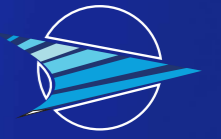


Milli Aviasiya Akademiyası



ISSN 1811-7341

ELMİ MƏCMUƏ

Cild 27, №2, 2025

National Aviation Academy
SCIENTIFIC JOURNAL
Volume 27, №2, 2025

Baş redaktor

F.-r.e.d., akademik Arif Mir Cəlal oğlu Paşayev

Elmi redaktor

T.e.d., prof. Rasim Nəsim oğlu Nəbiyev

Redaksiya heyətinin üzvləri (elm sahələri üzrə)

Texnika elmləri

T.e.d., prof. Afiq Rəşid oğlu Həsənov (redaktor)

T.e.d., prof. Ədalət Soltan oğlu Səmədov

F.-r.e.d., prof. Məsud Arif oğlu Əfəndiyev, Helmhols Mərkəzi, Münhen, Almaniya

F.-r.e.d., prof. Əli Tofiq oğlu İsmayılzadə, Karlsruhe Texnologiya İnstitutu, Almaniya

T.e.d., prof. Aleksandr Alekseyeviç İqolkin, Samara Universiteti, Rusiya

T.e.n., dos. Oleq Borisoviç Spiridonov, Cənub Federal Universiteti, Rusiya

T.e.d., prof. İsmayıl Mahmud oğlu İsmayılov

T.e.d., prof. Əhəd Xanəhməd oğlu Canəhmədov

T.e.d., prof. Pərviz Şahmurad oğlu Abdullayev

F.-r.e.d., prof. Kərim Rəhim oğlu Allahverdiyev

T.e.d., prof. Xəqani İmran oğlu Abdullayev

F.-r.e.d., prof. Kamal Əsgər oğlu Əsgərov

T.e.d., prof. Nazim Şəkər oğlu Hüseynov

T.e.d., prof. Aytac Nəzif qızı Bədəlova

F.-r.e.n., prof. İslam Əsəd oğlu İsgəndərov

T.e.n., dos. Elman Mehdi oğlu Nəcəfov

T.e.n., dos. Fuad Həsən oğlu Dadaşov

Hüquq elmləri

H.e.d., prof. Ayxan Xankişi oğlu Rüstəmzadə (redaktor)

Prof. Dr. Cavid Sədulla oğlu Abdullazadə, Ankara Universiteti, Türkiyə

Prof. Dr. Yener Ünver, Özyeğin Universiteti, Türkiyə

Prof. Dr. Ömer Çınar, İbn Haldun Universiteti, Türkiyə

H.e.d., prof. Nazim Həsən oğlu Cəfərli

H.e.d., prof. Sübhan Fərmayıl oğlu Əliyev

H.e.d. Fərdin Yaşar oğlu Xəlilov

H.e.d., dos. Rauf Məmməd oğlu Qarayev

İqtisad elmləri

İ.f.d., dos. Gulnarə Telman qızı Əhmədova (redaktor)

İ.e.d., prof. Heydər Sərdar oğlu Həsənov

İ.e.d., prof. Rustem Tursunoviç Yuldashev, Moskva Dövlət Beynəlxalq Münasibətlər İnstitutu, Rusiya

İ.e.d., prof. Səlim Yanvar oğlu Müslümov

İ.e.d., prof. Sərvər Alcan oğlu Abbasov

İ.e.d., prof. Elnur Məhəmməd oğlu Sadıqov

İ.e.n., dos. Fəridə Fərid qızı Ələkbərova

İ.f.d., dos. Vəfa Qurban qızı Nəcəfova

İ.f.d., dos. Fuad Mürvət oğlu Mirzəyev

"Elmi Məcmuə"nin bölmələri: aviasiya və raket-kosmik texnikası, aeronaviqasiya, aviasiya təhlükəsizliyi, aviasiya meteorologiyası, aerokosmik monitorinq və ətraf mühitin qorunması, cihazqayırma, radioelektronika, telekommunikasiya, informasiyanın emalı, nəqliyyat logistikası, fizika, bərk cisim elektronikasi, materialşünaslıq, informasiya texnologiyaları, sistemli analiz, idarəetmə sistemləri, hüquq, iqtisadiyyat, menecment, ictimai elmlər.

"Elmi məcmuə" 1999-cu ildə Azərbaycan Respublikası Mətbuat və İnformasiya nazirliyində qeydiyyatdan keçmişdir (Qeyd. № 492).

Jurnal Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının "Azərbaycan Respublikasında məqalələrin dərc olunması tövsiyə edilən dövrü elmi nəşrlərin siyahısı"na daxildir.

Redaksiyanın ünvanı: AZ1045, Bakı şəh., Mərdəkan pr. 30, Milli Aviasiya Akademiyası

Tel. (+994) 12 525 98 08 + 24 88. E-mail: em@naa.edu.az Veb sayt: <https://scientific-journals.naa.edu.az/>



aak.gov.az

<https://aak.gov.az>



Editor-in-chief

DSc (Phys. & Math.), Academician Arif M. Pashayev

Scientific Editor

DSc (Tech.), prof. Rasim N. Nabiyev

Members of the editorial board (by scientific fields)

Technical sciences

DSc (Tech.), Prof. Afiq R. Hasanov (**editor**)

DSc (Tech.), Prof. Adalat S. Samadov

DSc (Phys. & Math.), Prof. Messoud A. Efendiev, Helmholtz Zentrum München, Germany

DSc (Phys. & Math.), Prof. Ali T. Ismail-Zadeh, Karlsruhe Institute of Technology, Germany

DSc (Tech.), Prof. Alexander A. Igolkin, Samara University, Russia

Ph.D (Tech.), Ass. Prof. Oleg B. Spiridonov, Southern Federal University, Russia

DSc (Tech.), Prof. Ismail M. Ismailov

DSc (Tech.), Prof. Ahad Kh. Janahmadov

DSc (Tech.), Prof. Parviz Sh. Abdullayev

DSc (Phys. & Math.), Prof. Karim R. Allