələrin hər

biri sorğulara nəticəni mətn şəklində qaytarır (DALL-E modeli istisnadır. Bu model qrafiki interfeyslərin hazırlanması üçün nəzərdə tutulub). Təlim zamanı pilotların yerinə yetirdiyi manevrlər, hərəkətlər, qəbul etdikləri qərarlar əsasında analizi yerinə yetirib nəticəni birbaşa və ya məlumatları verilənlər bazasında qeyd edərək təlimdən sonrakı mərhələdə detallı şəkildə təqdim etmək mümkündür. Hər bir sahədə olduğu kimi, informasiyanın dəqiqliyi düzgün qərar qəbul etməyə imkan verir. Aviasimulyatorlarda süni intellekti tətbiq etməzdən əvvəl, hansı tip təlimin yerinə yetirildiyi, hansı marşrut üzrə hərəkət edildiyini, hansıların ideal parametrlər olduğunu, hansı tip hava gəmisinin mövcud olduğunu, hansı hava şəraitində aparıldığını və s. kimi informasiyaları dəqiq şəkildə vermək lazımdır, belə ki, real təlimatçıdan fərqli olaraq, süni intellekt təlimi vizual olaraq izləyə bilmir, yalnız parametrlər əsasında qiymətləndirmə aparır. Buna görə də başlanğıc parametrlər düzgün və dəqiq şəkildə təqdim olunmalıdır. Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi, süni intellekt modelləri nəticəni mətn şəklində emal edir. Mətnin səsləndirilməsi (Text – to – speech) sistemlərindən istifadə edərək, real zaman şəraitində əldə olunmuş nəticəni səsləndirərək ekipajın düzgün addımlar atmasına yardımçı olmaq və ya sadəcə hansısa parametrin texniki sənədlərdən və başlanğıc tələblərdən və ya normadan kənarda olması barəsində ekipajı məlumatlandırmaq olar. Süni intellekt sisteminin imkanları çox geniş olduğundan, aviasimulyatorlarda personalın, ekipajın, mütəxəssislərin hazırlanmasının qiymətləndirilməsində, biliklərinin yoxlanılması və təkmilləşdirilməsində, həmçinin insan faktorunun iştirak etdiyi bir çox sahələri avtomatlaşdırmaq mümkündür. Bundan əlavə müxtəlif təyinatlı digər neyron şəbəkələrdən istifadə edərək, bir neçə süni intellekt sisteminin imkanlarını birləşdirərək, qarşılıqlı əlaqəsini təmin edib, müxtəlif nəticələr əldə etmək mümkündür. Məsələn olaraq yuxarıda qeyd etdiyimiz sxemdə (şəkil 1.1) sorğuların mətn formasında göndərilməsi və alınan nəticənin mətn şəklində təqdim edilməsi nümunəsi göstərilmişdir. DALL-E modelindən istifadə edərək, məlumatları qrafiki şəkildə təqdim olunmasını, text-to-speech sistemindən istifadə edərək mətnin səsləndirilməsini, “ELAI” modelindən istifadə edərək video formatda təqdim edə bilirik. Bütün bunlardan belə nəticə çıxarmaq olur ki, əsas lazım olan sorğu və məlumatların emalı hissəsini süni intellekt yerinə yetirir və

təbii sahəsindən , qarşıya qoyulan məqsədlərdən asılı olaraq, digər sistemlər ilə kombinə edib istənilən nəticəni əldə etmək mümkündür

Nəticə. Məqalədə bir çox məsələlərin avtomatlaşdırılmasına və daha dəqiq qərarların qəbul edilməsinə imkan verən “süni intellekt” sistemi haqqında araşdırılma aparılmış, mövcud olan intellektual alqoritmləri, modelləri və onların təyinatı haqqında məlumat verilmişdir. Bundan əlavə uçuşların keyfiyyətinin, uçuş heyətinin biliklərinin artırılması sahəsində əvəzolunmaz rolunu oynayan aviasimulyator texnikası və virtual aviasimulyatorlar ilə süni intellektin kombinə edilməsi, məlumatların emalı, sorğuların göndərilməsi, əldə olunan nəticələrin analiz edilərək istər real zaman şəraitində, istərsə də təlimdən sonrakı keyfiyyətin qiymətləndirilməsi mərhələsində təbii məsələlərinə baxılmışdır.

Ədəbiyyat

1. PILOT LOGBOOK FOR FLIGHT SIMMERS: The Perfect VFR IFR Flight Simulation Notebook for FS2020 XPLANE PREPAR3D Aviation Gamers (PILOT'S LOGBOOK for SIMMERS)
2. MICROSOFT FLIGHT SIMULATOR USER GUIDE: Well-Detailed & Easy-to-Follow Manual for Pilots, Instructors, and Virtual Aviators for + Flight Simulation Hacks, Tips & Tricks – 2022
3. GPT-4 Complete: 2nd Edition. A comprehensive technical guide to the new OpenAI model – 2023
4. Microsoft Flight Simulator 2020: Complete guide
5. The AI Product Manager's Handbook – 2022
6. Learning to Fly with Flight Simulator by John Rafferty
7. Mastering GPT-3. Artificial Intelligence for Business and Industry with ChatGPT . 2023
8. The Future of Learning A.A. KABIR|2022|
9. Maximizing Affiliate Marketing Success with ChatGPT. Chris Church 2023
10. Artificial Intelligence: A Modern Approach by Stuart Russell and Peter Norvig.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИБРИДНЫХ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ТРЕНАЖЕРА



Намик Гусейнов

*Национальная Академия Aviации, Баку
namik.guseynov@inbox.ru*

USING HYBRID TECHNOLOGIES IN DESIGNING AN IN- TELLIGENT SIMULATOR

Abstract. *This article discusses the use of hybrid technologies in the design of an intelligent simulator. Smart trainers are an effective tool for teaching and training in various areas. Hybrid technologies such as self-organizing systems, multi-agent systems, reinforcement learning and game theory combine to create powerful and innovative smart simulators.*

Самоорганизующиеся системы позволяют тренажеру адаптироваться к изменяющейся среде и самоорганизовываться для достижения поставленных целей. Мультиагентные системы создают среду, в которой агенты могут взаимодействовать друг с другом и с пользователем, способствуя более реалистичной симуляции и эффективному обучению. Обучение с подкреплением позволяет агентам самостоятельно обучаться и улучшать свои навыки, что приводит к персонализированному обучению. Теория игр моделирует стратегическое взаимодействие и принятие решений, развивая стратегическое мышление пользователей тренажера.

Математическая модель гибридных интеллектуальных тренажеров основывается на интеграции данных и обратной связи из различных источников. Она включает в себя алгоритмы машинного обучения, моделирование виртуальной среды и сценариев, а также самоорганизующиеся системы и мультиагентные системы. Это создает динамическую и адаптивную среду, способную предоставлять персонализированное обучение и тренировки.

Использование гибридных технологий при проектировании интеллектуального тренажера открывает новые возможности для более эффективного обучения и тренировки. Они позволяют создать гибкую и интеллектуальную платформу, способную адаптироваться к индивидуальным потребностям пользователей. Такие тренажеры могут применяться в медицине, спорте, образовании и других областях, содействуя развитию навыков и принятию рациональных решений пользователей.

Введение

В современном мире, где технологический прогресс продолжает ускоряться, интеллектуальные тренажеры становятся все более значимым инструментом для обучения и тренировки в различных областях. Они предоставляют возможность эффективно развивать навыки, улучшать производительность и принимать рациональные решения. Однако, для достижения максимальной эффективности и адаптации к потребностям пользователей, требуется инновационный подход при проектировании этих тренажеров.

В последние годы наблюдается повышенный интерес к гибридным технологиям, объединяющим различные подходы и методы, чтобы создать интеллектуальные тренажеры, обладающие расширенными возможностями и функциональностью. В данной статье мы рассмотрим использование гибридных технологий при проектировании интеллектуального тренажера и их влияние на эффективность обучения и тренировки. Первая гибридная технология, которую мы рассмотрим, - это самоорганизующиеся системы. Эти системы способны адаптироваться к изменяющейся среде и самостоятельно организовывать свою деятельность для достижения поставленных целей. При проектировании интеллектуального тренажера, самоорганизующиеся системы могут помочь создать адаптивную и гибкую платформу, которая способна реагировать на изменения в потребностях пользователей и оптимизировать тренировочные программы для достижения максимальных результатов.

Вторая гибридная технология – мультиагентные системы. В таких системах различные агенты могут взаимодействовать друг с другом и с пользователем, обмениваться информацией и предоставлять поддержку и обратную связь. Применение мульти-

агентных систем в интеллектуальном тренажере позволяет создать более реалистичные симуляции и эффективное обучение, основанное на взаимодействии и сотрудничестве.

Третья гибридная технология, которую мы рассмотрим, – это обучение с подкреплением. Этот подход позволяет агентам в тренажере самостоятельно учиться и улучшать свои навыки на основе обратной связи и вознаграждений. Обучение с подкреплением может быть применено для персонализации тренировочных программ и предоставления пользователю индивидуальной обратной связи, что способствует более эффективному обучению. Наконец, четвертая гибридная технология, которую мы рассмотрим, – это теория игр. Теория игр моделирует стратегическое взаимодействие и принятие решений, что развивает стратегическое мышление пользователей тренажера. Применение теории игр в интеллектуальных тренажерах позволяет создавать ситуации, в которых пользователи должны анализировать и выбирать оптимальные решения, что способствует развитию навыков принятия решений в реальных ситуациях.

В этой статье мы представим математическую модель, основанную на гибридных технологиях, которая объединяет алгоритмы машинного обучения, моделирование виртуальной среды и сценариев, самоорганизующиеся системы и мультиагентные системы. Мы обсудим преимущества использования такой модели при проектировании интеллектуальных тренажеров и ее влияние на эффективность обучения и тренировки.

В заключение, гибридные технологии предоставляют новые возможности для разработки инновационных и эффективных интеллектуальных тренажеров. Они позволяют создавать адаптивные и персонализированные тренировочные программы, улучшать процесс обучения и развития навыков пользователей.

Мультиагентные системы в интеллектуальных тренажерах

Мультиагентные системы являются важной составляющей гибридных технологий, применяемых в проектировании интеллектуальных тренажеров. Они позволяют создавать виртуальные среды, в которых пользователи могут взаимодействовать с виртуальными агентами, имитирующими реальные ситуации и поведение.

Мультиагентная система состоит из множества агентов, которые взаимодействуют между собой и с пользователем в целях достижения определенных обучающих или тренировочных задач. Каждый агент имеет свои собственные характеристики, знания, цели и стратегии принятия решений. Они могут обладать различными уровнями интеллектуальности и способностями. Формально мультиагентная система может быть представлена следующим образом:

1. Множество агентов: $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$, где каждый агент A_i имеет свои характеристики, знания и стратегии принятия решений.
2. Множество состояний: $S = \{s_1, s_2, \dots, s_m\}$, где каждое состояние s_i представляет собой определенную ситуацию или конфигурацию виртуальной среды.
3. Множество действий: $U = \{u_1, u_2, \dots, u_k\}$, где каждое действие u_i представляет собой возможное действие, которое может совершить агент в заданном состоянии.
4. Функции перехода и вознаграждения: $T: S \times U \times S \rightarrow [0, 1]$ и $R: S \times U \times S \rightarrow \mathbb{R}$, которые определяют вероятность перехода из одного состояния в другое при выполнении определенного действия и соответствующую награду или штраф, получаемые агентом.
5. Стратегии агентов: $\pi = \{\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n\}$, где каждая стратегия π_i представляет собой функцию, которая определяет, какое действие выбирает агент A_i в заданном состоянии.

Мультиагентные системы позволяют создавать интерактивную и динамическую обучающую среду, где пользователь может взаимодействовать с виртуальными агентами, принимать решения и получать обратную связь. Это способствует активному и глубокому обучению, развитию навыков и принятию рациональных решений в различных ситуациях.

Обучение с подкреплением в интеллектуальных тренажерах

Обучение с подкреплением (reinforcement learning) является мощным подходом к обучению агентов в интерактивной среде, включая пользователей тренажеров. В обучении с подкреплением используется концепция обучения на основе опыта, где агент самостоятельно исследует среду, принимает решения и получает обратную связь в виде награды или штрафа. Обучение

с подкреплением в интеллектуальных тренажерах может быть представлено следующими элементами:

1. Агент: агентом может быть, как виртуальный агент, разработанный для тренажера, так и сам пользователь, который взаимодействует с тренажером.

2. Среда: среда представляет виртуальное окружение, в котором происходит взаимодействие между агентом и пользователем. Среда может имитировать реальные условия или ситуации, которые требуют развития навыков и умений.

3. Состояние: состояние обозначает текущее положение среды, в котором находится агент или пользователь. Состояние может быть представлено как набор переменных или факторов, определяющих текущее состояние тренировки или ситуации.

4. Действия: действия представляют собой возможные действия, которые может совершать агент или пользователь в данном состоянии. Действия могут быть выбором ответов, принятием решений или выполнением определенных задач.

5. Награда: награда является числовой оценкой, которую агент или пользователь получают за выполнение определенного действия в заданном состоянии. Награда может быть положительной или отрицательной, и ее цель состоит в том, чтобы агент или пользователь могли оптимизировать свое поведение и принимать решения, которые приводят к наилучшим результатам. Математически, обучение с подкреплением в интеллектуальных тренажерах может быть представлено следующим образом:

➤ Пространство состояний: S , где $s \in S$ обозначает состояние среды или тренировки.

➤ Пространство действий: A , где $a \in A$ обозначает возможное действие, которое агент или пользователь может выполнить.

➤ Функция вознаграждения: $R(s, a)$ обозначает функцию, которая определяет награду, полученную агентом или пользователем при выполнении действия a в состоянии s .

➤ Правило принятия решений: $\pi(a|s)$ обозначает стратегию, которая определяет вероятность выбора действия a в состоянии s . Основной целью обучения с подкреплением в интеллектуальных тренажерах является нахождение

оптимальной стратегии принятия решений для агента или пользователя, которая максимизирует ожидаемую суммарную награду в долгосрочной перспективе. Обучение с подкреплением позволяет создавать интеллектуальные тренажеры, которые адаптируются к индивидуальным потребностям и способностям пользователей, что способствует более эффективному обучению и развитию навыков.

Теория игр в интеллектуальных тренажерах

Теория игр является важным инструментом в разработке и проектировании интеллектуальных тренажеров. Она позволяет анализировать стратегическое взаимодействие между различными агентами, включая виртуальных агентов и пользователей тренажера, и предоставляет формальные модели для принятия решений. В интеллектуальных тренажерах теория игр применяется для моделирования различных ситуаций, в которых агенты или пользователи принимают решения, основываясь на действиях других участников. Она предоставляет инструментарий для анализа стратегий и прогнозирования результатов взаимодействия. В теории игр используются следующие ключевые понятия:

1. **Игроки:** игроки представляют собой участников взаимодействия, которые могут быть как виртуальными агентами, так и пользователями тренажера.
2. **Стратегии:** стратегия определяет набор действий, которые игрок принимает в зависимости от действий других игроков и текущего состояния игры. Стратегии могут быть определены как простыми правилами, так и сложными алгоритмами, основанными на обучении или оптимизации.
3. **Равновесие:** равновесие в теории игр описывает состояние, при котором ни одному игроку не выгодно изменить свою стратегию при условии, что остальные игроки также сохраняют свои стратегии. Равновесие является ключевым понятием для анализа стратегических взаимодействий и поиска оптимальных решений.

Теория игр в интеллектуальных тренажерах позволяет моделировать различные сценарии, в которых агенты или пользователи принимают решения, учитывая действия и стратегии других участников. Она помогает оптимизировать

стратегии и принимать решения, которые приводят к наилучшим результатам в тренировке и достижению поставленных целей.

Самоорганизующие системы в интеллектуальных тренажерах

Самоорганизующие системы представляют собой важный компонент при проектировании интеллектуальных тренажеров. Эти системы основаны на идеях коллективного интеллекта и способны адаптироваться к изменяющимся условиям и требованиям среды без явного программирования.

В интеллектуальных тренажерах самоорганизующие системы могут использоваться для автоматической оптимизации процесса обучения и достижения целей пользователей. Они позволяют тренажеру адаптироваться к индивидуальным потребностям и предпочтениям пользователей, обеспечивая более эффективное и персонализированное обучение. Принципы самоорганизации включают следующие аспекты:

1. Автономность: самоорганизующиеся системы способны принимать решения и реагировать на изменения в среде без вмешательства внешних агентов. Они обладают определенной степенью независимости и гибкости, что позволяет им эффективно функционировать в различных условиях.
2. Взаимодействие и коммуникация: самоорганизующиеся системы взаимодействуют друг с другом и обмениваются информацией для совместного достижения целей. Они могут обмениваться данными, координировать свои действия и обучаться на основе опыта других систем.
3. Адаптация и обучение: самоорганизующиеся системы способны адаптироваться к изменяющимся условиям среды и улучшать свою производительность с течением времени. Они обучаются на основе опыта и применяют различные алгоритмы и методы, такие как генетические алгоритмы, машинное обучение или нейроэволюционные подходы, для оптимизации своего поведения и достижения поставленных целей.
4. Эмерджентность: самоорганизующиеся системы способны генерировать эмерджентное поведение, то есть такое поведение, которое возникает в результате взаимодействия и координации множества компонентов системы. Они способны создавать слож-

ные и неожиданные решения, которые превосходят возможности отдельных компонентов системы.

Самоорганизующиеся системы в интеллектуальных тренажерах обеспечивают гибкость, эффективность и персонализацию обучения.

Они позволяют тренажерам адаптироваться к индивидуальным потребностям пользователей, создавать новые стратегии и оптимизировать процесс обучения, обеспечивая более качественные результаты и повышая мотивацию пользователей.

Заключение

В данной статье были рассмотрены гибридные технологии, используемые при проектировании интеллектуальных тренажеров. Самоорганизующиеся системы, мультиагентные системы, обучение с подкреплением и теория игр играют важную роль в создании эффективных и адаптивных тренажеров, способных обеспечить оптимальное обучение и развитие пользователей. Самоорганизующиеся системы позволяют тренажерам адаптироваться к изменяющимся условиям и потребностям пользователей, оптимизировать процесс обучения и достигать поставленных целей без явного программирования. Мультиагентные системы обеспечивают сотрудничество и координацию между участниками тренажера, обмен информацией и опытом. Обучение с подкреплением позволяет агентам и пользователям учиться на основе опыта и наград, оптимизировать стратегии принятия решений и достигать максимальной суммарной награды. Теория игр позволяет моделировать стратегическое взаимодействие между участниками и оптимизировать стратегии принятия решений.

Применение этих гибридных технологий в интеллектуальных тренажерах открывает новые возможности для эффективного обучения, развития навыков и достижения поставленных целей пользователей. Они позволяют создавать инновационные и адаптивные тренажеры, которые могут быть применены в различных областях, таких как медицина, образование, производство и многие другие. Однако, несмотря на преимущества гибридных технологий, есть и некоторые вызовы, и ограничения. Их успешная реализация требует сложных алгоритмов, вычислительных ресурсов и экспертных знаний. Кроме того, важно

обеспечить эффективное взаимодействие между различными компонентами системы и учет потребностей пользователей. В будущем можно ожидать дальнейшего развития и усовершенствования гибридных технологий в области интеллектуальных тренажеров. Это позволит создавать более точные и адаптивные тренажеры, которые максимально учитывают индивидуальные потребности и способности пользователей. Использование гибридных технологий при проектировании интеллектуальных тренажеров открывает новые горизонты в области обучения и развития. Эти технологии становятся все более востребованными и перспективными, и их применение будет играть важную роль в образовании, здравоохранении, бизнесе и других сферах.

Список Литературы

1. Sutton, R. S., & Barto, A. G. (2018). Reinforcement Learning: An Introduction. MIT Press.
2. Russell, S. J., & Norvig, P. (2016). Artificial Intelligence: A Modern Approach. Pearson.
3. Wooldridge, M. (2009). An Introduction to Multiagent Systems. Wiley.
4. Shoham, Y., & Leyton-Brown, K. (2009). Multiagent Systems: Algorithmic, Game-Theoretic, and Logical Foundations. Cambridge University Press.
5. Littman, M. L. (2015). Reinforcement learning improves behaviour from evaluative feedback. *Nature*, 521(7553), 445-451.
6. Nguyen, T. N., & Lau, H. C. (2018). Reinforcement learning in cognitive and neural systems. *Trends in cognitive sciences*, 22(9), 764-776.
7. Alpaydin, E. (2014). Introduction to Machine Learning. MIT Press.
8. Mitchell, T. M. (1997). Machine Learning. McGraw Hill.
9. Bishop, C. M. (2006). Pattern Recognition and Machine Learning.
- Guseinoff, N., Dadashov, F., Asadov, E. (2023). Алгоритмические основы функционирования интеллектуального тренажера с использованием мультиагентных технологии.

İNTELLEKTUAL VERİCİLƏRİN POBOTOTEXNİKADA VƏ MEXOTRONİKADA TƏDBİQİ İMKANLARI



Kamaləddin Ramazanov

*Milli Aviasiya Akademiyası, Bakı
kamaleddin62@yandex.ru*

APPLICATION POSSIBILITIES OF INTELLIGENT TRANSMITTERS IN ROBOTICS AND MECHATRONICS

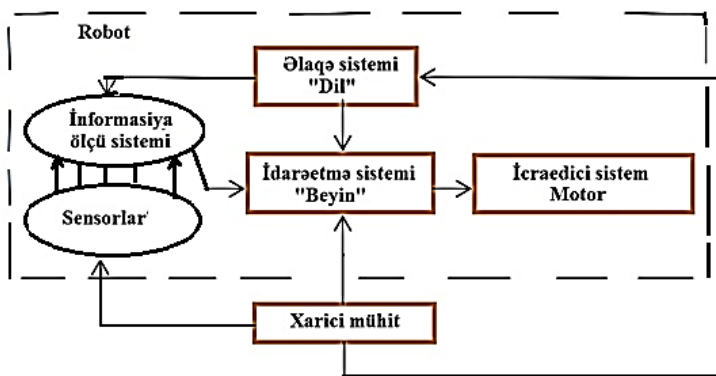
Abstract. *In the article, the important factor that determines the capabilities of the created robotics is closely related to the quality indicators of the applied intelligent sensors, as well as the possibilities of combining the functions of measuring the current parameters of mechanical movement, their conversion and computer processing according to the specified algorithms into a single information-measurement module. was analyzed. From a structural point of view, we are talking about the integration of the sensor and computer block of the mechatronic module, as a result of which the intelligentization of sensors allows to achieve higher measurement accuracy, noise filtering in the sensor module by software, calibration, linearization of input/output characteristics, compensation of hysteresis and zero shift.*

Son yarım əsrdə texnologiyanın sürətli inkişafı robot texnikasının sürətli inkişafına və müxtəlif məhsulların avtomatlaşdırılmış istehsalı prosesinə sənaye robotlarının uğurla tətbiq edilməsinə səbəb olmuşdur.

Hazırda dünyada təhlükəli və ağır fiziki işlərdə insanları əvəz edən müxtəlif robotlardan ibarət böyük bir toplum yaradılıb və geniş istifadə olunur. Yaradılan robot texnikasının imkanlarının vacib təyinedici amili tətbiq olunan intellektual sensorların keyfiyyət göstəriciləri ilə sıx bağlıdır. İntellektual sensorların yaradılmasında məqsəd mexaniki hərəkətin cari parametrlərinin ölçülməsi, onların çevrilməsi və müəyyən edilmiş alqoritmlər üzrə kompüterdə işlənməsi funksiyalarını vahid informasiya-ölçü modulunda birləşdirməkdir.

Struktur nöqteyi-nəzərindən söhbət mexatronik modulun sensor və kompüter blokunun integrasiyasından gedir ki, nəticədə sensorların intellektləşdirilməsi daha yüksək ölçmə dəqiqliyinin əldə olunmasına, proqram yolu ilə sensor modulunda səs-küyün süzgəclənməsinə, kalibrəlməyə, giriş/çıxış xarakteristikalarının xətti-ləşdirilməsinə, histerezis və sıfır sürüşməsinin kompensasiyasına imkan verir.

Ətraf mühitlə qarşılıqlı əlaqədə olan robotun struktur-funksional sxemi şəkil 1-də göstərilmişdir.



Şək. 1. Robotun struktur-funksional sxemi

Robot ümumilikdə 4 sistemdən ibarətdir: informasiya-ölçü ("Sensorlar"), idarəetmə ("Beyin"), icraedici ("Motor") və digər robotlarla, insan və ya robotun daxili sistemləri ilə əlaqə sistemi ("Dil") [1].

İnformasiya-ölçmə sistemi ("Sensorlar")—robotun idarəetmə sisteminin ("beyin") istehlakçılarına uyğun olaraq ətraf mühitin vəziyyəti və robotun özü haqqında məlumatları qavramaq və çevirmək üçün nəzərdə tutulmuş robotun süni hiss orqanlarıdır.

Robotun idarəetmə sistemi ("Beyin"), ilk növbədə, informasiya-ölçmə sistemindən gələn əks əlaqə siqnallarından istifadə edərək, icraedici sistem mexanizmlərinin hərəkətvericilərinin (mühərriklərini) idarə siqnalları ardıcılığını hazırlamaq, ikincisi, robotla insan arasında istənilən dildə ünsiyyət üçün nəzərdə tutulmuşdur. Robotun intellektual qabiliyyətləri idarəetmə və informasiya-ölçmə sistemi ilə müəyyən edilir [1].

Robotun icra sistemi ("Motorika") idarəetmə sisteminin yaratdığı idarəetmə siqnallarının (proqramlarının) icrası, habelə ətraf

mühitə təsiri üçün nəzərdə tutulmuşdur. İcra sistemlərinə misal olaraq manipulyatorları (mexaniki qolları), pedipulatorları (mexaniki ayaqları), özüyəriyən arabaları, 3D tomoqrafları və s. göstərmək olar.

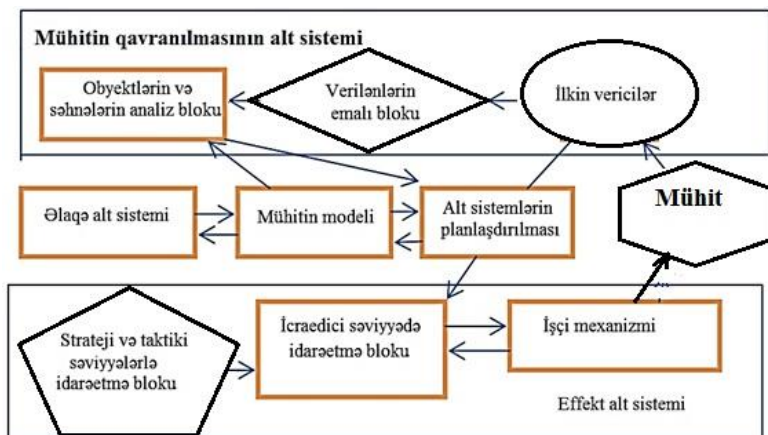
Robotun rabitə sistemi robot sistemləri, robot və insan və ya onların başa düşdüyü dildə digər robotlar arasında məlumat mübadilənin təşkili üçün nəzərdə tutulub. Belə bir mübadilənin məqsədi insan tərəfindən robota tapşırıqların formalaşdırılması, insan və robot arasında dialoqun təşkili, robotun işinə nəzarət, nasazlıqların diaqnostikası və robotun müntəzəm yoxlanılmasıdır. İnsandan robota məlumat adətən idarəetmə paneli və ya daxiletmə qurğusu (klaviatüradan əmrilər toplusu, səsli rabitə, video məlumatların daxil edilməsi, biopotensiallardan istifadə etməklə məlumatların daxil edilməsi və s.) vasitəsilə daxil olur.

Belə ki, insan məlumatları robota həm bilavasitə idarəetmə sisteminin yaddaşına daxil etməklə, həm də süni hiss orqanları vasitəsilə ona təsir etməklə ötürə bilər.

Xarici mühitlə qarşılıqlı əlaqədə olan informasiya qurğuları və sistemlərinə (IQS) malik aktiv robot sistemini nəzərdən keçirək. Fərz edək ki, bu aktiv robot sistemi ətraf mühit haqqında aprior informasiyaya malikdir I_a və əməliyyat prosesində həm xarici mühit I_x , həm də öz vəziyyəti (I_c) haqqında cari məlumatları alır. Aktiv robot sisteminin məqsədi xarici mühit çevrilmələri və ya təhlili ilə bağlı qərarlar qəbul etməkdir. Çox vaxt I_c məlumat natamamdır, ona görə də robot sistemi qeyri-müəyyənlik şəraitində işləyir. Bununla bağlı olaraq adaptasiya anlayışı altında aktiv robot sisteminin özünün və ətraf mühitin vəziyyəti haqqında cari məlumatlardan istifadə əsasında qeyri-müəyyənlik şəraitində müəyyən məqsədlərə nail olmaq qabiliyyəti kimi başa düşəcəyik. Bu zaman robot texnikası sisteminin parametrləri, strukturu və fəaliyyət alqoritmi dəyişə bilər [2].

Yuxarıda göstərilənlərə uyğun olaraq, biz robotun klassik ümumi blok sxemini şəkil 2-də göstərilən aktiv adaptiv robotun sxemində çevirə bilərik. Burada informasiya sisteminin strukturuna ətraf mühitin qavranılmasının alt sistemi, rabitə alt sistemi, planlaşdırma altsistemi, effektor altsistemi, həmçinin “Ətraf mühitin modeli” informasiya bloku daxildir. Şəkildə təqdim olunan sxemin (şək. 2) funksional işi aşağıdakı kimidir. Sensorlardan gələn siqnallar məlumatların emal bloku vasitəsilə çevrilir, kodlaşdırılır, süzülür və obyekt

və səhnə təhlili blokunun köməyi ilə işçi səhnənin lazımı parametrləri müəyyən edilir.



Şək. 2. Adaptiv robotun struktur sxemi

Təhlil zamanı iş səhnəsi haqqında aprior məlumat (riyazi model) I_a şəklində ətraf mühitin modelindən istifadə edilir ki, bu da rabitə alt sistemindən istifadə etməklə dəqiqləşdirilir. Öldə edilən məlumatlardan icra, taktiki və strateji səviyyələrdə istifadə olunur. Bu hərəkətlər iş mexanizmi (manipulyator, nəqliyyat arabası) ilə həyata keçirilir [2].

İQS-in əsas elementlərinin təyinatını nəzərdən keçirək.

İlkin çevirici və ya həssas element (HE) informasiya sisteminin xarici müdaxilənin təsiri altında vəziyyətini dəyişən ən sadə elementidir (məsələn, fototranzistor, fotodiod və ya tenzorezistor).

İlkin verici (sensor) ölçülən kəmiyyətin təsiri altında ekvivalent signal verir ki, (cərəyan, gərginlik, impedans), bu da ölçülən kəmiyyətin birmənalı olaraq funksiyasıdır.

Kinestetik sensorlar ümumiləşdirilmiş koordinatlar və qüvvələr (ayrı-ayrı işçi orqanlarının mövqeyi və nisbi yerdəyişmələri və onlar tərəfindən verilən güclər) haqqında verilənlərin məlumat massivini təşkil edir. Kinestetik vericilər çox mənalı mexanizmlərin uzlaşmalarındakı mövqeyi, sürəti, qüvvəni və momentləri ölçür.

Yerləşdirmə sensorları obyektlərdən əks olunan signalları (optik, akustik, elektromaqnit) əks etdirmək və qəbul etmək yolu ilə

ətraf mühitin fiziki parametrlərini müəyyən etmək və ölçmək üçün nəzərdə tutulmuşdur. Bu parametrlərin qiymətlərinə əsaslanaraq, obyektləri identifikasiya etmək üçün ətraf mühitin lokasiya (səhnənin) obrazı formalaşır.

Vizual sensorlar optik diapazonda (infraqırmızı, rentgen, mikrodalğalı) xarici mühitin işıqlılığının təhlili əsasında onun həndəsi və fiziki xüsusiyyətləri haqqında məlumat verir. Televiziya sistemləri buna misaldır.

Taktil toxunma sensorları ətraf mühit obyektlərini tanımaq və ya səhnə sərhədini qiymətləndirmək üçün onlarla əlaqənin xarakterini müəyyən edir. Bu sensorlar toxunma matrisləri və ya güc momenti vericiləri şəklində hazırlanır. Taktil toxunma sensorları həmçinin kinestetik sensorlardır [1].

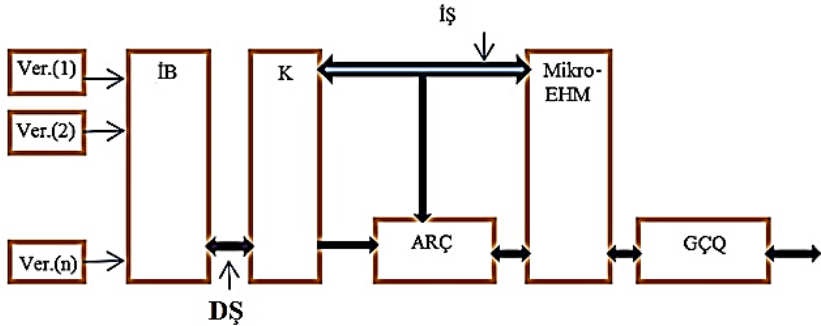
Generator sensorları birbaşa verilən elektrik signalının mənbəyidir.

Generator sensorlarının nümayəndələri: termoelektrik sensorlar; piro- və pyezoelektrik effektlər, fotoelektrik effekt, Holl effekti, həmçinin elektromaqnit induksiya hadisəsi və s. əsasında işləyən cihazlardır [2].

Parametrik sensorlar təzyiq qüvvəsi, ölçülən kəmiyyətin təsiri altında yerdəyişmələr onun həndəsi və elementlərinin ölçüsü, habelə materialın elektromaqnit xüsusiyyətləri, xüsusi müqavimət R , nisbi maqnit nüfuzluluğu M , nisbi dielektrik nüfuzluluğu E_r ilə əlaqədar olan çıxış impedansının bəzi parametrlərini dəyişir.

Parametrik sensorlarda signal ölçü dövrəsi ilə formalaşır (potensiometrik və ya körpü sxemi, rəqs konturu, əməliyyat gücləndiricisi ilə).

İnformasiya sisteminin funksional sxeminə nümunə şəkil 3-də göstərilmişdir. Bir və ya bir neçə sensor gücləndirici, kommutasiya, çevirmə, yaddaş və ötürmə qurğuları ilə birlikdə informasiya sistemini təşkil edir. Bu informasiya sensor sistemində ilkin gücləndirmə və rəqəmsallaşdırmadan sonra siqnallar (sensorlardan) ölçmə prosesinin inteqral qiymətləndirilməsini həyata keçirən mikro-kompüterə verilir. Sonra isə IQS yuxarı səviyyəsi və ya idarəetmə sistemi üçün məlumat formalaşdırılır.



Şəkil 3. İnformasiya sisteminin funksional sxemi nümunəsi: Ver (1)- Ver (n)- sensorlar; GB - gücləndiricilər bloku; K - kommutator; ARÇ - analoq rəqəmə çevirici; GÇQ - giriş-çıxış qurğusu; DX - daxili şin; İŞ - idarəetmə şini

Robot və mexatronik sensorlarına aşağıdakı tələblər qoyulur [2]:

- 1) unifikasiyalıq (standart çıxış signal diapazonuna malikdir);
- 2) elektromaqnit maneələr, gərginlik və tezlik dalğalanmaları şəraitində yüksək etibarlılıq və maneələrə qarşı davamlılıq;
- 3) kiçik ölçülülük, konstruksiyanın sadəliyi, həcmi məhdud olan manipulyatora və digər hissələrə "yerləşdirilməsi" imkanı;
- 4) çıxış və giriş sxemlərinin halvanik ayrılması, tənzimləmə və texniki xidmətin asanlığı;
- 5) parametrlərin mütləq oxunması imkanı.

Robot texnikasında IQS üç nəzarət səviyyəsində istifadə olunur: icraedici, taktiki və strateji (cədvəl 1).

Aralıq çevrilmələri minimuma endirmək nöqteyi-nəzərindən, ən təsirli (buna görə də mexatronikada çox geniş istifadə olunan) intellektual effektiv sensorlarından biri daxili mikroprosessorları olan optik kodlayıcılardır (inkoder). Müasir kodlayıcıların fərqli üstünlükləri arasında xüsusilə aşağıdakıları vurğulamaq olar: həm yerdəyişməni, həm də hərəkət sürətini təyin etmək imkanı; ölçmə zamanı yüksək dəqiqlik və aşağı səs-küy; çox dövrəlilik; konstruktiv kompaktlığı və mexatronik modulda yerləşdirmə imkanı.

Cədvəl 1 Robotlarda informasiya qurğularının və sistemlərinin istifadə nümunələri

İdarəetmə səviyyəsi	İnformasiya sisteminin köməyi ilə həll edilən əsas vəzifələr	İnformasiya vasitələri
İcraçı	Tutma hərəkətinin monotonluğunun təmin edilməsi. Manipulyator manqaların qarşılıqlı təsirinin aradan qaldırılması. Ötürülmələrin dinamik xüsusiyyətlərinin stabilliyinin təmin edilməsi.	Mövqe, sürət, təcilk sensorları; tək komponentli mil fırlanma momenti sensorları.
Taktiki	Lazımi tutma gücünün təmin edilməsi. Naməlum maneələrin yaxınlığında özü yönəltmə və əyləcləmə	Toxunma matrisləri, sürüşmə sensorları; optik, induktiv və tutum sensorları; video kameralar; ultrasəs məsafə-ölçənləri
Strateji	Qeyri-deterministik mühitdə hərəkət marşrutunun tapılması. Əlaqəli obyektlərlə işləyərkən lazımi gücün alınması. Verilmiş obyektlərin axtarışı və tanınması, onların qarşılıqlı mövqeyinin müəyyən edilməsi	Müxtəlif məsafəölçənlər, texniki görmə sistemləri və güc fırlanma anının təyini

Qeyd etmək lazımdır ki, intellektual kodlayıcılar real vaxt rejimində kompüterdə emal üçün əlverişli olan kodlaşdırılmış formada çıxış verilənlərinin təmin edilməsi çox vacibdir.

Kodlayıcıların iki əsas növü var - mütləq və artımlı. Mütləq kodlayıcılar sıfır mövqeyə nisbətən hərəkət edən valın yerdəyişmə kəmiyyəti haqqında (xətti və ya bucaq) məlumat verir.

Mütləq kodlayıcının üstünlükləri ölçmə etibarlılığı (enerjinin müvəqqəti olaraq söndürüldükdə belə, məlumat sensor tərəfindən itirilməyəcək), hərəkətin böyük sürətlərində yüksək dəqiqlik, sıfır

mövqeyinin yadda saxlanmasıdır (bu, maşınların reversiv və qəza hərəkətlərini idarə etmək lazım olduqda vacibdir). Artan kodlayıcı başlanğıc mövqeyə nisbətən artımlarla hərəkət istiqaməti və yerdəyişmə kəmiyyəti haqqında məlumat verir ki, bu da bir çox praktik tətbiqlərdə kifayətdir.

Kodlayıcıların intellektuallaşdırılması aşağıdakı əsas funksiyaları yerinə yetirən daxili mikroprosessorlar tərəfindən təmin edilir: sensorun məlumatının kodlaşdırılması, ölçmə xətlərinin aşkarlanması, signalın miqyaslaşdırılması və cari kodun standart protokoldan istifadə edərək hərəkət kontrollerinə ötürülməsi. İntellektuall kodlayıcıların yaradılmasında müasir tendensiya struktur elementlərin (vallar, rulmanlar), kodlaşdırma disklərinin, fotoelementlərin və mikroprosessorların vahid sensor modulunda birləşdirməkdir.

Ədəbiyyat

1. Сырямкин В.И. Информационные устройства и системы в робототехнике и мехатронике: учеб. пособие. (Серия: Интеллектуальные технические системы). – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2016. – 524 с.
2. Власов С. М., Бойков В. И., Быстров С. В., Григорьев В. В. Бесконтактные средства локальной ориентации роботов. — СПб: Университет ИТМО, 2017. — 169с.

AN ANALYSIS OF HOW ARTIFICIAL INTELLIGENCE IS UTILIZED IN THE CONTEXT OF BOTH INDIVIDUAL AND GROUP LEARNING



Pari Garayeva

*Milli Aviasiya akademiyası, Bakı
pgarayeva@naa.edu.az*



Yashar Hajiyeu

*ASOIU, Baku,
yasharhm@gmail.com*

HƏM FƏRDİ, HƏM DƏ QURUP ŞƏKLİNDƏ ÖYRƏNMƏ KONTEKSTİNDƏ SÜNİ İNTELLEKTİN NECƏ İSTİFADƏ OLUNDUĞUNUN TƏHLİLİ

Xülasə. Bu məqalədə mən beynəlxalq təhsil təcrübələrində fərdi və qrup öyrənmə yanaşmalarının müqayisəli təhlilini təqdim etmişəm. Hər iki yanaşma öz üstünlükləri və çatışmazlıqları, xüsusən də təhsildə süni intellekt metodlarından istifadə edən adaptiv intellektual repetitorluq sistemlərinin tətbiqi ilə bağlı qiymətləndirilmişdir. Məqsəd bu metodlardan istifadə etməklə məhsuldar təlim mühitinin necə yaradılmasını araşdırmaq idi. Məqalədə tədris və təlim prosesinin dəstəklənməsi, tələbələrin fəallığının və fəaliyyətinin yaxşılaşdırılması, fərdiləşdirilmiş öyrənmə və inkişaf imkanlarının təklif edilməsində intellektual repetitorluq sistemlərindən istifadənin faydaları müzakirə olunur. İTS-dən istifadə fərdi qiymətləndirmə və əks əlaqəni də asanlaşdırır. Nəhayət, məqalə məhsuldar və effektiv öyrənmə təcrübəsi əldə etmək üçün hansı öyrənmə mühitinin - fərdi və ya qrupun daha faydalı olacağına dair anlayışları təmin etmək məqsədi daşıyır.

Introduction

Artificial intelligence (AI) [1] is a type of technology that simulates human intelligence and mimics human knowledge processes

such as decision-making, language interpretation, and visual recognition through computer systems and robots. There are two complementary definitions of AI: the first involves a set of scientific techniques and algorithms that teach machines human-like administrative abilities to solve tasks that were previously assigned to humans in seconds. The second definition involves machine-based solutions that provide predictions, suggestions, and approaches that can influence real decisions after receiving a set of human objectives. AI systems can interact with us and directly or indirectly affect our decisions.

One major question is how the education sector can benefit from AI. Here are four ways:

1. Simplifying complex concepts: Many students move on to the next topic as soon as they encounter difficulty in a section, without studying it deeply. This breaks the chain of understanding, making it difficult to comprehend the topic because of its connection with the previous section. AI can help simplify complex concepts, reducing the likelihood of this problem.

2. Individual study plan: Learning through a game can be beneficial because games can foster adaptation. For instance, if a student fails to pass a game stage, they are not allowed to move on to the next stage, creating competition among students. This approach can also help measure learning behavior and identify which skills are developing more, such as learning rate or ability to answer questions.

3. Facilitating individual analysis of students: A single teacher cannot thoroughly assess each student in a group of 20-30, but AI can help. It has the ability to make decisions about a student's general activity in a subject, as well as predictions and suggestions about the field in which the student should focus.

4. Reconciling specialization lessons with modern times: Teaching and learning in education is an ongoing process, and the topics studied must keep pace with modern times. However, it can be challenging for educators to keep up with these changes. AI can help overcome this challenge quickly by reconciling specialization lessons with modern times instead of relying solely on educators.

With development of data collecting and processing technics, artificial intelligence exploratory learning has been widely applied in education such as NLP systems, teaching robots, adaptive tutoring

systems, intelligent tutoring systems, smart curation of learning materials, etc. AI Education [1] is considering as a skillful tool to simplify new pattern for revolutionary in the traditional education modes by using preferences of new opportunities of AI. Specially, AI Education provides modern approach, chance, and challenges which AI techniques implements these by learning students' behavior, predicting model building, learning recommendation, etc. for reforming personalized learning, making easier instructor's acquisition and new angle of insight in complex educational system. AI can automate actions like grading, arranging and dividing lesson homework between students by taking into account of their skills to solve the tasks, checking exam results, replying students' questions vividly, whereas these activities might not ever be replaced by AI completely. However, these programs won't teach high-order or creative thinking or decision-making thoughts to students, but they could get helping hand from AI tutors. AI cannot merely prepare educators and tutees to craft works how they want but these kinds of AI systems can encourage them to have areas wherever they might improve themselves based on their gap. Data forced by AI can change how educational institutions teach and support students. Smart data collecting systems which empowered by intelligent computer systems give insights to colleges how interact with prospective and current students. From administrative staff to students, intelligent computer systems help manage every sector of faculty experience more comprehensively adjust to student needs and goals.

Intellectual Tutoring System

The intelligent tutoring system (ITS) [2] is a tool that can improve the quality of teaching by providing individualized instruction based on the student's behavior. However, it is important to consider both individual and collective behavior in relation to their classmates, and to create a productive learning environment. This environment depends on the learner's current psycho-social state, motivation, desire and interest, interpersonal relationships, and active knowledge and skills. Characteristics of a productive learning environment include goal-oriented learning, reality-based learning, motivational activities, active and supportive knowledge design, self-regulation, and reflection. Social media can also have both positive and negative effects on a productive learning environment.

The application of artificial intelligence (AI) in individual and group education is becoming widespread, with ITS being used in countries such as Finland, Norway, China, France, and the United States. AI-based start-ups such as Thinkster Math, Brainly, MATHia, Netex Learning aim to make these applications available to everyone around the world and improve the development of equality in education. The ITS consists of three types of knowledge and four separate program modules to provide appropriate guidance to students (Fig.1).



Fig. 1. The components of an intelligent tutoring system

The Expert module of the intelligent tutoring system (ITS) compares the student's actions and choices to those of an expert, which enables the system to evaluate what the student understands and what they don't. The Learning module assesses the student's performance during their interaction with the tutoring system to determine how well they comprehend and explain the topic. The Instructional module specifies the kind of information to be given to the student, how and when it should be presented, in order to help the student make informed decisions. As the student becomes more experienced, the ITS model should become more sophisticated and offer more complex scenarios. In this system, the content presented is selected based on the student's level of knowledge. The Interface module creates an environment for communication and interaction between all these models and the user. Such tutoring systems offer the learner a broad range of practice case studies from a database, together with personalized feedback to solve each case study.

The adaptive hypermedia system from AI-connected tools is also important in higher education and distance learning.

Bridging the Gap: How Student-AI Collaboration is Shaping the Future of Education

Student-AI Collaboration [3] refers to the active and intentional involvement of students in working together with artificial intelligence (AI) technologies to achieve educational goals. It involves students collaborating with AI systems, tools, or platforms as partners or co-

creators in the learning process, leveraging the capabilities of AI to enhance their learning experiences, outcomes, and skills.

Student-AI Collaboration can take various forms, depending on the context and application of AI in education. It could involve students using AI-powered tools for data analysis, problem-solving, or creative projects, working alongside AI algorithms to generate personalized recommendations or feedback, or collaborating with AI chatbots or virtual assistants for learning support. It can also include students contributing to the design, development, or evaluation of AI technologies in education, providing feedback, and shaping the future direction of AI in learning environments. Student-AI Collaboration holds the potential to transform traditional educational models, empowering students to be active participants and co-creators of their learning experiences. It can foster critical thinking, creativity, and problem-solving skills, while also preparing students for the increasingly digital and AI-driven world. Ethical considerations, privacy, and responsible use of AI should also be taken into account in the context of Student-AI Collaboration. The current study has developed the SAC model, which comprises four key components that have been the focus of previous research: curriculum, student-AI interaction, environment, and evolution over time (as depicted in Figure 2).

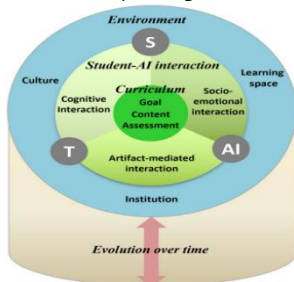


Fig. 2. Student-AI Collaboration Model

In the SAC model, there are three main participants: the student (S), the AI, and the teacher (T). The model portrays the individual student as an active learning agent, in contrast to the earlier literature on AIED where students were often considered passive recipients following a predetermined learning path guided by AI.

The model also identifies AI as another learning agent, shifting its role from being just a learning tool. Previous studies have highlighted the human-resemblance characteristics of AI as a unique feature that sets it apart from traditional educational tools. AI can serve as a teacher to diagnose learning processes and outcomes, provide personalized feedback, and evaluate achievement. AI can also facilitate peer relationships, such as in the case of AI chat-bots that learn foreign languages together with students. The model challenges the notion of interaction as exclusively human, and considers the possibility of AI as a direct interaction subject that exchanges information with students in the learning process.

Teachers play a critical role in shaping and facilitating SAC, and they are responsible for making decisions about the adoption of AI in the classroom. The model emphasizes that if teachers do not allow students to interact with AI in classroom learning activities, AI is unlikely to be integrated into the school's teaching curricula. While some anticipate that AI-assisted data-driven decision-making may diminish teachers' leadership, most literature argues that human teachers will remain the masterminds behind AI algorithms, considering the limitations of AI in intuition and value consideration. The model suggests that teachers should embrace a blend of data-driven, evidence-informed decision-making by AI and value-based moral decision-making by teachers to provide more effective instructional strategies.

The relationship between Student-AI Collaboration (SAC) and Intelligent Tutoring Systems (ITS) is closely intertwined. SAC refers to the collaborative interaction between students and AI systems in a learning environment, where students actively engage with AI as a learning partner. ITS, on the other hand, are computer-based systems that provide personalized instruction and feedback to students, mimicking the role of a human tutor.

The tight relationship between SAC and ITS can be summarized as follows:

1. **Enhanced Learning Experience:** SAC leverages the capabilities of ITS to provide personalized instruction, feedback, and support to students, resulting in an enhanced learning experience. Students can benefit from adaptive and individualized learning pathways, feedback on their performance, and tailored instruction based on their individual needs and learning styles.

2. Active Student Participation: SAC promotes active student participation by involving students as active learning agents who engage in collaborative interactions with the AI system. This shifts the traditional role of students from passive recipients to active contributors in the learning process, leading to improved engagement and motivation.

3. AI as a Learning Agent: In SAC, AI is recognized as a learning agent, with a role beyond being a mere tool. AI systems in ITS can diagnose learning processes, provide personalized feedback, and evaluate student performance, contributing to a dynamic and interactive learning environment.

4. Teacher Facilitation: While AI plays a crucial role in SAC and ITS, teachers are still considered important facilitators in the learning process. Teachers are responsible for incorporating AI into the classroom, making decisions about its usage, and providing value-based moral decision-making alongside data-driven decision-making by AI.

5. Blending Human and AI Expertise: SAC and ITS emphasize the importance of blending human and AI expertise in the learning process. Students can benefit from the strengths of both human teachers and AI systems, leading to more effective instructional strategies and improved learning outcomes.

SAC and ITS are closely related, with SAC leveraging the capabilities of ITS to create an active and collaborative learning environment where students actively engage with AI as a learning partner, supported by the facilitation of teachers for optimal learning outcomes.

Adaptive hypermedia system

Adaptive hypermedia [4] is a new approach to user modeling in education. It involves creating a personalized model of each user's goals, needs, knowledge, and learning progress, and using this model to adapt to the user's needs throughout their interaction with the system. Hypermedia systems provide an experiential learning environment that allows for the creation of rich, non-linear content with high-quality presentation. Such systems allow learners to access vast amounts of information through their laptops, mobile phones, or other handheld devices with a wireless network, without losing the connection between content and materials. Hypermedia systems can also

break down complex knowledge systems into a network structure that reduces cognitive load for the learner.

Adaptive hypermedia offers effective techniques for presenting data to learners, enabling them to build knowledge from different angles and improve their understanding. However, when building any adaptive system, it is important to determine the target audience and on what basis the system should be adapted. In adaptive hypermedia, the number of areas that can be adapted is limited, but it can be divided into content and transition-level adaptation. Adaptive presentation involves adapting the content of the page to the user's knowledge, skills, and goals. Adaptive navigation, on the other hand, involves making it easier for the user to reach their goals and acquire knowledge.

Adaptive navigation techniques include direct guidance, sorting, hiding, annotation, and map adaptation. Direct guidance is the simplest technology, which suggests the next best node for the user to visit based on their goal and other parameters. Adaptive sorting is user-oriented sorting of all links on a page, while hiding hides pages that are not relevant to the user's current goal. Adaptive annotation provides information about the current state of nodes behind annotated links.

Adaptive Intelligent Tutoring System

Upon examining adaptive hypermedia systems and intelligent tutoring systems, it was discovered that these systems work in conjunction, rather than separately. The optimal approach is to offer adaptive hypermedia and hypertexts to students online through an ITS. The fusion of an ITS and AH was a logical point of departure for research into adaptive educational hypermedia or AITS [5]. The core of AITS is the expert model, which is supported by the instructional and learner models. The expert model facilitates adaptive navigation and transfers data from the adaptive presentation to the interface module. The expert model outlines how information regarding a learner and the knowledge repository is utilized to determine the most suitable content and teaching methodology for a particular learner. By comparing the content of a particular course to the learner's current knowledge, the expert model determines what should be learned next. The system identifies a collection of recommended lectures based on the prerequisite relationship between different topics, and depending on the learner's learning style, either presents one of them or asks the learner to select one (see Fig. 3).

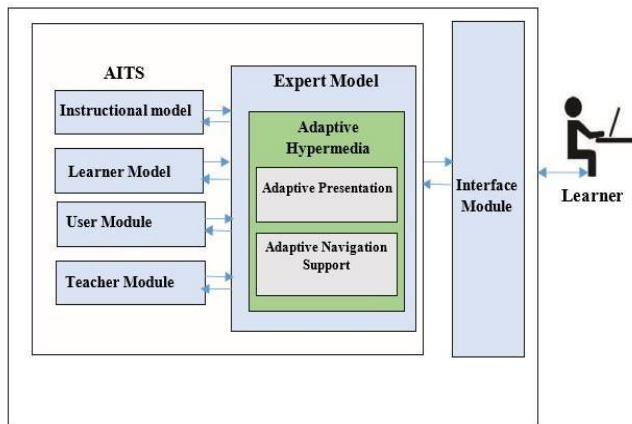


Fig. 3. Conceptual of Adaptive Intelligence Tutoring Systems

To achieve comprehensive adaptive learning on the internet, a combination of both AH and ITS instructional methods is necessary. The AITS approach [6], as shown in Figure 3, differs from both AH and ITS by allowing users to dynamically choose the most suitable teaching materials from their knowledge base and presenting them at the right time. This method also takes into account the evolving teaching style of the teacher and the learning progress of the student over time. In contrast, ITS uses the Teaching and Student modules to update AH concepts and assist in problem-solving as time progresses.

Conclusion

In conclusion, adaptive hypermedia and intelligent tutoring systems are recognized as highly effective approaches to computer-based learning. Our work aims to build on this foundation by developing an adaptive intelligent tutor system that combines the strengths of both systems. This integrated approach will not only learn and adapt to the behavior of students, but also offer a more productive teaching style to teachers. We believe that by leveraging the instructional expertise of adaptive hypermedia (AH) and the implementation capabilities of intelligent tutoring systems (ITS), our approach has the potential to significantly enhance learning performance. Through this combined approach, we aim to maximize the value of the relationship between AH and ITS, leading to improved learning outcomes. Brief biography

of Pari Garayeva – I am second year of part –time Ph. D student at National Aviation Academy. I graduated my bachelor degree from Azerbaijan University of Oil and Industry with the specialty "Information technologies and systems engineering". And I got master degree from National Aviation Academy with the specialty "Computer engineering".

Brief biography of Yashar Hajiyev – He currently works as an associate professor of the Faculty of Information Technologies and Management at Azerbaijan State Oil and Industry University. He is also the author of 34 scientific works, 4 inventions and 1 patent.

References

1. Medium, A New Phase in Education: AI-Based Collaborative Learning, <https://medium.com/@casefuture/a-new-phase-in-education-ai-basedcollaborativelearning-ed2db564dc44>, last accessed 2020/04/09.
2. Authors, Edward George Anderson and Kyle Lewis, A Dynamic Model of Individual and Collective Learning. *Journal Organization Science* Vol. 25, No. 2, March–April 2014, pp. 356–376
3. Springer, Learning design to support student-AI collaboration: perspectives of leading teachers for AI in education, <https://link.springer.com/article/10.1007/s10639-021-10831-6>
4. Author, Peter Brusilovsky, S.: Adaptive Educational Hypermedia. In: *Proceedings of Tenth International PEG conference*, Tampere, Finland, June 23-26, 2001, pp. 8-12.
5. Authors, Pipatsarun Phobun and Jiracha Vicheanpanya, Adaptive intelligent tutoring systems for elearning systems, *Procedia Social and Behavioral Sciences* 2 (2010) 4064–4069
6. Author, Muhammad Fauzan Ansyari, A Productive Learning Environment: A Brief Overview. *Al- Manar Journal of Education and Islamic Studies* Vo. 5, No. 2, January-June 2014

INTELLIGENCE SYSTEMS AND PARAMETRIC METRICS ON THE SECOND TYPE OF FUZZY NUMBER SPACES

Fuad Gurbanov



Vice-president of International Modern Sciences Academy named after Lotfi Zadeh, sr. lecture on the Department of Information Technologies and Programming of Baku State University
fuad.gi@hotmail.com



Nəzakət Mamedova

c.m.s docent on the Department of Equations of mathematical physics of Baku State University

İKİNCİ NÖVQƏ QEYRİ SAYILAR FAZASI ÜZRƏ KƏŞFİYAT SİSTEMLƏRİ VƏ PARAMETRİK METRIKALAR

Xülasə. Bu işdə ikinci növ qeyri-səlis ədədlərin fəzaları nəzərdən keçirilir. Bu boşluqlara parametrik ölçülər daxil edilir və bu fəzaların tamliq xassələri öyrənilir. Metrik parametrlər süni neyron şəbəkələri vasitəsilə hesablanır. Metrik funksiyalar qərar qəbul etmə problemlərinə tətbiq edilir.

Açar sözlər: qeyri-səlis rəqəm, dəstək, ölçülər, neyron şəbəkə, kəşfiyyat sistemi, tamliq, strategiya, qərar qəbulu.

During mathematical modeling of some applied problems, especially in economics, one can face different types of uncertainties [1]. Such problems often occur when modeling the humanistic systems [2]. To increase the adequate of such models, the use of fuzzy numbers has been widely spread [3]. Using these numbers in many cases the uncertainties occurring within the complex systems are managed to be designed efficiently. In return, it leads to a more detailed study and managing such systems.

The fuzzy number is hereafter understood as fuzzy subset of number axis:

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x)) | x \in R, \mu_{\tilde{A}}: R \rightarrow [0,1]\}$$

Later on, we will consider only those tolerant [3] fuzzy numbers, which meet the following conditions [4]:

1. Normality

$$\exists x_0 \in R, \text{ is the same as } \mu(x_0) = 1$$

2. Support limitation

The fuzzy number support is understood as a set, where the membership function obtains the positive value:

$$S_{\tilde{A}} = \{x | x \in R, \mu_{\tilde{A}}(x) > 0\}$$

$$\exists a, b \in R, \text{ is the same as } \forall x \in S_{\tilde{A}} \Rightarrow a \leq x \leq b$$

3. Upper semicontinuity

For any consistency x_n ($n = 1, 2, 3 \dots$) narrowing to the x above $x_{i+1} < x_i$ is followed by the membership function:

$$\lim_{x_n \rightarrow +x} \mu_{\tilde{A}}(x_n) = \mu_{\tilde{A}}(x)$$

4. Fuzzy convexity

$\forall x, y \in A^\alpha$ inequality is true

$$\mu_{\tilde{A}}(\lambda x + (1 - \lambda)y) \geq \min\{\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{A}}(y)\} \geq a,$$

$$\text{where } 0 \leq a \leq 1, A^\alpha = \{x | x \in R, \mu_{\tilde{A}}(x) \geq a\}, \lambda \in [0,1]$$

Let us mark the set of all fuzzy numbers possessing the properties 1-4 through F_N^R (Fuzzy Normal Numbers on the R).

During mathematical modeling of different complex systems, the emphasis is given to introducing the metrics into the F_N^R space. Each metrics is the main tool of the modeled intelligence system during the decision making.

Let us list the main requirements applied to the metric functions within the fuzzy numbers spaces:

1. Metric functions must meet the metric axioms:

$$a) \rho(\tilde{A}, \tilde{B}) \geq 0, \rho(\tilde{A}, \tilde{B}) = 0 \Leftrightarrow \tilde{A} \equiv \tilde{B}$$

$$b) \rho(\tilde{A}, \tilde{B}) = \rho(\tilde{B}, \tilde{A})$$

$$c) \rho(\tilde{A}, \tilde{B}) \leq \rho(\tilde{A}, \tilde{C}) + \rho(\tilde{C}, \tilde{B}), \text{ for } \forall \tilde{A}, \tilde{B}, \tilde{C} \in F_N^R$$

2. $\rho: F_N^R \times F_N^R \rightarrow R^+$

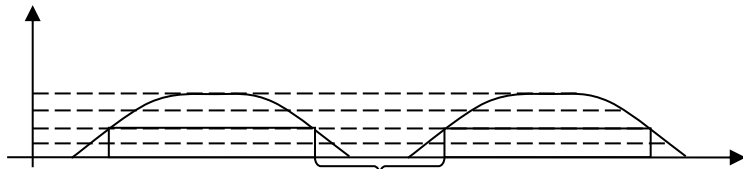
3. Metric functions must meet the limitations and requirements of the model problem and extremely reflect the behavior of the modeled intelligence system.
4. Metric spaces must be complete.
5. The metric formula offered must be comfortable for calculations.

Unlike common numbers, the fuzzy numbers are complex objects with different characteristics. The distance between these numbers is calculated from the distances between different characteristics [5]:

$$\rho_{\tilde{A}, \tilde{B}} = \sum_{i=1}^n \beta_i \rho_i(X_{\tilde{A}}^i, X_{\tilde{B}}^i) \quad (1)$$

$$\text{where } 0 \leq \beta_i \leq 1, 1 \leq i \leq n, \sum_{i=1}^n \beta_i = 1$$

Here the coefficients β_i reflect the significance of different characteristics of fuzzy numbers $\tilde{A}$ and $\tilde{B}$, which are correspondingly marked as $X_{\tilde{A}}^i, X_{\tilde{B}}^i (1 \leq i \leq n)$. The characteristics of fuzzy numbers may be center of gravity, support, membership function, geometrical center of gravity etc. Metrics inputs by formulae (1) generate various metric spaces. The calculation methods of β_i coefficients, as well as completeness of these spaces have been considered in several works [5]. Let us suppose that we have two fuzzy numbers: $\tilde{A}, \tilde{B} \in F_N^R$ (see figure 1



Let us partition the segment $[0,1]$ into n levels:

$$0 \leq \alpha_1 \leq \alpha_2 \leq \dots \alpha_n \leq 1$$

Let us determine the minimum and maximum distance between the A^{α_i} and B^{α_i} sets as the following:

$$LD_i = \inf \rho(A^{\alpha_i}, B^{\alpha_i}),$$

$$HD_i = \sup \rho(A^{\alpha_i}, B^{\alpha_i}), \quad (2) \text{ for all } i \in 1..n$$

The distance between the A^{α_i} and B^{α_i} sets will be estimated as convex combination of the distances set by the formulae (2):

$$\begin{aligned} \rho(A^{\alpha_i}, B^{\alpha_i}) &= \gamma_i LD_i + (1 - \gamma_i) HD_i, \\ \text{where } 0 \leq \gamma_i \leq 1, 1 \leq i \leq n \end{aligned} \quad (3)$$

Using the formula (3) let us determine the distance between fuzzy numbers $\tilde{A}$ and $\tilde{B}$, as a convex linear combination of the distances between the α_i levels:

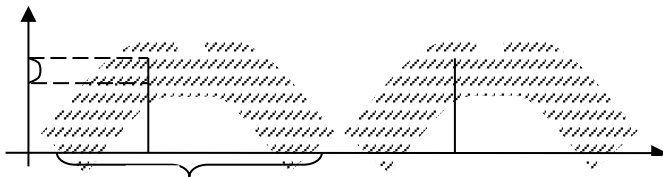
$$\rho(\tilde{A}, \tilde{B}) = \sum_{i=1}^n \beta_i \rho(A^{\alpha_i}, B^{\alpha_i}) \quad (4)$$

$$\text{where } 0 \leq \alpha_i \leq 1, 0 \leq \beta_i \leq 1, \text{ for all } i \in 1 \dots n, \quad (5)$$

Therefore, we have determined the crisp distance between fuzzy numbers $\tilde{A}$ and $\tilde{B}$ by means of formula (4) and conditions (5). As we can see from the determination in formula (4), there are 3 n-parameters:

$$\{\alpha_i\}_{i=1}^n, \{\gamma_i\}_{i=1}^n, \{\beta_i\}_{i=1}^n.$$

Theorem 1. The space F_N^R in which the metrics has been input by means of a formula (4)-(5) is complete. As known, for actual intelligence systems [2] (humanistic systems), the membership function value for fuzzy number $\tilde{A}$ in each $x \in S_{\tilde{A}}$ point is a fuzzy number again. In other words, in reality we deal with fuzzy numbers of the second types. In each $S_{\tilde{A}}$ point of the support a new fuzzy number $\tilde{A}_2(x)$ (see figure 2)



Membership function $\tilde{A}_2(x)$ depends on y . Let us mark this function as $\bar{\mu}_{\tilde{A}}(x, y)$. We will select the K of characteristic points $X_{\tilde{A}}^i$ where $i \in 1..k$ in $S_{\tilde{A}}$ support [5]. The same way we will select

the similar characteristic points $X_{\tilde{B}}^i$ for all $i \in 1..k$ in $S_{\tilde{B}}$ support.

Let us mark fuzzy numbers obtained in X_A^i points with $\bar{\mu}_A(X_A^i, y)$ membership function as $\tilde{A}_2^i$ for each $i \in 1..k$. The same way we will input the $\tilde{B}_2^i$ label for fuzzy numbers obtained in characteristic points of the $\tilde{B}$ support.

The distance between fuzzy numbers of the second series $\tilde{A}$ and $\tilde{B}$ will be determined by means of the following formula:

$$\rho_2(\tilde{A}, \tilde{B}) = \sum_{i=1}^k \bar{\beta}_i \rho_2(\tilde{A}_2^i, \tilde{B}_2^i) \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^k \bar{\beta}_i = 1, 0 \leq \bar{\beta}_i \leq 1, \text{ for all } i \in 1..k \quad (7)$$

where the ρ distances in the right side (6) is calculated by means of formulae (4)-(5).

Therefore, the input formula (6)-(7) determines parametric metrics, in which $3nk$ parameters are involved. Except above mentioned parameters it has new K normalization parameters $\{\bar{\beta}_j\}_{j=1}^k$.

Theorem 2. The function determined by formulae (6)-(7) is a metric one.

Therefore, we have metric space of fuzzy numbers of the second series $(\bar{F}_N^R, \rho_2)$ in which $3nK$ indefinite parameters are involved. All these parameters are characteristics of intelligence systems. Setting the values of these parameters we can obtain various intelligence systems with independent strategies of decision making.

One of the main problems arising during the study of economic systems is research and adequate modeling of the human factor. It is widely known that the main values involved in such systems, being the foundation for decision making, are fuzzy numbers.

Each intelligence system has its own evaluating system, one of the main components of which, is metric function, peculiar for this system.

Let us input the unified value for all $3nk$ parameters of the metric function, determined by the formulae (6)-(7):

$$P = \{P_i\}_{i=1}^q, \text{ where } q = 3nk$$

Intelligence system can be characterized by the parameters (8), which determine the ρ_2 metrics, set by the formulae (6)-(7):

$$IS \leftrightarrow [(\bar{F}_N^R, \rho_2), P] \quad (9)$$

The P coefficients in system (9) are determined by means of study in neural networks [5],[6].

Thus, by means of factors P we can approximate the real intelligence systems or to create systems with in advance certain properties.

Reference

1. А.В.Андрейчиков, С.Н.Андрейчикова. Анализ, синтез, планирование решений в экономике. Москва, «Финансы и статистика», 2000
- 2.Л.А.Заде. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений. Москва, «Знание», 1974
- 3.Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта. Под ред. Д.А.Поспелова. Москва, «Радио и связь», 1987
- 4.Phil Diamond, Peter Kloeden. Metric spaces of fuzzy sets. Theory and Application. *World Scientific*, 1994, Singapore, New Jersey, London, Hong Kong
- 5.Ф.И.Курбанов. Применение параметрической метрики к задачам принятия решений в экономических системах. Современные проблемы социально-экономического развития и информационных технологий. Сборник трудов. Баку – 2004
- 6.В.В.Круглов, В.А.Борисов. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. Москва – 2001

SÜNİ İNTELLEKT ƏSASLI SİMULYASIYA PROQRAMLARININ ƏHƏMİYYƏTİ VƏ DEEP REINFORCEMENT LEARNING YANAŞMALI STRATEGİYALAR



Vaqif Qasimov

*Azərbaycan Texniki Universiteti, Bakı
vaqif.qasimov@aztu.edu.az*



Dilarə Quluzadə

*Azərbaycan Texniki Universiteti, Bakı
dilare.quluzade@aztu.edu.az*



Validə Məmmədova

*Azərbaycan Texniki Universiteti, Bakı
memmedova.valide@aztu.edu.az*

IMPORTANCE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE BASED SIMULATION PROGRAMS AND DEEP REINFORCEMENT LEARNING APPROACHED STRATEGIES

Abstract. The intellectual analysis of data in the era of information war, which is expanding day by day on the Internet, has significant implications for making effective decisions in any field, from estimating the profit in any product to political issues. Also, data science and intelligent data analysis applications have wide application possibilities in systems simulation issues.

Keywords: simulation, DRL approach in simulators, strategies in simulators.

Giriş: Mobil tətbiqlər 5G texnologiyasının yaratdığı imkanlar sayəsində mövcud olan ən mürəkkəb və səmərəli mühəndis

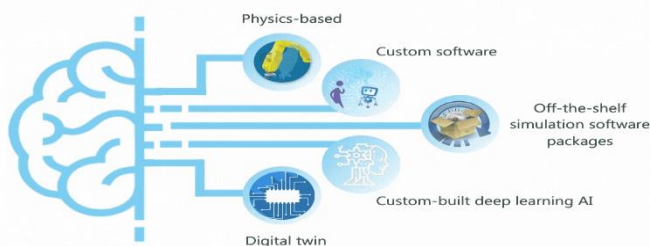
sistemlərindən birinə çevrilmişdir. Tipik müasir Verilənlər bazası sistemlərinin minlərlə konfigurasiya parametrlərinə malik olduğunu nəzərə alsaq, optimal planlaşdırmanı, konfigurasiyanı və müxtəlif saytları özündə birləşdirən ümummilli mobil şəbəkədə informasiyanın fasiləsiz və optimal qaydada ötürülməsini təmin etmək ən çətin və çoxsaylı resurs tələb edən mühəndislik problemlərindən biridir.

Bu problemi həll etmək üçün sistem səviyyəli 5G texnologiyasından istifadə edən simulyatorlar bir çox sahələrdə geniş istifadə olunur.

Trafik mühitində artan avtomatlaşdırma səviyyəsinə əsaslanaraq, son bir neçə il ərzində çox sayda kommersiya və açıq mənbəli simulyatorlar hazırlanmışdır. Mövcud sistemlərin inkişaf tempinə nəzər salsaq, süni intellektin simulyasiya məsələlərinə integrasiyasının gələcəkdə xeyli yaxşılaşacağını proqnozlaşdırmaq olar. [1,2]

Hətta, simulyasiyada süni intellektdən istifadə yanaşması simulyasiyanı necə qavradığımızla bağlı sənayedə paradigma dəyişikliyinə səbəb ola bilər[3].

Simulyasiya və Süni İntellekt iki fərqli texnologiya yanaşması olsa da, bu texnologiyalar ilkin formalarında bir-biri ilə əlaqəlidir.



Şək. 1. DRL-dən istifadə edən yüksək abstraksiya səviyyəli
Süni İntellekt simulyasiya strategiyaları

Kompüter mühəndisliyində simulyasiya real mühiti və ya maşını təqlid edir, Süni İntellekt isə insan intellektini effektiv şəkildə simulyasiya edir[3].

Dərin gücləndirici öyrənmə (Deep Reinforcement Learning-DRL) elə süni intellekt təlim metodologiyasıdır ki, burada əvvəlcədən mövcud təlim məlumat dəstindən istifadə etmək əvəzinə, sınaq və

səhv yolu ilə tək başına öyrənməyə imkan verir[4]. DRL-dən istifadə edən yüksək abstraksiya səviyyəli Süni İntellekt simulyasiya strategiyaları aşağıdakı kimi təsnif edilir (Şəkil 1.):

Physics-based simulations - Fiziki abstraksiya simulyasiyaları. Sistemdə simulyasiya olunacaq obyektlər reallığı əks etdirirsə və proseslər sadə struktura malikdirsə ən əlverişli üsul fizika qanunlarına əsaslanan simulyatorlardan istifadə etməkdir. Bu yanaşmada real həyat sisteminin dəqiq simulyasiyasını qurmaq üçün fizika qanunlarına əsaslanılır. Bununla belə, sistem daha çox cihaz və avadanlığı əhatə etdikdə proseslər bir qədər mürəkkəbləşə bilər.

Custom software - İstifadəçi proqram simulyasiyaları. Sistemdə hər hansı fizika qanunu simulyasiyası tələb olunmadıqda, daha sadə struktur yaratmaq üçün standart proqramlaşdırma dillərindən istifadə edərək fərdi simulyatorlar qurmaq daha əlverişlidir. Bununla belə, bəzi hallarda istifadəçi proqram simulyasiyaları ilə Fiziki abstraksiya simulyasiyalarının birgə tətbiqi daha əlverişli nəticə verir.

Off-the-shelf simulation software packages - Standart simulyasiya proqram paketləri. Diskret prosesləri, texnoloji istehsalları və daha çox prosesləri əhatə edən geniş tipli sistemlərin simulyasiyası üçün zəngin kitabxanalarla mövcud proqram paketlərindən istifadə olunur və bu platformalar müxtəlif simulyasiya metodlarını dəstəkləyir.

Custom-built deep learning AI - Dərin öyrənmə əsaslı süni intellekt simulyasiyaları – Sistemdəki hər bir elementin davranışlarını qeydə alan və təlim məlumatları dəsti yaradan süni intellekt əsaslı simulyatorlardır. Bu "qara qutu" yanaşması çox sayda təlim məlumatı tələb edir. Bununla belə, bu, DRL öyrənmə məqsədləri üçün effektiv simulyasiya təmin edərkən simulyatorun sistemin mürəkkəbliyindən mücərrəd olmasına imkan verir. Təlim məlumatlarının mövcudluğu problemini həll etmək üçün ən yaxşı seçim sistemin real giriş və çıxış məlumatlarının fəaliyyətini dəqiq ölçməkdir. Bu ölçüləri əldə etmək üçün bu məlumatları səmərəli şəkildə toplamaq üçün digər texnologiyalardan istifadə etmək lazım ola bilər.

Digital twins - Rəqəmsal ikilik simulyasiyaları. Rəqəmsal ikilik fiziki bir obyekti dəqiq əks etdirmək üçün hazırlanmış virtual bir modeldir. Bu sensorlar enerji istehsalı, temperatur, hava şəraiti və s. kimi fiziki obyektin müxtəlif aspektləri haqqında məlumat yaradır, daha sonra emal sisteminə ötürülür və rəqəmsal nüsxəyə tətbiq olunur.

Bu cür məlumatlar əldə edildikdən sonra, virtual model simulyasiyalar aparmaq, performans problemlərini araşdırmaq və mümkün inkişafı inkişaf etdirmək üçün istifadə edilə bilər, hamısı daha sonra orijinal fiziki obyektə tətbiq oluna bilən dəyərli məlumatlar əldə etmək məqsədi ilə.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Qasimov V.Ə., Quluzadə D.A., Məmmədova V.X., Verilənlərin intellektual analizi metodları və tətbiq sahələri “Dördüncü sənaye inqilabının texnoloji perspektivləri: sənaye interneti, kiberfiziki sistemlər və intellektual texnologiyalar” mövzusunda Respublika elmi-texniki konfrans, Azərbaycan Texniki Universiteti, 26-27 noyabr 2020-ci il, 4 səh (542-545).
<https://drive.google.com/file/d/1IicPFn6I3Xt1FBCoZSPQtonlT8mqFF4A/view?usp=sharing>
2. Tannan Xiao, Ying Chen, Jianquan Wang, Shaowei Huang, Weilin Tong, Tirui He, “Exploration of artificial-intelligence oriented power system dynamic simulators” Journal of Modern Power Systems and Clean Energy, vol. 11, № 2, March 2023, page (401-411).
<https://drive.google.com/file/d/1vFzYFyvY80rgvYjP0A3mXtgHpPef6kE/view?usp=sharing>
3. Syed Muhammad Asad Zaidi, (Member, IEEE), Marvin Manalastas, (Member, IEEE), Hasan Farooq, (Member, IEEE), ALI IMRAN , (Senior Member, IEEE), “SyntheticNET: A 3GPP Compliant Simulator for AI Enabled 5G and Beyond” Received February 27, 2020, accepted April 5, 2020, date of publication May 6, 2020, date of current version May 15, 2020.
<https://drive.google.com/file/d/1L49pSnVVV12vHEXB8gizjJ1sPj78HzVT/view?usp=sharing>
4. <https://roboticsimulationservices.com/how-are-industries-creating-new-opportunities-by-combining-simulations-and-ai/>
5. <https://nealanalytics.com/blog/advanced-simulations-the-key-to-successful-deep-reinforcement-learning-based-ai-deployments/>

BÖLMƏ 4.
AVIASIYA TƏHLÜKƏSİZLİYİNDƏ SÜNİ INTELEKT
TEXNOLOGİYALARI VƏ AEROKOSMİK BİOTİBBDƏ SÜNİ
INTELEKT

РОЛЬ ПРОФИЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ
СЕНСОМОТОРНОЙ АСИММЕТРИИ И
ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ АСИММЕТРИИ МОЗГА В
ПРОГНОЗИРОВАНИИ ОШИБОЧНЫХ ДЕЙСТВИЙ
ЛЕТЧИКОВ



Елена Николаева

*Российский государственный
педагогический университет им.А.И.
Герцена, Россия
klemtina@yandex.ru*

THE ROLE OF THE PROFILE OF FUNCTIONAL SEN-
SORIMOTOR ASYMMETRY AND FUNCTIONAL BRAIN
ASYMMETRY IN PREDICTION OF ERRONOUS ACTIONS
OF PILOT

Abstract. The article is devoted to the problem of functional brain asymmetry as a predictor of the pilot risk behavior. Two aspects of the problem are discussed: the influence of the functional sensorimotor asymmetry profile and functional brain asymmetry to the professional activity.

It is shown that there are no “good” type of profiles and that right hemisphere activity could lead both to the wrong and creative operations. We need to organize the crew with different types of profiles.

Прогноз поведения летчика в экстремальных ситуациях стал особенно актуальным, когда возникло понимание, что прогнозировать поведение летательного аппарата проще, чем поведение того, кто управляет этим аппаратом [1-3,5,6,10]. С открытием функциональной асимметрии мозга казалось, что появился простой способ прогноза поведения: леворукие люди

менее приспособлены к оборудованию, рассчитанному на управление правой рукой [16,21].

Но более глубокое изучение этого явления породило больше вопросов, чем ответов. Во-первых, между леворукостью и праворукостью (которых не так-то и много в популяции) лежит широкий спектр использования рук в действиях, который включает амбидекстрию и смешаннорукость [11]. Амбидекстрия предполагает равное участие обеих рук в любом действии. Но тогда летчик-амбидекстр имеет преимущество перед другими летчиками, поскольку одинаково ловко управляется двумя руками. При изучении конкретных исследований, оказалось, что даже в работах, где говорится про амбидекстров, фактически изучаются не люди, одинаково владеющие двумя руками во всех действиях, но те, кто в одних действиях использует правую руку, а в других – левую[7]. Более того, наиболее быстры реакции отмечаются у ведущей руки в том случае, если ведущая нога будет находиться на другой стороне [19]. А это значит, что данных о том, как ведет себя амбидекстр в сложных условиях нет.

Большая часть исследований, оценивающих рукость, использует одну- две пробы. Но в факторном анализе выявлено три фактора, относящихся к рукости: один связан с обучением, второй - с генетической предрасположенностью и третий- с особенностями взаимодействия двух рук. Однако при подборе проб практически никто не учитывает выбор проб таким образом, чтобы можно было рассмотреть все три фактора при изучении рукости [12]. А это значит, что, выявив генетическую предрасположенность, можно не учесть эффективность взаимодействия или переучивания в детстве.

Кроме рукости асимметрия касается зрения и слуха. Если мы оцениваем только рукость, не учитывая два других параметра, то мы не знаем, как поведет себя летчик-правша, у которого ведущее ухо левое, получая информацию от диспетчера. Эта информация должна будет пройти через мозолистое тело, прежде чем она начнет управлять правой рукой. То же относится и к зрению: 40% людей имеет ведущий левый глаз [18, 20]. Это означает, что у праворукого летчика могут быть ведущие левый глаз и левое ухо и тогда в ситуации, когда все зависит от кратких

мгновений, это мгновение может быть занято передачей информации из одного полушария в другое.

Исходя из вышесказанного наилучшим претендентом в летчики будет человек, у которого все показатели в моторной и сенсорной сфере- правые. Тогда информация из разных органов чувств быстрее всего будет передана на руку, совершающую действие. Но оказывается, что у людей, у которых все параметры правые, правая рука эффективна только при манипуляции, а силовые действия лучше совершаются левой рукой [12]. В этом случае совсем не обязательно, что человек с абсолютно правыми признаками окажется эффективным при аварийной посадке.

Кроме асимметрии, выраженной в периферических признаках, значительное влияние на эффективность деятельности оказывает функциональная асимметрия полушарий мозга. Если еще некоторое время назад казалось, что левый профиль связан с большей активностью правого полушария, а правый - левого, то теперь мы знаем, что активность полушарий определяется видом деятельности и полом и не связана с типом профиля функциональной сенсомоторной асимметрии [14].

Максимальное количество людей с правым профилем обнаружено вовсе не среди мужчин, а среди женщин. И этому есть простое биологическое объяснение: левое полушарие отвечает за все последовательные процессы, например, речь, а также за циклические функции, которыми у женщины являются менструальный цикл и беременность. При этом у женщины практически в каждой деятельности участвуют оба полушария, тогда как у мужчины в максимальной степени выражена функциональная асимметрия мозга, проявляющаяся в том, что за логические процессы в большей мере несет ответственность левое полушарие, а за эмоции – правое [4]. Более того, в стрессовой ситуации именно у мужчины большую активность на себя берет правое полушарие [12].

Стресс у летчика может быть не только в полете, но и в жизни. Длительное состояние стресса и невозможность разрешения определенной проблемы может привести к состоянию незавершенной адаптации, которое обнаруживается в длительной активации правого полушария и включенности его в любую деятельность, а также на психологическом уровне - в

невротических симптомах, препятствующих эффективному выполнению профессиональных действий [12].

Мы упоминали уже амбидекстров, но оказывается, что в стрессовой ситуации люди с левым и симметричным профилем (в том числе амбидекстры) в большей мере обнаруживают правополушарную активность [19], тогда как чем меньше левых признаков у мужчины, тем больше вероятность более низкой активности эмоционального правого полушария и высокой интерференции с левого на правое полушарие. Но правое полушарие отвечает не только за эмоциональное переживание, но и за выработку необычных решений [17,20,22]. В этом случае летчик с правыми признаками будет четко выполнять инструкцию, но не сможет создать нетривиальное решение, которое может в некоторых ситуациях быть крайне полезным.

Есть еще один важный аспект функциональной асимметрии, который может привести к усложнению ситуации полета. Известно, что правое полушарие отвечает и за вегетативную регуляцию[8]. У людей с правым профилем существует более высокая вероятность возникновения инсультов и инфарктов. В том числе при экстренном решении проблем в сложных длительных ситуациях [12].

Все вышеизложенное свидетельствует о том, что нет типа профиля, надежно предсказывающего эффективность человека в экстремальной ситуации. Более того, каждый из них обладает и недостатками, и достоинствами. Тогда вопрос стоит о том, что отбирать нужно не летчиков с определенным типом профиля функциональной сенсомоторной асимметрии, а летные экипажи, в которых наличие исключительно правых признаков и способность логически мыслить в любой ситуации у командира сочеталась бы со способностью к нетривиальному решению у его помощника. Более того, каждый из них должен знать собственные достоинства и недостатки в стрессовой ситуации, чтобы принимать не единоличные, а совместные решения.

Однако все это требует практической проверки в реальных полетах или экспериментальных ситуациях.

Литература

1. Александров А.Ф., Егоров П.И., Лебединский А.В. и др. Влияние на организм человека активного парашютирования с самолета. Военно-медицинский журнал. 1932. N 4. С. 12-25.
2. Бодров В.А., Лукьянова Н.Ф. Личностные особенности пилотов и профессиональная эффективность. Психологический журнал. 1981. N 2. С. 51-65.
3. Буянов П.В., Космолинский Ф.П. Значение эмоций в профессиональной деятельности летчика. Военно-медицинский журнал. 1966. N 6. С. 63-65.
4. Вольф Н. В., Разумникова О. М. Половой диморфизм функциональной организации мозга при обработке речевой информации // Функциональная межполушарная асимметрия. М.: Научный мир, 2004. С. 386–410.
5. Газенко О.Г. Некоторые данные по физиологическому анализу явления утомления у летчиков. Военно-медицинский журнал. 1955. N1. С. 34-42.
6. Дьяченко М.И., Кандыбович Л.А., Пономаренко В.А. Готовность летчика// Готовность к деятельности в напряженных ситуациях. Минск: Университетское, 1985. С. 101-114.
7. Ефимова И. В. Амбидекстры: Нейропсихология индивидуальных различий. СПб.: КАРО. 2007.
8. Ефимова И.В., Хомская Е.Д. Межполушарная асимметрия функций и вегетативная регуляция при интеллектуальной деятельности. Физиология человека. 1990. Т. 16, № 5. С. 147-154.
9. Жаворонкова Л.А. Правши-левши. Межполушарная асимметрия биопотенциалов мозга человека. Краснодар: Эконивест, 2009.
10. Лебедев В.И. Личность в экстремальных условиях: психическая деятельность в технических и экологически замкнутых системах. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001.
11. Леутин В.П., Николаева Е.И. Психофизиологические механизмы адаптации и функциональная асимметрия мозга. Новосибирск: Наука. Сиб.отделение, 1988.
12. Леутин В.П., Николаева Е.И. Мифы и действительность функциональной асимметрии мозга. СПб.: Речь, 2005.

13.Николаева Е.И., Борисенкова Е.Ю. Сравнение разных способов оценки профиля функциональной сенсомоторной асимметрии у дошкольников. Асимметрия. 2008. Т.2, N 1. С.32-39.

14.Разумникова О.М. Мышление и функциональная асимметрия мозга. Новосибирск: Изд-во СО РАМН, 2004.

15.Семенович А.В. Межполушарная организация психических процессов у левшей. М.: Наука, 1991.

16.Bishop D. V. M. Individual Differences in Handedness and Specific Speech and Language Impairment: Evidence against a Genetic Link Behavior Genetics. Behavior Genetics. 2001. V. 31.N 4. P. 339–351.

17.Gernsbacher M.A., Kaschak M.P. Neuroimaging studies of language production and comprehension. Annual Review of Psychology. 2003. V.54. P.91-114.

18.Hustler J., Loftus W., Gazzaniga M. Individual variation of cortical surface area asymmetries. Cerebral Cortex. 1998. V.8. P.11-17.

19.Olex-Zarychta D., Raczek J. The relationship of movement time to hand-foot laterality patterns. Laterality. 2008. V.13, N5. P. 439-455.

20.Reiterer S., Erb M., Grodd W., Wildgruber D. Cerebral Processing of Timbre and Loudness: fMRI Evidence for a Contribution of Broca's Area to Basic Auditory Discrimination. Brain Imaging and Behavior. 2008. V. 2 P. 1–10.

21.Perelle I. B., Ehrman L. On the Other Hand. Behavior Genetics. 2005. V. 35, N. 3.P.343-350.

22.Van der Elst W., Van Boxtel M. P. J., Van Breukelen G. J. P., Jolles J. Is left-handedness associated with a more pronounced age-related cognitive decline? Laterality. 2008. V. 13. N 3. P. 234–254.

АДАПТИВНЫЙ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ КОРРЕКЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЛИЦ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ПРОФЕССИЙ



Николай Суворов

*Федеральное государственное
бюджетное научное учреждение
«Институт экспериментальной
медицины»*

nbsuvorov@yandex.ru

Тимофей Сергеев



*Федеральное государственное
автономное образовательное учреждение
высшего образования «СПГУ
аэрокосмического приборостроения»
(ГУАП)*

stim9@yandex.ru

Оксана Тихоненкова



*Федеральное государственное
автономное образовательное учреждение
высшего образования «СПГУ
аэрокосмического приборостроения»
(ГУАП) *krivohizhinaov@gmail.com**

ADAPTIVE HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX FOR FUNCTIONAL STATE CORRECTION IN PERSONS OF EX- TREME PROFESSIONS

Abstract. A system for the functional state correction of people in extreme professions is proposed – a program-controlled turntable for moving a person in the sagittal plane with different oscillation periods. The period of table oscillations is determined by the system with visual biofeedback for controlling the heart rhythm and finding its own harmonic.

Keywords: hardware-software complex, adaptive feedback, own (native) harmonic, extreme states

Специалисты, испытывающие в своей профессиональной деятельности физические и информационные перегрузки, должны постоянно поддерживать высокую степень мотивации, внимания и готовность к принятию решений в условиях дефицита времени.

В настоящее время автоматизация, автономность, режим реального времени внедряются в киберфизические (Cyber-Physical) системы аэрокосмической отрасли – это системы обработки данных, принятия решений, обмена информацией и др. Растущий уровень «сотрудничества» между человеком-оператором и автоматикой на фоне физических и психофизиологических нагрузок требует улучшения эксплуатационных характеристик человеко-машинных интерфейсов – машина отслеживает когнитивные состояния оператора и адаптируется к ним, чтобы максимизировать эффективность работы. Обсуждаются также ключевые электро- и нейрофизиологические параметры, используемые в связи с когнитивными состояниями человека в системе управления, и перспективность использования систем с биологической обратной связью [1, 2].

Если рассогласование или дисбаланс между способностью человека справляться с психофизиологическим напряжением и вызывающими его причинами становится систематическим, может развиваться состояние перехода в хронический стресс, являющийся значительным фактором риска развития различных заболеваний, таких как гипертония, инфаркт, инсульт и даже внезапная смерть. Чрезвычайно важным является проведение исследований, цель которых – разработка «умных» устройств и технологий, которые рассматриваются в качестве **психофизиологической поддержки** стандартной терапии стрессогенных расстройств.

В литературе описано и опробовано на практике достаточно методов определения физиологических признаков психофизиологического напряжения, острого, эпизодического и хронического стресса. Для изучения хронического стресса требуется комплексный подход. В остальных случаях реакции организма имеют, как правило, срочный и обратимый характер. В первую очередь реагируют сердечно-сосудистая и дыхательная

системы [1-3], в ритмах головного мозга также происходят изменения [3], смысл которых не всегда однозначен.

Ранее было показано, что отдельные виды пассивных движений/перемещений человека в пространстве положительно влияют на гемодинамику при умеренных параметрах колебательных движений подвижного ложа стола (частота колебаний, углы наклона над горизонтом) и используются в терапии различных состояний [4-6].

Предлагаемый комплекс реализует психофизиологическую технологию, которая (при необходимости) в сочетании с другими видами медицинской помощи применяется для снятия профессионального напряжения. Режим реального времени не предусмотрен. Основными физиологическими показателями выбраны хорошо изученные сопряжённые функции дыхания (пневмограмма) и variability сердечного ритма (кардиоритмограмма), при этом параметры колебательных движений ложа, на котором фиксирован человек, физиологически обоснованы предыдущими исследованиями [7, 8 и др.].

Разработанная нами и используемая на протяжении многих лет адаптивная технология биологической обратной связи [9, 10 и др.] убедительно показала, что терапевтический цикл биоуправления приводит к восстановлению ритмической структуры сердечного ритма, ритмов головного мозга, нормализуются частота пульса, артериальное давление и другие показатели [7, 8]. Функциональная психофизиологическая коррекция состояния человека способствует также выявлению собственной гармоничности сердечного ритма, соответствующей частоте дыхательных движений – кардиореспираторная синхронизация. Именно частота собственной гармоничности положена в основу колебательных движений стола.

Структура адаптивного аппаратно-программного комплекса представлена на рисунке 1.

В качестве электромеханической подвижной части разработанного аппаратно-программного комплекса выбран программно-управляемый поворотный (механургический) стол (3), обеспечивающий пассивно-динамическую ориентацию человека в сагиттальной плоскости относительно

горизонтальной оси с различной скоростью и с центром в точке крепления ложа к неподвижной опоре поворотного стола. Поворотный стол изготовлен АО «ГОЗ Обуховский завод» в Санкт-Петербурге [11].

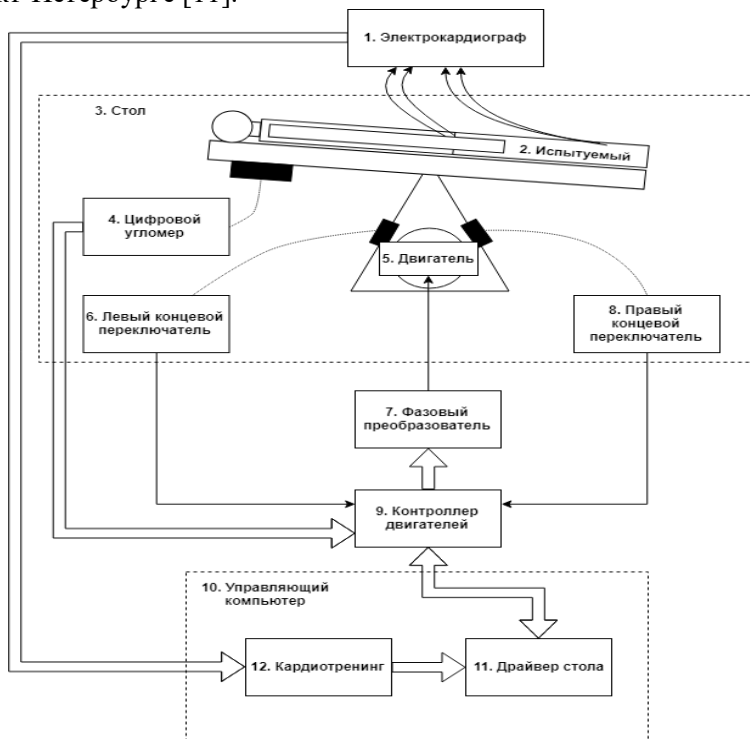


Рис. 1. Структурная схема адаптивного аппаратно-программного комплекса

Нагрузка, вызываемая пассивно-динамической ориентацией организма, может индивидуально дозироваться путём изменения скорости и направления движения и сопоставляться с физиологической реакцией и углом наклона тела человека. Скорость и направление наклона задает фазовый преобразователь 7, получающий сигналы управления с контроллера двигателей (9).

Пациент или испытуемый располагается на ложе в горизонтальном положении. При необходимости или при углах

наклона более $\pm 10^\circ$ конечности испытуемого дистально фиксируются. Для исключения технически или процедурно неприемлемых положений ложа применены два концевых переключателя (6 и 8), передающих сигнал в контроллер двигателя (9) для остановки движения ложа.

Непрерывный физиологический контроль функционального состояния человека осуществляется путем оценки параметров variability сердечного ритма (BCP), определяемых по кардиоритмограмме в режиме реального времени и в зависимости от угла наклона ложа в пространстве с одновременным обеспечением:

- принятия решения об автоматическом прекращении процедуры постурального воздействия на испытуемого на основе сравнения текущих значений физиологических параметров с их нормативными значениями и положения его в пространстве;

- формирования и передаче сигнала о прекращении процедуры воздействия на испытуемого в систему управления столом с минимальной задержкой.

Блок цифрового угломера (4) предназначен для дополнительного контроля за положением ложа. Данные с цифрового угломера поступают в контроллер двигателя и служат для контроля положения ложа испытуемого.

Электрокардиограф (1) фиксирован специальными средствами под боковым торцом ложа. В него поступают электрокардиосигналы испытуемого. В электрокардиографе происходит предварительная обработка этих сигналов (фильтрация, устранение помех) для передачи в управляющий компьютер (10) на вход блока «Кардиотренинг».

Блок 12 «Кардиотренинг» фактически является программой [9], которая органично встроена в общую систему. На вход этого блока поступает электрокардиограмма (ЭКГ) испытуемого (одно отведение). Из ЭКГ программа формирует кардиоритмограмму (КРГ), анализирует её спектральный состав, variability сердечного ритма (CP), вариационный размах, постоянную составляющую, соответствующую средней частоте CP, определяет гармонику максимальной амплитуды с периодом в диапазоне 0,05 – 0,2 Гц (3-12 вдох/мин) как собственную гармонику (CG).

Эти данные поступают в блок 11 «Драйвер стола», где происходит формирование команд для управления частотой колебаний стола [11], соответствующей частоте собственной гармоника, и углами наклона вверх и вниз от горизонта, которые пропорциональны амплитуде СГ. Возможен вариант колебаний только вверх от горизонта и обратно. Испытуемый дышит в ритме СГ в течение двух минут (длительность одной пробы) – вдох при движении ложа вверх, затем выдох. По завершении пробы программа снова рассчитывает указанные параметры, вычисляет коэффициент кросскорреляции между кардиоритмограммой и СГ. Если испытуемому удалось синхронизировать КРГ и СГ, то программа автоматически усложняет задание по дыханию, например, может не более чем на 5% (незаметно для испытуемого) увеличить угол наклона ложа. Частота колебаний при этом может не меняться или изменяться на те же 5% в любую сторону для проверки: собственная ли это гармоника? Если коэффициент кросскорреляции низок, то программа сформирует более лёгкое задание – уменьшит угол наклона головного конца ложа. Что касается частоты колебаний, программа будет путём смены частот колебаний «добиваться» устойчивого повышения от пробы к пробе коэффициента кросскорреляции, что означает синхронизацию частоты колебаний сердечного ритма и дыхания в ритме колебаний стола. Кардиореспираторная синхронизация – хороший диагностический признак. Необходимо подчеркнуть, что в программу встроены ограничения, не позволяющие формировать параметры колебаний стола, несовместимые с возможностями конкретного человека. Медицинский работник, проводящий процедуру, в любой момент может изменить параметры, если что-то показалось подозрительным. При работе стола в автономном режиме аналогичные ограничения встроены и в блок 11. В случае, если «ошиблась» программа, пропуск сигнала об ошибке допустил медработник, принимается решение об автоматической остановке и приведении стола в горизонтальное положение [12].

Расширение функциональных возможностей стола (перемещение в трёхмерном пространстве, широкий набор скоростей и углов наклона, соответствующее программное

обеспечение) позволит моделировать реальные траектории движения транспортных средств, в частности, тангаж, рыскание, качка и др.

Список использованной литературы

1. Pongsakornsathien N. et al., Sensor Networks for Aerospace Human-Machine Systems // Sensors, 19, 3465 (2019); [doi:10.3390/s19163465](https://doi.org/10.3390/s19163465)
2. Attar E.T. et al., Stress Analysis Based on Simultaneous Heart Rate Variability and EEG Monitoring // Wearable Sensors and Health Monitoring Systems, v. 9 (2021); [doi:10.1109/jtehm.2021.3106803](https://doi.org/10.1109/jtehm.2021.3106803)
3. Rastgoo M.N. et al., A Critical Review of Proactive Detection of Driver Stress Levels Based on Multimodal Measurements // ACM Computing Surveys, v. 51, No. 5, Article 88 (2018); <https://doi.org/10.1145/3186585>
4. Blanik N. et al., Assessment of Human Hemodynamics under Hyper- and Microgravity: Results of two Aachen University Parabolic Flight Experiments // Acta Polytechnica, No. 4-5, v. 47. p. 29-32 (2007)
5. Vernon H. et al., Inversion therapy: a study of physiological effects // The Journal of the CCA, v. 29, No. 3. p. 135-140 (1985)
6. Сергеев Т.В. и соавт., Комплексное исследование физиологических реакций организма человека на сложные поструральные воздействия // Мед.акад. жур., т. 21. № 4. с. 31-46 (2021); <https://doi.org/10.17816/MAJ79459>
7. Suvorov N.B., Psychophysiological Training of Operators in Adaptive Biofeedback Cardiorhythm Control // The Spanish Journal of Psychology, v. 9, No. 2, p. 193-200 (2006); [doi:10.1017/S1138741600006090](https://doi.org/10.1017/S1138741600006090)
8. Суворов Н.Б. и соавт., Биологическая обратная связь в реабилитации лиц, пострадавших от «оранжевого агента» // Биомедицинская радиоэлектроника, №2, с. 71-80 (2017)
9. Семченков А.А. и соавт., Кардиотренинг с функцией анализа variability сердечного ритма // Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2013661210. Реестр программ для ЭВМ. 02.12.2013

10. Суворов Н.Б. и соавт., Устройство для осуществления функциональной психофизиологической коррекции состояния человека // Патент РФ № 168975 Опубликовано: 28.02.17, Бюл. № 7.
11. Толкачев П.И., Пантелеев А.В., Подвизников М.Л. Механургический стол для массажа и мануальной терапии // Патент РФ 2391084. (2010).
12. Суворов Н.Б. и соавт., Комплекс для регистрации физиологических параметров пациента и его положения в трёхмерном пространстве при сложных динамических постуральных воздействиях // Патент РФ № 2712017 Опубликовано 24.01.2020. Бюл. № 3

ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ В СИСТЕМАХ БЕЗОПАСНОСТИ



Светлана Антошук

*Одесский национальный политехнический
университет, Украина
svetlana_onpu@mail.ru*



Оксана Бабилунга

*Одесский национальный политехнический
университет, Украина
babilunga@mail.ru*



Анатолий Николенко

*Одесский национальный политехнический
университет, Украина*

WAVELET ANALYSIS OF IMAGES FOR SECURITY SYSTEM

Abstract. The use of wavelet analysis of images for security system discusses in this article. The localization of specific image fragments using a two-dimensional filtering based on continuous wavelet transform is offered. Two-dimensional wavelet filters are obtained by matrix multiplication of the coefficients of one-dimensional wavelet filters. Technique localization of specific image fragments is offered. Results of testing for different applications are considered.

Keywords: Computer image processing, localization, characteristic fragments, continuous wavelet transform, two-dimensional wavelet filters.

Проблема обеспечения безопасности в сфере авиации требует решения ряда задач: идентификации пассажиров при входе в аэропорт или допуске на борт воздушного судна, аутентификации сотрудников аэропорта при разграничении прав доступа во внутренние помещения, контроля и учета рабочего времени летного состава, анализа документов содержащих биометрическую информацию (например, билетов с биометрическими данными пассажира), защиты компьютерных систем и сетей аэропорта от несанкционированного доступа и т.п. Эти задачи, нацеленные на обеспечение комплексной безопасности воздушного транспортного узла, решаются с помощью интеллектуальных информационных систем. Среди последних особое место занимают системы, основанные на анализе визуальной информации.

Как правило, системы анализа визуальной информации состоят из ряда подсистем: предварительной обработки (улучшение качества, снижение уровня помех, изменение формы представления); локализации объектов (поиск и выделение области интереса или так называемого характерного фрагмента); распознавания (отнесение объектов к определенному типу).

В данной работе рассмотрены особенности решения задачи поиска и локализации характерных фрагментов изображения. Под характерным фрагментом будем понимать область изображения соответствующую объектам, подлежащим распознаванию (номерному знаку на автомобилях, маркировке на грузах, багаже, контейнерах, текстовым надписям на документах с различным фоном, элементам лица человека и т.п.) с определенными пространственно-частотными характеристиками. На изображении, такая область представляет собой квазипериодическую последовательность импульсов интенсивности и характеризуется сосредоточенными и довольно резкими перепадами интенсивности с определенной частотой [1]. Для выделения последней, как показал литературный анализ целесообразно применять методы, использующие вейвлет-преобразования [2,3]. Все они базируются на построчной или постолбцовой обработке изображений с использованием дискретного или непрерывного вейвлет-преобразования, которое позволяет выполнить сегментацию изображения и определить границы объекта в

анализируемой строке (или столбце). Для таких характерных фрагментов как текстовые надписи имеются методики автоматического выбора масштаба непрерывного вейвлет-преобразования, обеспечивающие локализацию такого фрагмента при различных размерах шрифтов [4,5]. Однако при этом практически не учитываются пространственные соотношения между элементами объекта, т.е. особенности его формы. Учет формы объекта с использованием корреляционных методов [1-3] затрудняется тем, что объект может иметь различные размеры и расположение относительно координатных осей. В [1] описывается подход Лавса (Laws) к вычислению энергетических текстурных характеристик с использованием двумерных масок, который может применяться для локализации текстурных фрагментов на изображении. Двумерные маски вычисляются матричным умножением соответствующих одномерных масок (усредняющих, масок для обнаружения края и др.) с требуемыми характеристиками. В данной статье предложена методика локализации характерных фрагментов изображения на основе двумерных вейвлет-фильтров, учитывающих пространственно-частотные особенности объектов, для применения в интеллектуальных информационных системах.

В процессе локализации характерного фрагмента (определения координат его границ) на изображении часто используется отфильтрованное изображение. Основное требование к последнему состоит в подчеркивании пространственно-частотных особенностей характерного фрагмента без изменения масштаба изображения, что в дальнейшем позволит провести выделение этого фрагмента. Для решения таких задач в работе предлагается использовать непрерывное вейвлет-преобразование на основе двумерных вейвлет-фильтров [1,3]. Для дальнейшего развития подхода Лавса (Laws) [1], с учетом пространственно-частотных особенностей характерного фрагмента, подбираем либо один двумерный фильтр, либо два одномерных фильтра (для обработки изображения по столбцам и строкам соответственно). Матричное перемножение коэффициентов одномерных фильтров образует матрицу коэффициентов двумерного фильтра, с помощью которого обрабатывается изображение. В качестве одномерных фильтров можно использовать вейвлеты Хаара, Гаусса,

базисные функции гиперболического вейвлет-преобразования и другие [4,5]. Возможно также использование фильтров, которые не являются вейвлет-фильтрами в обычном смысле, но количество коэффициентов которых, можно изменять при сохранении формы их импульсной характеристики, что эквивалентно изменению масштаба в вейвлет-преобразовании. На этапе выделения характерного фрагмента осуществляются последовательные одномерные свертки изображения по строкам и столбцам с соответствующими фильтрами. В этом случае для выполнения операции свертки можно использовать быстрые алгоритмы на основе преобразования Фурье. Вейвлет-фильтрация с учетом свойств преобразования Фурье:

$$W_{\psi}(x, s) = \int_{-\infty}^{\infty} U(\omega) \psi\left(\frac{x - \omega}{s}\right) d\omega,$$

где $U(\omega)$ – преобразование Фурье фрагмента строки (столбца) изображения;

$\psi(x, s)$ – базисная функция вейвлет-фильтра.

Альтернативным решением является двумерная свертка исходного изображения с двумерным фильтром. Методика локализации характерных фрагментов изображения на основе двумерных вейвлет-фильтров предполагает выполнение следующих этапов:

Этап 1. Исходное изображение преобразуется в полутоновое.

Этап 2. Для сжатия динамического диапазона и ослабления влияния мультипликативной помехи осуществляется логарифмическое преобразование интенсивности изображения.

Этап 3. Осуществляется нормализация значений интенсивности полученного изображения к диапазону 0-255.

Этап 4. Выполняется свертка нормализованного изображения с вейвлет фильтром. Во избежание краевых эффектов перед сверткой изображение расширяется по краям на величину, определяемую соответствующими размерами маски фильтра.

Этап 5. Осуществляется подсчет энергии значений интенсивности изображения в пределах скользящего (с перекрытием) окна, размеры (в пикселях) и форма которого соответствуют локализуемому объекту. Полученное значение энергии в локальной области (в пределах окна) присваивается в результирующем

изображении пикселю, координаты которого совпадают с координатами левого верхнего угла окна.

Этап 6. Определяется максимальное значение интенсивности в полученном изображении и его координаты.

Этап 7. На основании найденных координат максимума и известных размеров окна определяется расположение локализуемого объекта на исходном изображении. Как правило, в практических приложениях известны не только размеры объекта, но и ориентировочная область его расположения, что позволяет ускорить процесс локализации за счет отказа от обработки участков изображения, где заведомо не может быть интересующего нас объекта. Использование комбинаций различных фильтров для обработки строк и столбцов изображения способствует повышению точности локализации характерных фрагментов на изображении. Полученные теоретические результаты апробированы при реализации процедуры локализации характерных фрагментов изображения в различных прикладных системах при распознавании: номерных знаков на автомобилях, маркировки на железнодорожных вагонах и контейнерах, текстовых надписей на упаковках с различным фоном, элементов лица человека и т.п. Примеры локализации характерных фрагментов представлены на рис. 1.

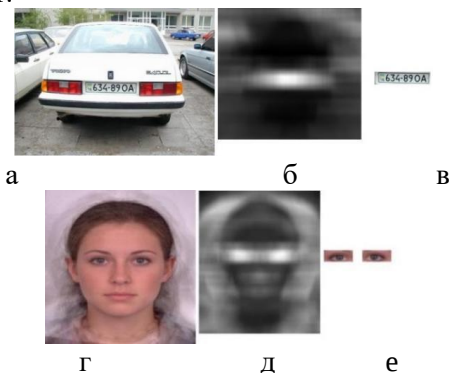


Рис. 1. Примеры локализации характерных фрагментов

Для локализации характерных фрагментов на изображениях (рис. 1 а, г) использовались двумерные фильтры размером 25×5 , полученные матричным умножением вейвлета Гаусса (первая производная функции Гаусса – взято 25 отсчетов на интервале

[4 4]) и гиперболического вейвлета (5 отсчетов на интервале [0.5 -0.5]). На рис. 1, б, д показаны изображения, полученные в результате вычисления энергии в скользящем окне (этап 5 методики). На этих рисунках отчетливо видны области, соответствующие максимальным значениям интенсивности, определяющие положение характерных фрагментов (рис. 1 в, е). При необходимости выделить несколько характерных фрагментов необходимо после обнаружения первого фрагмента обнулить интенсивность соответствующего участка на изображении энергии и вновь выполнить поиск максимума интенсивности.

Выводы. Предложено для локализации характерных фрагментов на изображении использовать двумерную фильтрацию на основе непрерывного вейвлет-преобразования.

Двумерные вейвлет-фильтры получены матричным умножением коэффициентов одномерных вейвлет-фильтров. Их применение приводит к подчеркиванию областей изображения, соответствующих фрагментам с заданными характеристиками. В дальнейшем находится максимум энергии интенсивности пикселей в пределах, задаваемых некоторым окном (в простейшем случае прямоугольным), скользящим по отфильтрованному изображению. По координатам максимума и известным размерам окна выполняется локализация характерного фрагмента.

В зависимости от поставленной цели обработки и характеристик выделяемых фрагментов изображения, предложено использовать комбинации различных одномерных вейвлет-фильтров (Гаусса, Хаара и др.) с соответствующими масштабами. При этом возможно использование фильтров, которые не являются вейвлет-фильтрами в обычном смысле, но количество коэффициентов которых, можно изменять при сохранении формы их импульсной характеристики, что эквивалентно изменению масштаба в вейвлет-преобразовании.

Разработанная методика локализации характерных фрагментов на основе вейвлет –преобразования является базовой для построения систем анализа визуальной информации позволяет выделить интересующий объект, сократить время распознавания изображения при автоматической обработке, что особенно важно при построении интеллектуальных информационных системах для обеспечения безопасности в сфере авиации.

Список литературы

1. Шапиро Л. Компьютерное зрение / Л. Шапиро, Дж. Стокман: Пер. с англ. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. — 752
2. Малла С. Вейвлеты в обработке сигналов / С. Малла. — М.: Мир, 2005. — 671 с.
3. Добеши И. Десять лекций по вейвлетам : Пер.с англ. / Под ред.А.П.Петухова. — М.; Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2001. - 464с.
4. Антощук С.Г. Анализ базисных функций вейвлет-преобразования при мультимасштабном контурном представлении изображений / С.Г. Антощук, А.А. Николенко, Е.В. Ткаченко // Электромашинобудування та електрообладнання. — 2009. — Вип. 72. — С. 15 — 19.
5. Использование вейвлет-преобразования при локализации последовательностей символов / [С.Г. Антощук, А.А. Николенко, Е.В. Ткаченко, О.Ю. Бабилунга] // Искусственный интеллект. — 2009. — № 4. — С. 23 — 29.

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ТЕХНОЛОГИЯ RFID – ОСОБЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ В ВОПРОСАХ ОБРАБОТКИ БАГАЖА В МЕЖДУНАРОДНЫХ АВИАПЕРЕВОЗКАХ



Джахид Керимов

*Национальная Академия Авиации, Баку.
cahidkerimov584@gmail.com*

DEVELOPMENT TRENDS INTELLIGENT TECHNOLOGY RFID PECULIARITIES PERSPECTIVES IN THE ISSUE OF BAGGAGE HANDLING IN INTERNATIONAL AIR TRAF- FIC

Abstract. *This article talks about the development of the transport system of the Republic of Azerbaijan in general and the air transport system in particular, is becoming the main factor in improving the living standards of the population, as well as the development of the country's national economy.*

Развитие транспортной системы Азербайджанской Республики в целом и системы воздушного транспорта в частности, становится основным фактором повышения уровня жизни населения, а также развития национальной экономики страны.

Международные аэропорты, как часть воздушной системы, является важнейшим компонентом национальной инфраструктуры страны. Рынок международных воздушных перевозок в Азербайджанской Республике развивается быстрыми темпами, что и обязывает необходимость внедрения современных отраслевых решений для обеспечения эффективной и бесперебойной работы аэропортов, а также улучшения качества обслуживания пассажиров. Известно, что одним из основных показателей уровня обслуживания в аэропорту для пассажиров, является качество и быстрота процесса обработки багажа.

Для того чтобы этот процесс притворить в жизнь, имеется ряд положений, изучение которых необходимы в исследовании системы обработки багажа. Существует несколько независимых отраслевых организаций, которые связаны с аэропортами и

помогают в определении стандартов, используемых при исследовании систем обработки багажа.

Международная Организация Гражданской Aviации (ICAO) разрабатывает международные стандарты и рекомендуемую практику (SARPS) для воздушного транспорта, которые описываются в приложениях.

В приложении 14 основное внимание уделяется вопросам проектирования аэродромов, тогда как в приложении 9 основное внимание уделяется вопросам упрощения формальностей, различия между национальными правилами и практикой договаривающихся государств. Согласно этому приложению для упрощения и ускорения оформления лиц, прибывающих или убывающих воздушным транспортом, государства должны принимать правила авиационной безопасности, пограничного и иммиграционного контроля, соответствующие условиям воздушных перевозок и применять их в аэропорту таким образом, чтобы не допускать излишних задержек пассажиров.

Приоритетной задачей Европейской Конференции Гражданской Aviации (ECAC), где представлена Азербайджанская Республика является проектирование систем обработки багажа с наиболее полным досмотром.

Международный Совет Аэропортов (ACI) рассматривает вопросы развития стандартов и рекомендаций, отраслевой статистики и информационных сообщений по оптимизации процессов обработки багажа в аэропорту.

Необходимо отметить роль Европейского Агентства Безопасности Aviации (EASA), как организацию отслеживающую внедрение стандартов посредством инспекций в странах-членах EASA и обеспечивающую техническую экспертизу, подготовку персонала и научно-исследовательскую деятельность. Агентство разрабатывает общие правила по безопасности авиации и защите окружающей среды на региональном (европейском) уровне. Справочник по развитию аэропортов (Airport Development Reference Manual) выпускаемый Международной Ассоциацией Воздушного Транспорта (IATA) содержит информацию по планированию проектирования багажной системы. Сборник резолюций конференций по обслуживанию пассажиров (Passenger Services

Conference Resolutions Manual) содержит резолюции и практические рекомендации в основном по информационным технологиям применяемых в аэропортах. Разработанный Советом IATA «Airport Handling Manual» (АНМ) по наземному обслуживанию предназначен для обеспечения одних и тех же стандартов качества и безопасности в аэропортах по всему миру.

Стандарты, разработанные производителями системы обработки багажа при проектировании, также имеют немаловажное значение при исследовании этих вопросов. В сферу компетенций IATA входит работа с транспортными авиационными компаниями и аэропортами, чтобы работа отрасли была безопасной, прибыльной и эффективной. Принятие документа RP1740C открывает перспективу применению RFID – технологий в системах управления транспортировкой багажа в аэропортах.

Документа RP1740C представил проблемный комитет Joint ATA/IATA RF Interest Group/RFIG, который сформулировал окончательные требования к RFID-технологии, рекомендованной для маркировки и слежения за перемещением багажа авиапассажиров. Этот же комитет сформулировал критерии для сертификации технологии RFID, которую следует использовать для слежения за перемещением багажа авиапассажиров.

Литература.

1. Ахвердова С.Г. Рынок и конкурентоспособность промышленной продукции Azerbaijan. Известия АН Azerbaijan № 1-4, Баку, 1997.

2. Мыров О.В. Развитие инновационной деятельности предприятий авиационной инфраструктуры, как основа повышения их конкурентоспособности, М. 2005.

3. Маленьков Ю.А. Рыночная экономика системы воздушного транспорта, С.-Петербург, 1995.

4. Кадыров Г.А. Формирования инновационной системы Azerbaijanской Республики. Известия АН Azerbaijan, серия Экономика № 4, Баку, 1998.

PROSPECTS OF APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES IN ENSURING AVIATION SECURITY

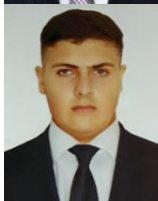
Ruslan Rustamov

National Aviation Academy, Baku
rrustamov@naa.edu.az



Ali Rustamov

Student of Azerbaijan State Oil and Industry
University, SABA Group
alirustamov691@gmail.com



AVIASIYA TƏHLÜKƏSİZLİYİNİN TƏMİN EDİLMƏSİNDƏ SÜNİ İNTELLEKT TEXNOLOGİYALARININ TƏTBİQİ PER- SPEKTİVLƏRİ

Xülasə. Məqalədə süni intellekt texnologiyalarının aviasiya təhlükəsizliyinin təkmilləşdirilməsində rolu və onun bu sahədə tətbiqi perspektivləri təhlil edilmişdir. Süni intellekt texnologiyalarından istifadə etməklə aviasiyada təhlükənin aşkarlanması, biometrik identifikasiya, kibertəhlükəsizlik, üz tanıma imkanlarının mümkünlüyü müəyyən edilmişdir.

Introduction. Nowadays, aviation security is undergoing a revolution thanks to artificial intelligence (AI) technologies. AI is boosting threat detection, streamlining passenger screening, and improving overall security by leveraging the power of machine learning, facial recognition, and predictive analytics. These intelligent systems are revolutionizing airport and aircraft safety by identifying potential risks and examining behavior patterns. In terms of aviation security, human discretion, knowledge, and moral considerations still matter greatly. AI should be viewed as an additional tool to strengthen security precautions and increase general effectiveness [1-4].

The purpose of the article is to analyze the role of artificial intelligence technologies in improving aviation safety and to determine the prospects of its application in this field. For this purpose, the benefits, challenges and ethical issues of artificial intelligence in threat

detection, behavioral analysis, biometric identification, risk assessment and mitigation, cyber security, facial recognition, regulatory and ethical considerations have been explored.

Threat identification. It takes strong and effective threat detection capabilities to ensure the safety of air travel. Through the analysis of enormous amounts of data, AI-powered systems have significantly increased the efficacy and accuracy of threat detection. Traditional security measures frequently rely on human operators to identify potential risks, which can be time-consuming and prone to mistakes. Security personnel can quickly analyze passenger manifests, baggage screening, CCTV footage, social media feeds, and other sources by utilizing AI. Security personnel can preventatively mitigate threats thanks to these systems' ability to spot patterns and anomalies that might point to suspicious activity or dangerous objects. Furthermore, AI algorithms continuously learn from new data and adapt, enabling the improvement of threat detection models over time. In order to keep security measures current with changing threats, an iterative learning process is used [5].

Behavioral analysis. AI is essential to behavior analysis because it makes it possible to spot odd or suspicious behavior. Airports can implement sophisticated surveillance systems that continuously track visitor behavior by utilizing AI technologies. When facial recognition technology and AI algorithms are used to track people's movements inside airports, security personnel can spot any deviations from normal travel patterns or unusual behaviors. Security personnel may receive alerts for certain behaviors, such as loitering in prohibited areas, using restrooms for an unusually long time, showing signs of distress, or exhibiting nervous body language, allowing them to take immediate action and reduce potential security risks. AI systems' capacity to recognize and understand intricate patterns in traveler behavior improves security measures and guarantees the security of both travelers and airport staff [6].

Biometric identification. Another area where AI has made significant progress in aviation security is biometric identification. Airports can improve identity verification processes and guarantee precise passenger identification by integrating AI-powered biometric systems. Traditional forms of identification, such as paper identification cards or boarding passes, are easily forged and can result in security

breaches. However, more secure methods of authentication are offered by technologies like facial recognition, voice recognition, iris scanning, and fingerprint recognition. AI algorithms examine biometric data collected from passengers and compare it against a large database to enable quick and accurate identification. The passenger screening process is sped up by these AI-driven biometric systems, improving security while also facilitating faster passenger screening, which improves the travel experience for everyone. Additionally, AI-powered systems are able to adjust to changes in physical appearance over time, taking into account variations brought on by things like aging, hair-style variations, or changes in facial expressions, ensuring accurate identification even in dynamic scenarios [7].

Risk estimation and mitigation. In identifying and reducing potential security risks in aviation, artificial intelligence has proven invaluable. AI algorithms can find patterns and trends that may point to new threats or vulnerabilities by analyzing historical data and applying predictive modeling techniques. These insights allow security organizations to more efficiently allocate their budgets, put in place targeted security measures, and improve emergency response procedures. For instance, AI-powered systems can analyze data from various sources, such as flight schedules, weather conditions, historical threat data, law enforcement databases, and social media feeds, to identify potential security hotspots or times of increased risk. Security agencies can prevent security breaches and guarantee the safety of passengers and aviation infrastructure by proactively addressing these vulnerabilities. Furthermore, by anticipating passenger flow and congestion patterns, AI can help optimize security procedures like queue management and staff deployment. This enables airports to give travelers a smooth and secure travel experience. AI-powered systems can analyze historical data on passenger volumes, flight schedules, and other factors to predict peak times and allocate resources appropriately, reducing wait times and enhancing overall operational efficiency [8, 9].

Cyber security. AI technologies are essential for securing aviation systems against cyber security threats in addition to physical security. Air traffic control, flight management, passenger data management, and airport infrastructure control are just a few of the critical operations that the aviation industry heavily depends on interconnected computer systems for. Aviation is vulnerable to cyber attacks

because of its reliance on digital infrastructure. By analyzing network traffic, spotting anomalies, and alerting potential breaches, AI-based cyber security solutions can identify and respond to cyber threats in real-time. AI can also assist in the creation of proactive cyber security measures by continuously learning from new threats and modifying defenses to counter them. The aviation sector can increase its resistance to changing cyber threats by incorporating AI-driven cyber security measures, ensuring the integrity and safety of digital systems [10].

Facial recognition. By analyzing and identifying people based on their facial features, facial recognition technology applies artificial intelligence to the task. Several industries, including aviation security, have adopted it and given it a lot of attention. Here are some key points about facial recognition [6, 11, 12]:

1. These are the typical steps facial recognition systems take to operate:

a. Face detection: The system locates and detects human faces in images or video footage.

b. Face alignment: In order to precisely align the detected face, facial landmarks are identified.

c. Features are extracted and converted into a numerical representation known as a face template or face print. Examples of extracted features include the space between the eyes and the shape of the nose.

d. Face Matching: The extracted face template is compared against a database of known faces to find a potential match.

e. Recognition and identification: The system determines if the detected face matches any known identities and provides an identification or similarity score.

2. Applications in aviation security:

a. Watchlist screening: Facial recognition can compare faces against watchlists of individuals deemed potential security risks, such as terrorists or criminals.

b. Border control: It enables automated identity verification at border checkpoints, enhancing the efficiency of immigration processes.

c. Passenger authentication: Facial recognition can be used to validate a passenger's identity at various touch points within an airport, such as during check-in, security screening, and boarding.

d. Improved security: By identifying individuals with fraudulent identities or attempting to travel under false pretenses, facial recognition can help prevent security breaches and unauthorized access to secure areas.

3. Benefits of Facial Recognition:

a. Enhanced security: Facial recognition offers a robust layer of security by quickly identifying individuals of interest and potential threats.

b. Efficiency: It can significantly reduce processing times and queues at security checkpoints, leading to smoother travel experiences for passengers.

c. Accuracy: Advanced facial recognition algorithms can achieve high accuracy rates, minimizing false positives and negatives.

d. Scalability: Facial recognition systems can handle large volumes of data and process real-time video feeds, making them suitable for high-traffic areas like airports.

4. Privacy and ethical issues:

a. Privacy concerns: Facial recognition technology has raised privacy concerns due to its potential for mass surveillance and the collection of personal biometric information. Proper regulations and safeguards are essential to address these concerns and protect individual rights.

b. Bias and discrimination: Facial recognition algorithms can exhibit biases, leading to higher error rates for certain demographics. It is crucial to continuously evaluate and mitigate these biases to ensure fair and equitable implementation.

c. Consent and transparency: Clear policies on data collection, usage, and retention should be established, and individuals must be informed and give their consent when their facial data is being captured and processed.

Regulatory and ethical considerations. Although AI technologies have enormous potential for improving aviation security, it is important to address the legal and moral issues that come with their application. When facial recognition and biometric data are combined, privacy issues can arise. It's critical to strike a balance between privacy rights and security. In order to ensure compliance and safeguard passengers' rights, the collection, storage, and use of personal data should

be governed by strong legal frameworks and open policies. Additionally, it's critical to spend money on ethical AI development and steer clear of biases in algorithms that might result in unfair profiling or discrimination. The responsible and moral application of these technologies can be guaranteed by regular audits, openness in algorithm decision-making, and ethical standards for AI in aviation security [6, 8, 12]. It's important to note that the use of facial recognition technology is subject to national and regional laws, regulations, and privacy frameworks. Compliance with these legal and ethical considerations is crucial to ensure responsible and beneficial deployment of facial recognition in aviation security and other domains.

Conclusion. As a result of the analysis, the prospects for the application of artificial intelligence technologies for the improvement of aviation security have been identified. The integration of artificial intelligence technologies in aviation security can transform the way approaching security in the aviation industry. AI-powered systems provide advanced threat detection capabilities, behavior analysis, biometric identification, risk prediction, cyber security measures, and more. As AI continues to evolve, the aviation industry stands to benefit from enhanced security measures, reduced response times, improved passenger experiences, and proactive risk mitigation strategies. By leveraging the power of AI, it can be ensured that airports remain secure, passengers can travel with confidence, and the aviation industry maintains its commitment to security and efficiency.

References

1. Fasel, Q., & Albers, A. (2018). Artificial intelligence in airport security. In 2018 14th IEEE International Conference on Control and Automation (ICCA) (pp. 905-909). IEEE. DOI: 10.1109/ICCA.2018.8444382
2. Seiffert, J., & Craggs, S. (2018). The rise of artificial intelligence in aviation security. *Journal of Transportation Security*, 11(2), 49-65. DOI: 10.1007/s12198-018-0948-3
3. Rajendran, P., Karuppannan, S., & Sivakumar, D. (2021). An intelligent approach for aviation security using artificial intelligence techniques. In 2021 IEEE Region 10 Symposium (TENSYP) (pp. 1592-1596). IEEE. DOI: 10.1109/TENSYP51747.2021.9487056

4. Zhang, Y., Xia, H., & Zhu, X. (2020). Artificial intelligence in aviation security: A comprehensive review. *Journal of Advanced Transportation*, 2020, 1-17.
5. Teixeira, R., Martins, P., Ramos, H., & Santos, R. (2019). Machine learning-based approach for aviation security threat detection. In 2019 14th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI) (pp. 1-6). IEEE. DOI: 10.23919/CISTI.2019.8760880
6. International Civil Aviation Organization (ICAO). (2018). Manual on the Regulation of Artificial Intelligence in Civil Aviation. Retrieved from https://www.icao.int/Security/AVSEC-Documents-Repository/Doc%2011503_AI_EN.pdf
7. Vemula, R., Mikkilineni, A. K., Gogineni, S., & Seetha, M. (2020). Airport security using artificial intelligence and machine learning. In 2020 IEEE International Conference on Power, Control, Signals and Instrumentation Engineering (ICPCSI) (pp. 1834-1839). IEEE. DOI: 10.1109/ICPCSI49023.2020.9230003
8. Transportation Security Administration (TSA). (n.d.). Innovation Task Force: Artificial Intelligence and Machine Learning. Retrieved from <https://www.tsa.gov/about/innovation-task-force/artificial-intelligence-and-machine-learning>
9. Tran, H., & Truong, H. L. (2020). Artificial intelligence applications in aviation security: A systematic literature review. *Journal of Air Transport Management*, 87, 101862.
10. International Civil Aviation Organization (ICAO): The ICAO website (www.icao.int) provides information and resources on aviation security, including articles and reports on the application of artificial intelligence in enhancing aviation security.
11. Lu, X., Huang, S., & Yin, J. (2018). Research on application of artificial intelligence in airport security check. In 2018 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC) (pp. 1350-1355). IEEE. DOI: 10.1109/SMC.2018.00232
12. Chbeir, R., Dagher, I., Amat, C. B., & Chbeir, A. (2021). Emerging artificial intelligence technologies for aviation security: A systematic review. *IEEE Access*, 9, 28528-28541.

AVIASIYA TƏHLÜKƏSİZLİYİNDƏ SÜNİ INTELECTİN ROLU



Nadir Xalıqov

Milli Aviasiya Akademiyası, Bakı
nadir_1961@mail.ru



Nizami Mursakulov

Milli Aviasiya Akademiyası, Bakı
nmursakulov@naa.edu.az

THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN AVIA- TION SAFETY NATIONAL AVIATION ACADEMY

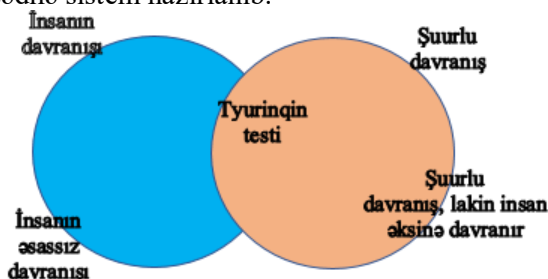
Abstract. Artificial intelligence is the property of artificial intelligence systems to perform creative functions that are traditionally considered the prerogative of man (not to be confused with artificial consciousness), not to be confused with the science and technology of creating intelligent machines, especially intelligent computer programs. Artificial intelligence is related to the same task as using computers to understand human intelligence, but is not limited to biologically plausible methods. Intelligent systems that exist today have rather narrow areas of application. For example, programs that can beat a human at chess usually cannot answer simple questions.

Süni intellekt - süni intellekt sistemlərinin ənənəvi olaraq insanın imtiyazı hesab edilən yaradıcı funksiyaları yerinə yetirmək üçün mülkiyyətidir (süni şüurla qarışdırılmamalıdır), ağıllı maşınların, xüsusən də intellektual kompüter proqramlarının yaradılması elmi və texnologiyası ilə səhv salınmamalıdır. Süni intellekt insan intellektini başa düşmək üçün kompüterlərdən istifadə kimi oxşar vəzifə ilə bağlıdır, lakin bioloji cəhətdən ağlabatan üsullarla məhdudlaşmır. Bu gün mövcud olan intellektual sistemlər kifayət qədər dar tətbiq sahələrinə malikdir. Məsələn, şahmatda insanı məğlub edə bilən proqramlar adətən sadə suallara cavab verə bilmir. Yeni elmi istiqamət

kimi süni intellektin tarixi 20-ci əsrin ortalarından başlayır. Bu vaxta qədər onun mənşəyi üçün bir çox ilkin şərtlər artıq formalaşmışdır. Filosoflar arasında uzun müddət insanın təbiəti və dünyanı tanıma prosesi ilə bağlı mübahisələr var idi. Neyrofizioloqlar və psixoloqlar insan beyninin işi ilə bağlı bir sıra nəzəriyyələr inkişaf etdirərək təfəkkür, iqtisadçılar və riyaziyyatçılar optimal hesablamalar və dünya haqqında biliklərin rəsmiləşdirilmiş formada təqdim edilməsinə dair suallar verirdi, nəhayət, hesablamaların riyazi nəzəriyyəsinin - alqoritmlər nəzəriyyəsinin əsası yarandı və ilk kompüterlər yaradıldı. Hesablama sürəti baxımından yeni maşınların imkanlarının insandan daha böyük olduğu ortaya çıxdı, ona görə də elmi ictimaiyyətdə belə bir sual yarandı: kompüterlərin imkanlarının həddləri nə qədərdir və maşınlar insan inkişafı səviyyəsinə çatacaqmı? 1950-ci ildə kompüter texnologiyası sahəsində qabaqcıllardan biri, ingilis alimi Alan Türinq “Maşın düşünə bilirmi?” adlı məqalə yazır, burada hansı prosedurun köməyi ilə nə vaxt baş verdiyini müəyyən etmək mümkün olacaqdı. Empirik test 1950-ci ildə “Mind” fəlsəfi jurnalında dərc olunan “Hesablama Maşınları və Kəşfiyyat” məqaləsində Alan Türinq tərəfindən təklif edilmişdir. Bu testin məqsədi insana yaxın olan süni təfəkkürün mümkünlüyünü müəyyən etməkdir. Bu testin standart şərhə belədir: “İnsan bir kompüter və bir şəxslə qarşılıqlı əlaqədə olur. Sualların cavablarına əsasən, o, kiminlə danışdığını müəyyən etməlidir: bir şəxslə və ya kompüter proqramı ilə. Kompüter proqramının vəzifəsi insanı yanlış seçimə sövq etməkdir”. Yaxın gələcəkdə hava limanında aviasiya təhlükəsizliyi işçilərinin işinə nəzarət etmək üçün süni intellektə əsaslanan sistemlər peyda olacaq. Xüsusi olaraq hava limanı üçün yenilikçi həll WEKEY şirkəti tərəfindən hazırlanmışdır. Monitoring sistemi hələlik yalnız hava limanında sınaqdan keçirilir, lakin aviasiya administrasiyaları əsasən bu platformanın geniş şəkildə tətbiqinə istiqamətlənib.

Testlərə əsasən, yenilik işçilərin və nəticədə bütövlükdə bütün hava limanının səmərəliliyinin artırılmasına kömək edəcək. Rentgen sistemlərinin operatorlarının vəziyyətini və işini, məsələn, şəxsi yoxlama sahəsində monitoring etmək üçün bir məhsul kimi işləyir. Tərtibatçıların qeyd etdiyi kimi, bu zonada əsas problemlərdən əsası insan faktorudur: xidməti işçilərin işdən yayınması və ya sadəcə olaraq monoton işindən yorulmasıdır. Sayıqlığın itirilməsi ilə bağlı

riskləri azaltmaq və xidmət məntəqələrinin keçid qabiliyyətini artırmaq məqsədilə sistem hazırlanıb.



Şək. 1: Kompüter proqramının insan davranışlarındakı mövqeyi.

Platforma iş yerində quraşdırılmış kameradan görüntünü oxuyur və işçinin vəziyyətini qiymətləndirir. Əgər işçinin baxışı ekrandan çıxırsa və ya başını çevirirsə, sistem signal verir və avtomatik olaraq introskopun işini dayandırır. Eyni zamanda, proqram iş şəraitindən asılı olaraq bir hadisəyə reaksiya parametrlərini və növlərini təyin etmək imkanını ehtiva edir. Bu o deməkdir ki, sistem təkcə hava limanlarında deyil, həm də təhlükəsizliyin nəzarətdə saxlanılması və işçilərin yüksək səmərəliliyinin təmin edilməsi vacib olan digər sahələrdə də istifadə oluna bilər: gömrükdə, istənilən nəqliyyat infrastrukturunu obyektlərində və kütləvi tədbirlər zamanı. “Sınaqlar işçilərin vəziyyətinin monitorinqi üçün avtomatlaşdırılmış sistemin tətbiqinin effektivliyini nümayiş etdirib, skriningin keyfiyyətinin qiymətləndirilməsi üzrə əsas göstəricilərdə müsbət tendensiya qeydə alınıb”, deyə hava limanının administrasiyasının açıqlamalarında bildirilib.

Şəxsi identifikasiya

Beynəlxalq SITA (Société Internationale de Télécommunications Aéronautiques) şirkəti SITA Smart Path uçuş və sərnişin məlumatlarının paylanmış saxlanması üçün blokçeynindən istifadə edir. Hava limanında sərnişinlərin yoxlanılması sistemi biometrik texnologiyalardan (sifətin skan edilməsi və səsə tanınması) şəxsin şəxsiyyətini müəyyənləşdirmək və təhlükəsizliyə nəzarəti sürətləndirmək üçün istifadə olunur.

Sərnəşin hər dəfə təhlükəsizlikdən keçdikdə məlumatlar SITA Smart Path-da saxlanılır və sərnəşinlər, pilotlar və uçuşlar haqqında

məlumat sistem iştirakçıları: aviaşirkətlər, hava limanları və dövlət təşkilatları arasında ötürülür. Blokçeyn reyestri nəinki təhlükəsizliyi artırır, həm də yoxlama vaxtını azaldır və sənədləri hətta şəbəkə bağlantısı olmadan da yoxlamağa imkan verir. Eyni zamanda, blokçeyn məlumatların hakerlik və fırıldaqçılıqdan qorunmasını təmin edir. Protokolun mərkəzləşdirilməmiş xarakterinə görə hakerlər məqsədyönlü hücum həyata keçirə bilməzlər, qovşaqların sıradan çıxması bütövlükdə sistemə ciddi təsir göstərməyəcək.

Təyyarə parkına texniki qulluq təminində süni intellekt

Aeron insan amilinin uçuş təhlükəsizliyinə təsirini azaltmağa sadıqdır. Təşkilat uçuş məlumatlarını idarə etmək və təyyarələrə texniki xidmət göstərmək üçün blokçeyn protokolu hazırlayıb. Əsas diqqət yanlış texniki xidmət və uçuş məlumatlarının uyğunsuzluğu ilə bağlı qəzaların qarşısının alınmasına yönəlib. Bunun üçün layihədə təkcə marşrut məlumatları deyil, həm də təyyarələrə texniki qulluq, sertifikatlar və pilot lisenziyaları haqqında məlumatlar saxlanılır. Maşın öyrənmə alqoritmləri də oxşar məqsədlər üçün istifadə olunur. Məsələn, “Honeywell Aerospace” şirkəti məlumatların təhlili yolu ilə uçuş risklərinin minimuma endirilməsinə yönəlmiş layihələr üzərində işləyir - uçuşa nəzarət sistemlərinin təkmilləşdirilməsi, pilotları təhlükələr barədə vaxtında xəbərdar etmək və lazımı marşrut tənzimlənməsi üçün radar və atmosferin məsafədən zondlama sistemlərinin keyfiyyətinin yaxşılaşdırılmasıdır.

GE Aviation və Rolls-Royce ilkin nasazlıqların aradan qaldırılması və turbin performansını yaxşılaşdırmaq üçün tədqiqat məqsədləri üçün təyyarə mühərriki məlumatlarını təhlil etmək üçün maşın öyrənmə alqoritmlərindən istifadə edilir.

Nəticə olaraq süni intellektin müasir həyat tərzimizdə bütün sahələr üzrə tam və ya qismən özünə məxsus yeri var. Lakin hər bir texnoloji sahənin müsbət göstəriciləri ilə birlikdə çatışmayan və ya “axillesin dabanı” deyimində olduğu kimi zəif cəhətləri var.

Aviasiya təhlükəsizliyinin təminində süni intellektin inkişaf mərhələlərində artıq bir çox aviaşirkətlərin təhlükəsizliyin təminini yüksəltmək üçün tətbiqinə başlanılıb.

Məsələn Rusiya Federasiyasının paytaxtı Moskva şəhərinin Domodedova aeroportunda, Respublikamızın paytaxtındakı “Heydər

Əliyev” Beynəlxalq aeroportunun giriş hissəsində süni intellekt tətbiqinin sınaqları keçirilmiş və müsbət qiymətləndirilmişdir.

Ədəbiyyat

1. Педро Домингос. “Верховный алгоритм. Как машинное обучение изменит наш мир”.
2. Рэй Курцвейл. “Как создать разум: секрет человеческого мышления раскрыт”.
3. Стюарт Рассел, Питер Норвиг. “Искусственный интеллект. Современный подход”.
4. Джон Маркофф “Homo Roboticus? Люди и машины в поисках взаимопонимания”.
5. Кулик Алексей Анатольевич. “Разработка методики испытания системы управления безопасностью полета воздушного судна”.
6. Косьянчук Владислав Викторович, Сельвесюк Николай Иванович, Зыбин Евгений Юрьевич, Хамматов Рашит Рифович, Карпенко Сергей Сергеевич. “Концепция обеспечения информационной безопасности бортового оборудования воздушного судна”.

**ВОЗМОЖНОСТИ МУЛЬТИПАРАМЕТРИЧЕСКОГО
УПРАВЛЕНИЯ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИМИ
СОСТОЯНИЯМИ КАК МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РЕЗЕРВОВ ЛЕТНОГО СОСТАВА**



Фуад Дадашев

*Национальная Академия Aviации, Баку
fdadashov@naa.edu.az*



Кямалия Дадашева

*лаб. «Клиническая
нейрофизиология» Институт
физиологии НАН Азербайджана, Баку
kama.dk@ramler.ru
Али Аллахвердиев*



*д.б.н., проф., зав. лаб. «Клиническая
нейрофизиология»,
Институт физиологии НАН
Азербайджана, Баку
ali_doctor@*



Эльнур Асадов

*Национальная Академия Aviации, Баку
elnur.asadov@naa.edu.az*

**MULTI-PARAMETER CONTROL CAPABILITIES
PSYCHO-PHYSIOLOGICAL STATES AS A METHOD OF
DETERMINING THE FUNCTIONAL RESERVES OF
FLIGHT CREW**

Abstract. *This article discusses the possibilities of multiparametric control physiological states as a method of determining the functional reserves, and also determines the functional reserves of the body for the choice of persons of professions related to activities in extreme situations, in particular in the field of aviation.*

Определение функциональных резервов организма является краеугольным камнем проблемы выбора лиц для профессий связанных с деятельностью в экстремальных ситуациях, в частности в области авиации.

Для решения данной задачи используются следующие подходы:

- непосредственное определение функциональных резервов в экстремальных (естественных и модельных) ситуациях;

- косвенное определение с применением методов корреляционного анализа между функциями выбранных внутренних параметров с показателями, отражающими результаты деятельности в экстремальных ситуациях.

Перспективность второго подхода обусловлена наличием следующих преимуществ:

- открывает широкое поле деятельности для исследователя при выборе адекватных механизмов, параметры которых позволяют определению функциональных резервов организма;

- позволяет выявить общие центральные механизмы для экстремальных ситуаций различного характера;

- результаты исследований имеют прогностическую ценность, на основе чего можно построить экспертную систему прогнозирования.

Несмотря на вышеуказанные преимущества применения данного подхода, требуется преодоление некоторых препятствий технического характера.

Выбор в качестве компонентов целевой функции внутренних параметров для исследования управляемости (отражающих функциональную пластичность) нейродинамическими показателями посредством метода биологической обратной связи открывает широкое поле деятельности для исследователей определения информативных признаков, имеющих прогностическую ценность [1,2].

В связи с тем, что нейродинамические процессы являются сложными динамическими процессами, имеющими иерархическую функциональную архитектуру, то при их адекватной оценке целесообразно использовать полипараметрическую информационную технологию.

Для реализации мультипараметрического управления психофизиологическими состояниями (ПФС) посредством метода биологической обратной связи нами используются принципы многокритериальной оптимизации [3,4], которые реализуются с применением следующих этапов:

1. Формализация центрального (нейродинамического) уровня описания ПФС в виде «нейродинамического портрета» (иерархическая структура, отображаемая в реальном масштабе времени на графическом экране).

2. Формализация «желаемого состояния» ПФС в виде нечеткого множества в многомерном пространстве.

3. Формализация многокритериальной задачи.

Глобальная целевая задача формально выглядит следующим образом.

$$d(\alpha, X, X^*) \rightarrow \min, \text{ при условиях } G(X) > 0.$$

где, d – метрика в пространстве,

R^N , X и $X^* \in R^N$ – соответственно текущее и желаемое ПФС,

α – вектор весовых коэффициентов.

G – ограничения, налагаемые к отдельным показателям.

4. Реализация решений многокритериальной задачи посредством перехода к последовательностям однокритериальных задач с помощью скалярной (аддитивной или мультипликативной) свертки.

5. Проектирование и синтез интерактивной системы «NP-monitoring», позволяющей в диалоговом режиме поэтапно решать многокритериальные задачи с помощью снятия неопределенностей.

Решение данной задачи – это определение совокупности весовых коэффициентов на каждом акте многоэтапного приближения к «желаемому состоянию», т.е. определение $(K_l) := \Lambda(X_t, X_{t-1}, \dots, X_{t-l})$, где l – шаг предыстории текущего состояния. Имеется также возможность переопределения метрики пространства состояний с целью оптимизации управления ПФС.

Таким образом, предложенный подход:

- позволит эффективно управлять мульти-параметрическими ПФС, учитывая индивидуальные особенности летного состава;
- позволит выявить алгоритм самоорганизации при управлении состояниями на основе протокола процесса обучения;
- определит психофункциональный резерв летного состава на основе управляемости ПФС.

Литература

1. Василевский Н.Н. Системный подход к устойчивости и пластичности

нейрофизиологических процессов в ходе адаптивной деятельности мозга. //Физиол. Журнал СССР, 1984, №7. – С.961-967.

2. Сороко С.И., Бекшаев С.С., Сидоров Ю.А. Основные типы механизмов саморегуляции мозга. Л.: Наука, 1990. 205 с.

3. Пашаев А.М., Дадашев Ф.Г., Мамедов А.М. Полифункциональная система управления нейродинамическими процессами летного состава с принципами многокритериальной оптимизации. //Материалы VI международного научно-практического конгресса «Человек в экстремальных условиях: человеческих фактор и профессиональное здоровье». Москва, 13-17 октября 2008 г. – С.82.

4. Pashayev A.M., Dadashov F.H., Mamedov A.M., Dadashova K.Q. Interactive system «NP-monitoring» in identification and forecasting the physiological condition of the person. //International Symposium on Health Informatics and Bioinformatics. Turkey'07 Antalya, Turkey, 2007. –P.188-189.

ЭКСПЕРНО-КОНСУЛЬТАТИВНАЯ СИСТЕМА В ИНДИВИДУАЛИЗАЦИИ ПОДГОТОВКИ ЛЕТНОГО СОСТАВА НА ТРЕНАЖЕРАХ



Фуад Дадашев

Национальная Академия Авиации, Баку
fdadashov@naa.edu.az



Эльнур Асадов

Национальная Академия Авиации, Баку
elnur.asadov@naa.edu.az

EXPERT ADVISORY SYSTEM IN INDIVIDUALIZATION SIMULATOR TRAINING FOR FLIGHT STAFF

Abstract. In this article, the dialogue system developed by us, being by its purpose an expert advisory system, which satisfies all the basic requirements of intellectual systems such as motivation, self-organization, adaptation, self-learning and development. This system, which is an expert advisory system in individualization simulator training for flight staff.

Индивидуализация специальной подготовки летного состава на тренажерах является одним из основных путей усовершенствований тренировочного процесса.

Разработка и применение экспертно-консультативной системы (ЭКС) является перспективным направлением для оптимизации тренировочного процесса. Разработанная нами диалоговая система являясь по своей назначением экспертно-консультативной удовлетворяет все основные требования интеллектуальных систем таких как, мотивация, самоорганизация, адаптация, самообучение и развитие. Включение ЭКС в триаду «инструктор – пилот – тренажер» требует выполнения следующих задач:

- идентификация состояний;
- формализация процесса обучения;
- объективизация процесса оценки обучения;
- формирование сценарий обучения зависимо от индивидуальных характеристик летного состав;
- разработка алгоритма самоорганизации процесса обучения.

Применение ЭКС создают условия повышение достоверности оценки и прогноза в развитие процесса обучения на тренажере посредством индивидуализации тренировки.

ЭКС функционирует в двух режимах. В режиме 1 формируется база данных и база знаний системы (рис.1).

ЭКС включает в себя следующие функциональные блоки:

- формирование «обобщенного портрета летчика» (ОПЛ);
- создание и управление базами данных;
- создание и управление базами знаний;
- принятие решения;
- консультирование.

«Обобщенный портрет летчика».

ОПЛ - формально-конструктивная иерархическая структура, которая формируется в реальном масштабе времени на запрос инструктора и отображается на графическом интерфейсе. Запрос по своей структуре может включать в себя названия различных стратов, таких как социометрический уровень, личностный уровень, профессионально важные качества, поведенческий и психофизиологический уровень и т.д. ОПЛ формируется на основе полиметрической технологии и отображается на графическом интерфейсе инструктора (или психофизиолога) соответственно запросу

Формирование базы данных

Структура базы данных соответствует и определяется по ОПЛ. Для каждого индивида выделяется как тонические, стабильные компоненты, так и фазические, динамические данные соответствующие динамике изменения в процессе обучения.

Формирование и управление базами знаний

База знаний априорно формируется экспертом, инструктором в виде продукционных правил. Имеющая открытую и гибкую структуру она изменяется и расширяется посттренировочными знаниями. Учитывая, что основные компоненты ОПЛ имеют качественную, субъективную оценку, целесообразно было применение понятий нечеткой математики, таких как лингвистические, нечеткие переменные. Каждый участник в данном режиме имеет свою специфическую интерфейс для обмена информацией с ЭКС.

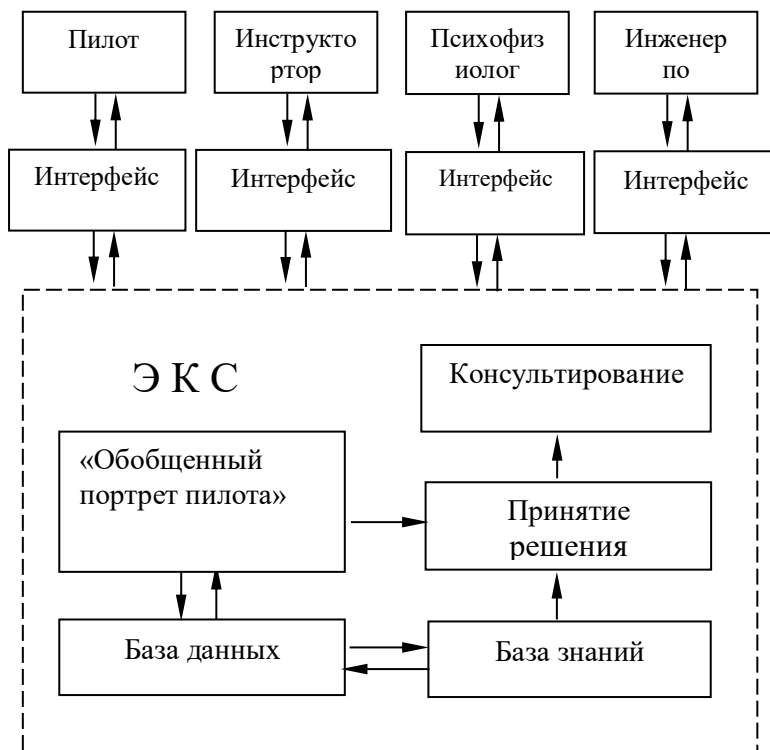


Рис.1. ЭКС в режиме в режиме формирование базы данных и базы знаний.

Принятие решение

Основными решениями для проведения индивидуализированной тренировки, является выбор сценария в зависимости от индивидуальных характеристик члена летного состава. К числу задач относится также изменение программы обучения в зависимости от процесса тренировки.

Консультирование

Данный функциональный блок в этом режиме предназначен для проверки правильности нормативных процедур проведения тренировочных сценариев. Система снабжена блоком объяснений выводимых решений в виде логических цепей, которые обеспечивают доверительность консультаций. На рис. 2. Представлены информационные взаимоотношения инструктора, пилота с ЭКС в процессе тренировки.

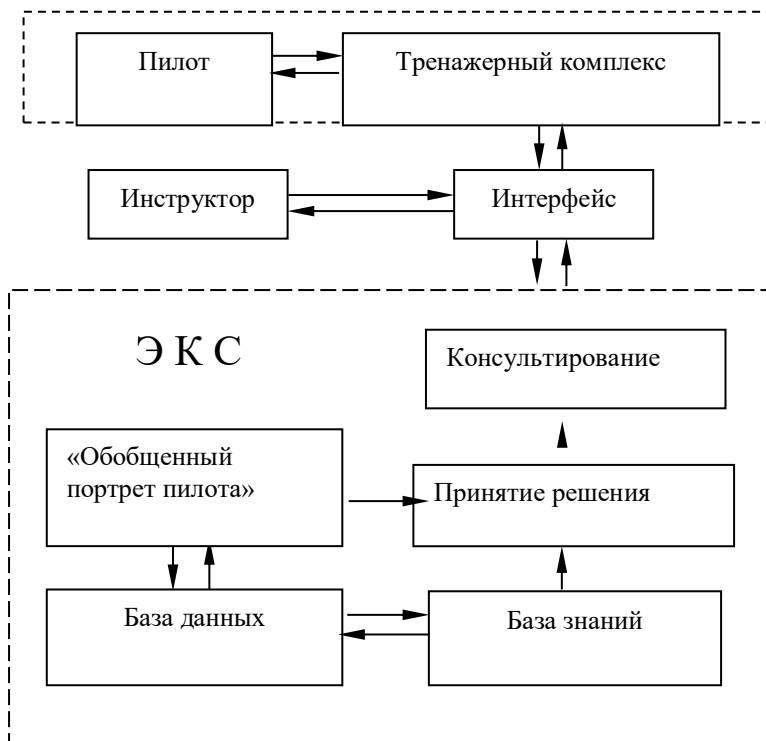


Рис.2. ЭКС в учебно-тренировочном режиме.

В отличие от режима 1. с ЭКС активно связан только инструктор со своим интерфейсом. Наличие различного рода неопределенностей усложняет оценку профессиональной надежности летного состава на основе выполнения заданий на тренажере. Нами рассмотрен вопрос об объективизации оценки выполнений заданий летного состава на основе информации о структуре заданий на тренажере и индивидуальной траектории при выполнении класса задач.

Для объективизации этого процесса предложено применение аппарата теории принятия решений в нечетких условиях [2,4].

Для формализации типов решаемых задач на тренажере необходимо ранжировать задачи по различным критериям. Выбираются следующие задачи на тренажере.

Систему обучения в общем виде можно представить как последовательность решений следующих летных задач [5,6,7,8]:

1. нормальный полет;
2. полет с отказом систем с проведенным брифингом;
3. полет с отказом систем с необходимостью Quick Action проведенным брифингом;
4. полет с отказом систем с необходимостью Quick Action Без проведенного брифинга;
5. полет в сложных метеоусловиях.

Логический вывод об оценке реализуется с помощью нечеткой модели (НМ), которая основана на семантическом описании и анализе множества возможных оценок

$$НМ \rightarrow \{(X, Y, V, Z)\} \quad (1)$$

где, X – универсальное множество входных состояний

Y – множество выходных состояний.

V – множество нечетких отношений характеризующих связи между элементами X и Y

Z – характеристические параметры отношений.

Обозначим $NZ = \{NZ_i\}$ класс задач, где $NZ_i = \langle NZ_{i1}, NZ_{i2}, \dots, NZ_{i\alpha(i)} \rangle$

Каждый из подзадач $NZ_{i\alpha(i)}$ характеризуется вектором $\langle K_1, K_2, \dots, K_m \rangle$ где K_1 является показателем заданий $NZ_{i\alpha(i)}$ как компонент вектора, которого можно представить в виде нечеткой или лингвистической переменной (ЛП).

Лингвистическое переменное считается заданной, если для него определены: наименование N , универсальное множество A (область рассуждений), базовые терм-множество T (нечеткие переменные – значения лингвистической переменной) функция принадлежности и семантические преобразования модификации переменных термов лингвистической переменной. Наиболее общий тип структуры базы нечетких правил является MIMO (Multi Inputs – Multi Outputs) – структура:

$$R_i: \text{if } X_1=A_{i1} \& X_2=A_{i2} \& \dots \& X_n=A_{in} \text{ then } Y_1=B_{i1} \& Y_2=B_{i2} \& \dots \& Y_p=B_{ip} \quad (2)$$

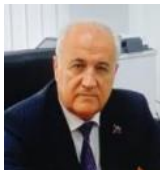
где X_i ($i=1..n$) – входные ЛП (доля ошибок при текущей и предшествующих проверках, средней трудности задач, время выполнения задач и т. п.). В реальной системе количество входных данных считается десятками полученных от результатов курса обучение на тренажере на основе индивидуальной траектории являющихся, GU_k - графы, представляющие **модели знаний к-ого пилота** U_k ; GC - модель цели обучения. Источником для входных информации являются как объективные данные полученные приборами, так и субъективные оценки инструктора. Оценочные данные получаются сравнением $GU=MZL(U)$ индивидуальной траектории знаний конкретного пилота U , с нормативной моделью знаний, модель знаний пилота $GN = MZL(N)$ и с использованием характеристик задач NZ . Показатель «обученность» имея сложную структуру включает в себя такие показатели обучения, как критерии точности, критерии безопасности, критерии экономичности и т.д., которые можно представить ЛП – как выходные параметры. Надо отметить, что включение нового активного элемента ЭКС в процесс обучения на тренажерном комплексе требует новые доверительное отношение между субъектами (психологическое совместимость) проектирования и пользователями ЭКС (инструктор, психофизиолог, инженер по знаниям, пилот). Предложенный подход помимо с усовершенствованием тренировочного процесса перспек-тивен также для формирования адекватных прогностических процедур связанными с функциональной надеж-ностью летного состава.

Литература

1. П.П.Новиков. принятие решений человеком в авиационных системах управления., Изд. «Воздушный транспорт», М. 1980. 348 с.
2. Л.А.Заде. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М., Изд-во «Мир», 1976, 267 с.
3. А.П.Свирдов. Основы статистической теории обучения и контроля знаний. М. «Высшая школа», 1981, 262
4. F.H.Dadaşov. Qeyri-səlis kompozisiya qaydası əsasında uçuş heyətinin vəziyyətinin proqnozlaşdırılması. MAA. Elmi əsərlər, №1, 2006, səh.120-125.
5. L.Zade. Fuzzy logic, neural networks and soft computing // Commutation on the ASM-1994. vol.37, no.3, pp. 77-84.
6. Flight Crew Operational Manual Volume 1,2 Boeing 757 2010
7. Flight Crew Operational Manual Volume 1,2 Airbus 319/320 2011

PARTLAYICI MADDƏLƏRİN AŞKAR EDİLMƏSİNDƏ SÜNİ İNTELLEKT TEXNOLOGİYALARININ TƏTBİQİ

Kamal Əsgərov



*Milli Aviasiya Akademiyası, Bakı
kamal.asgarov@naa.edu.az*

Səidə Əhmədova



*Milli Aviasiya Akademiyası, Bakı
saidaahmedovabaku@gmail.com*

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES IN THE DETECTION OF EXPLOSIVES

Abstract. Terrorist incidents in the world have once again proved that terrorism remains a global problem in the face of aviation security systems. Historically, as a result of the countermeasures taken in this direction, it was possible to weaken the wave of terrorism relatively, but this problem has not yet been fully resolved. The act of terrorism is carried out by means of terrorism. Terrorist tools consisting of dangerous items and substances are carried on board the plane or in the airport area on persons or in cargo, baggage and hand luggage carried in AC, bypassing inspection control. Therefore, the first of the countermeasures against a terrorist act is to detect the person who committed the terrorist act and the means of terrorism. Using artificial intelligence technologies in the detection of explosives is recognized as a current research area.

Dünyada baş verən terror hadisələri aviasiya təhlükəsizliyi sistemləri qarşısında terrorizmin qlobal bir problem kimi qalmaqda olduğunu bir daha sübut etdi. Tarixən bu istiqamətdə görülməyən tədbirlər nəticəsində terror dalğasını nisbətən zəiflətmək mümkün olmuşsa da, bu problem öz həllini indiyədək tam tapa bilməmişdir. Terror aktı terror vasitələri ilə həyata keçirilir. Təhlükəli əşya və maddələrdən ibarət terror vasitələri isə baxış nəzarətindən yayınaraq təyyarənin bortuna və ya aeroport ərazisinə şəxslərin üzərində, yaxud

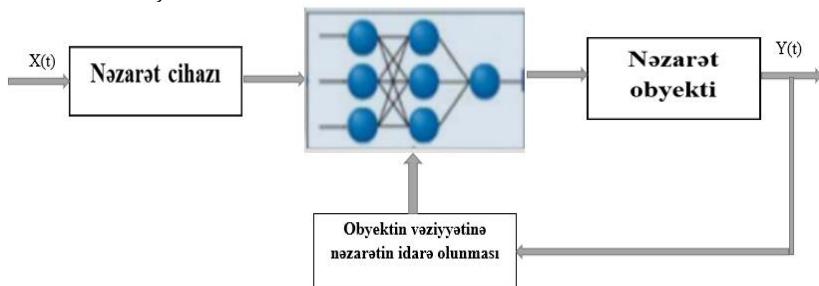
HG-də daşınan yük, baqaj və əl yükləri daxilində keçirilir. Odur ki, terror aktına qarşı görülmən əks-tədbirlərdən birincisi, terror aktını törədən şəxsi və terror vasitələrini aşkar etməkdir. Partlayıcı maddələrin aşkar edilməsində süni intellekt texnologiyalarından istifadə etmək aktual araşdırma istiqaməti kimi tanınır.

Son on illikdə hava limanlarında yaranan təhlükələrə cavab olaraq təhlükəsizlik tədbirlərinin əhəmiyyətli dərəcədə artıb. Sərnişinlərinin sayının artması əsas nəqliyyat qovşaqlarına təzyiq göstərir. Dünya ölkələri və mülki aviasiya müəssisələri üçün süni intellekt bu problemlərin həlli ola bilər. 2018-ci ildə Birləşmiş Krallıq ölkənin ən intensiv hava limanlarında təhlükəsizliyi artırmaq üçün süni intellekt sistemlərinin hazırlanmasına 1,8 milyon funt sterlinq sərmaya qoyub. ABŞ Nəqliyyat Təhlükəsizliyi İdarəsi bu yaxınlarda Los Angeles, Feniks, NyuYork Beynəlxalq hava limanlarında təhdidləri müəyyən etmək üçün süni intellekt texnologiyalarından istifadə edən yeni komputer tomoqrafiya skanerlərini təqdim etdi. Rapiscan 920 CT təhlükənin aşkarlanmasını avtomatlaşdırmaq, yalnız təsvirləri, siqnailləri minimuma endirmək üçün qabaqcıl aşkarlama alqoritmlərindən istifadə edilir. Süni intellekt qeydiyyat məntəqələrində özünə xidmət robotlarından tutmuş gömrük xidmətində, təhlükəsizlik xidmətində üz tanıma sistemlərində aviasiyanın bütün sahələrində tətbiq olunur. Sərnişinlərin təxminən 68%-i hava limanlarında daha çox süni intellektə əsaslanan həlləri alqışlayır. Sistemin tərtibatçıların fikrincə, skanın ötürmə qabiliyyəti saatda 900 nəfərə çatır. Bu həll artıq ABŞ-ın Oukland Beynəlxalq hava limanında əməkdaşların yoxlanılması üçün istifadə olunur. 2019-cu ildə ölkənin digər böyük beynəlxalq hava limanında istifadəyə verilib. ABŞ Nəqliyyat Təhlükəsizlik İdarəsi süni intellekt texnologiyalarının tətbiqinə 160 milyon dollar pul ayırıb. Təhlükəsizliyin təmin edilməsiedilməsi prosesində “İnsan amili”-nin roluna gəlinə, insan kritik vəziyyətlərdə qərar qəbul etmək üçün uzun müddət onun tərkib hissəsi olaraq qalacaq. Məsələn, çantada silah tapıldıqda, əməkdaş ən yaxşı hərəkət ssenarisini seçə və qarşısını ala bilər [1,2].

Süni intellektin vəzifəsi insanın diqqətini onun ekspert qiymətləndirilməsinin tələb edən sahələrə və sistemin qərar qəbul etməkdə çətinlik çəkdiyi vəziyyətlərə yönəltməkdir. Sərnişinlərin, əl yükləri, baqaj- 99% intellektual sistemlərdə avtomatik yoxlanılsa

qalan 1% insan resursu cəmləşərsə etibarlı təhlükəsizlik sisteminə nail olmaqdan danışmaq olar.

Texniki sahədə intellektual idarəetmə sistemlərindən istifadə etməklə qərarların qəbul edilməsində ənənəvi idarəetməmə nəzəriyyəsi, süni intellekt, qeyri-səlis məntiq ideyalarından metodlarından hibrid formada istifadə etməklə aviasiya təhlükəsizliyi sahəsini inkişaf etdirmək mümkündür.



Şək. 1. Neyron şəbəkənin texniki həyata keçirilmə sxemi

Neyron şəbəkəli, qeyri-səlis məntiq və təkamül alqoritmlərinə əsaslanan intellektual sistemlər texniki tətbiqi zamanı müxtəlif komponentlər integrasiya olunur.

İntellektual sistemlərdə neyron şəbəkədən istifadənin əsas problemi alınan nəticələrin şərh edilməsi ilə bağlıdır. Bu problemləri həll etmək üçün neyro şəbəkə məntiqi sistem ilə integrasiya edilməlidir. Məntiq sistemi istifadəçiyə başa düşülən İF və THEN qaydaları şəklində təqdim etməyə imkan verir. Neyroşəbəkə yanaşmasının əsas üstünlüyü verilənlərdəki qanunauyğunluqları müəyyən etmək, onları ümümləşdirilməsi onlardan biliklərin çıxarılmasıdır.

Süni intellektin başqa bir variantı qeyri-səlis intellektin sistemləri Fuzzy Logic Systemdir. Onların neyron şəbəkələr üzərində əsas üstünlüyü ondan ibarətdir ki, bu sistemlərdə biliklər insanlar tərəfindən asanlıqla başa düşülən çevik məntiqi konstruksiyalar şəklində təqdim olunur.

Narkotik vasitələrin, partlayıcı maddələrin və digər materialların nümunələrinin tomoqrafik təsvirləri rəqəmsal olaraq emal edildikdə, hər bir material növü xarakterik spektrlər verir. Həmin spektrlərdə olan məlumatlar daha sonra süni neyron şəbəkə 97%-dən yuxarı

müvəffəqiyyət dərəcəsinə çatan narkotik və partlayıcı maddələrin mövcudluğunu proqnozlaşdırmaqda faydalı olduğunu göstərdi.

Bu işdə təqdim olunan sistemi inkişaf etdirmək üçün, süni neyron şəbəkələri kimi tanınan süni intellekt texnologiyaları vasitəsilə həm avtomatik həm də operatorun fəaliyyətindən asılı olmayan narkotik və partlayıcı maddələri təsnif etmək və müəyyən etmək qabiliyyətinə malik metodologiya qəbul edilmişdir. Süni intellekt texnologiyası insan beynindən ilhamlanmış riyazi modeldir. Sonlu məlumat toplusundan və biliklərin ümümləşdirmək üçün istifadə olunan məlumatlarda olmayan vəziyyətlərə adekvat cavab vermək qabiliyyətinə malik riyazi modeldir.

Termal neytronların hidrogen nüvələri tərəfindən güclü zəiflənməsinə görə, hidrogenləşdirilmiş materialın neytron yoxlamaları ilə dağıdıcı təhlil üsulları ilə müqayisədə daha yaxşıdır. Bəzi narkotik növlər (kokain və onun törəmələri), plastik partlayıcı maddələr, polad, qurğuşun kimi ağır metalları belə müəyyən etmək mümkündür. Təmizlik, yuyucu vasitələr, plastik partlayıcı maddələr adətən əl yükündə olan əşyalar şəkər, pomada, qəhvə, dəri, qələm, kağız, antasid duzlar, tütün, pambıq bu materialları hər birinin diametri 10 mm olan silindrik alüminum nümunə qutularında qablaşdırılıb. Süni neyron şəbəkəsi üçün hər bir material növü haqqında müvafiq məlumat çıxarmaq rəqəmsal görüntü emal üsulları tətbiq edilmişdir [3].

İnkişaf etdirilmiş tomoqrafik sistem 4 ardıcıl mərhələdən sonra alınan nümunələrin ikiölçülü təsvirlərini təmin etdi. Elektron görüntüləmə sistemi vasitəsilə neytron rentqrafik şəkillərinin əldə edilməsi:

1. Tomoqrafik cədvəlin neyroqrafik proyeksiyalara bərabər sayda pilləli mühərriklə təmin edilən sinxron fırlanmaları;
2. Maximum Entropiya təsviri alqoritmi ilə təsvirin yenidən qurulması;
3. Şübhəli nümunənin təsnifatı və eyniləşdirilməsi [4].

Neytron tomoqrafiya testləri, təsvir müstəvisində neytron şüası xarakteristikaları ilə 340 Vatt nominal gücdə işləyən İEN\CNEN-in Arqonaut nüvə reaktorunun J-9 şüa kanalında quraşdırılmış eksperimental quruluşdan istifadə etməklə həyata keçirilmişdir. İkiölçülü təsvir piksellərin düzülüşü ilə formalaşır, burada hər bir piksel nümunə materialların yeni və quruluşu haqqında

məlumatları ehtiva edən boz və ya rəngli (8 bit) 256 səviyyə imkanını təmsil edir. Rəqəmsal təsvirin işlənməsi üsullarından, məsələn şəklın tomoqrafik təsvirinin hər bir pikselində istilik neytronlarının ümumi zəiflənməsinə uyğun gələn boz və ya rəngli tezliyinə uyğun olaraq segmentləşdirməyə imkan verir. Rəng səviyyəsinin bu paylanması hər bir materialın xarakterik spektrini yaradır. Neyron şəbəkələri tərəfindən təsvir edilən prosedura bənzər rəqəmsal təsvirlərin nümunələrini müəyyən etmək və təsnif etmək üçün geri yayılma təlimindən istifadə etməklə tətbiq edilmişdir. Ən yaxşı nəticələr çoxqatlı qəbuledici neyron şəbəkəsi modelindən istifadə etməklə əldə edilir. Geri yayılma alqoritm istifadə edilmiş çarpaz doğrulama meyarı nəticəsində ən yaxşı üsul müəyyən edilmişdir. Qanunsuz maddələri təxminən 1 dəq ərzində avtomatik baqajın, poçtun, əl yükünü yoxlanılması əlverişli hesab olunur. Süni neyron şəbəkə tətbiq sistemi 1,5% yalnis, 1,5% -i yalan (mənfı), 97%-i aşkarlama dərəcəsinə cavab verə bildi.

Ədəbiyyat

1. González, R. C. & WOODS, R. E, "Digital Image Processing Prentice-Hall, Inc. second edition, 2002.
2. Wang, H. and all "Study of Artificial Neural Network on Explosive Detection with PFTNA
3. Method. IEEE Nuclear Science Symposium Conference Record, pp. 471-473, 2005.
4. Rumelhart, D. E., Hinton, G. E. and Willians, R. J. "Learning internal Representations by

M Ü N D Ə R İ C A T

BÖLMƏ 1.

AVIASIYA SİSTEMLƏRİNDƏ SÜNİ INTELLEKT

1. **ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В УПРАВЛЕНИИ
БПЛА**
Яхъя Ахадов, Намик Гусейнов 3
2. **MÜASİR AEROKOSMİK İNFORMASIYANIN
İNTELLEKTUAL TƏŞKİLİ VƏ EMALI SİSTEMİ**
Sevda İbrahimova 10
3. **OPPORTUNITIES AND PROSPECTS FOR THE USE OF
ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN AVIATION**
Islam Isgandarov, Yunus Karimov 16
4. **UÇUŞ APARATININ FƏZADAKI VƏZİYYƏTİNİ VƏ KUR-
SUNU TƏYİN ETMƏ SİSTEMİ ÜÇÜN SMART
QURĞUNUN STRUKTUR MODELİ**
Islam Isgandarov, Hüseyn Baxşıyev 25
5. **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ
ПЕРСПЕКТИВНЫХ БЕСПИЛОТНЫХ
АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ**
Виктор Мoiseев, Илья Матвеев 33
6. **MACHINE-LEARNING-BASED AUTOMATED TEST-
ING SYSTEM FOR RADIO ELECTRONIC DEVICES**
Aygun Zeynalova, Rafail Ibragimov 40
7. **MULTI-ATTRIBUTED DECISION MAKING TO MITI-
GATE OF DIFFERENCES IN EXPERT ASSESSMENTS
IN AI**
Yashar Hacıyev 46

BÖLMƏ 2.

AVIAKOSMİK MONİTORİNG PROBLEMLƏRİN HƏLLİNDƏ SÜNİ INTELLEKT TEXNOLOGİYARI

8. **ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ АВТОНОМИЗАЦИИ АЭРО-
КОСМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ**
Юрий Прокопчук 55
9. **ANİZOTROP GÜNƏŞ KÜLƏYİNDƏ ZƏRRƏCİKLƏRİN
SÜRƏTLƏNMƏ MEXANİZMLƏRİNİN TƏDQIQI**
Mirnamik Bəşirov 63

10. COMPARATIVE STUDY OF MACHINE LEARNING ALGORITHMS FOR CROP MAPPING USING MULTISPECTRAL SATELLITE IMAGERY	
<i>Sona Quliyeva</i>	67
11. ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОЗДАНИИ ГРАНАТОМЕТНЫХ И МИНОМЕТНЫХ ТРЕНАЖЕРОВ	
<i>Алексей Шкадаревич, Владимир Сафонов, Илья Свиблов</i>	72
12. НАСТРОЙКА НЕЙРОННОЙ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИНТЕРПРЕТАЦИИ СПУТНИКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ	
<i>Хосиет Исматова, Натаван Джафарова</i>	79
13. AZƏRBAYCANIN ŞİMAL-QƏRB REGIONUNDA SÜNİ İNTELLEKT SAYƏSİNDƏ ARXEOLOGİYA VƏ MƏDƏNİ İRSƏ AİD MÜHÜM TAPINTILAR	
<i>Yusif Şükürlü</i>	87

BÖLMƏ 3.

SÜNİ İNTELLEKT SİMULYATORLARI VƏ ÖYRƏNMƏ PROSESİ

14. AVIASIYA SİMULYATORLARINDA SÜNİ İNTELLEKTİN TƏTBİQİ İLƏ TƏLİMİN ANALİZİ	
<i>İsmayıl İsmayilov, İlkin Mirzəyev</i>	95
15. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИБРИДНЫХ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ТРЕНАЖЕРА	
<i>Намик Гусейнов</i>	100
16. İNTELEKTUAL VERİCİLƏRİN ROBOTOTEXNİKADA VƏ MEXOTRONİKADA TƏDBİQİ İMKANLARI	
<i>Kamaləddin Ramazanov</i>	109
17. AN ANALYSIS OF HOW ARTIFICIAL INTELLIGENCE IS UTILIZED IN THE CONTEXT OF BOTH INDIVIDUAL AND GROUP LEARNING	
<i>Pari Garayeva, Yashar Həjiyev</i>	117
18. INTELLIGENCE SYSTEMS AND PARAMETRIC METRICS ON THE SECOND TYPE OF FUZZY NUMBER SPACES	
<i>Fuad Gurbanov, Nəzakət Məmedova</i>	127
19. SÜNİ İNTELLEKT ƏSASLI SİMULYASIYA PROGRAMLARININ ƏHƏMİYYƏTİ VƏ DEEP REINFORCEMENT LEARNING YANAŞMALI STRATEGİYALAR	
<i>Vaqif Qasımov, Dilarə Quluzadə, Validə Məmmədova</i>	133

BÖLMƏ 4.

**AVIASIYA TƏHLÜKƏSİZLİYİNDƏ SÜNI INTELLEKT
TEKNOLOGİYALARI VƏ AEROKOSMİK BİOTİBBDƏ SÜNI IN-
TELLEKT**

20. **РОЛЬ ПРОФИЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СЕНСОМО-
ТОРНОЙ АСИММЕТРИИ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ
АСИММЕТРИИ МОЗГА В ПРОГНОЗИРОВАНИИ
ОШИБОЧНЫХ ДЕЙСТВИЙ ЛЕТЧИКОВ**
Елена Николаева 137
21. **АДАПТИВНЫЙ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМ-
ПЛЕКС ДЛЯ КОРРЕКЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СО-
СТОЯНИЯ ЛИЦ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ПРОФЕССИЙ**
Николай Суворов, Тимофей Сергеев, Оксана Тихоненкова 143
22. **ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ В СИСТЕМАХ
БЕЗОПАСНОСТИ**
Светлана Антошук, Оксана Бабилунга, Анатолий Николен-
ко 151
23. **ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ
ТЕХНОЛОГИЯ RFID –ОСОБЕННОСТИ И ПЕРСПЕК-
ТИВЫ В ВОПРОСАХ ОБРАБОТКИ БАГАЖА В МЕЖДУ-
НАРОДНЫХ АВИАПЕРЕВОЗКАХ**
Джахид Керимов 158
24. **PROSPECTS OF APPLICATION OF ARTIFICIAL INTE-
LLIGENCE TECHNOLOGIES IN ENSURING AVIATION
SECURITY**
Ruslan Rustamov, Ali Rustamov 161
25. **AVIASIYA TƏHLÜKƏSİZLİYİNDƏ SÜNI INTELECTIN
ROLU**
Nadir Xalıqov, Nizami Mursakulov 168
26. **ВОЗМОЖНОСТИ МУЛЬТИПАРАМЕТРИЧЕСКОГО УП-
РАВЛЕНИЯ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИМИ СОС-
ТОЯНИЯМИ КАК МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФУНКЦИО-
НАЛЬНЫХ РЕЗЕРВОВ ЛЕТНОГО СОСТАВА**
Фуад Дадашев, Кямаля Дадашева, Али Аллахвердиев, Эльнур
Асадов 173
27. **ЭКСПЕРНО-КОНСУЛЬТАТИВНАЯ СИСТЕМА В ИН-
ДИВИДУАЛИЗАЦИИ ПОДГОТОВКИ ЛЕТНОГО СОС-
ТАВА НА ТРЕНАЖЕРАХ**
Фуад Дадашев, Эльнур Асадов 177

**28. PARTLAYICI MADDƏLƏRİN AŞKAR EDİLMƏSİNDƏ
SÜNİ İNTELLEKT TEKNOLOGİYALARININ TƏTBİQİ**

Kamal Əsgərov, Səidə Əhmədova

184

Elmi-Texniki Tələbə Konfransının
materiallarına
«Mülki Aviasiya» redaksiya
heyəti tərəfindən baxılmış və çapına
icazə verilmişdir.

Çapa hazırlanmışdır: 22.07.2023.

Beynəlxalq Elmi-praktik konfransın
materialları
“Azərbaycan Hava Yolları” QSC-nin
“Hava Limanlarının İstismarı Baş İdarəsinin
Poliqrafiya Mərkəzində çap olunmuşdur.

Tirajı 30 nüsxə.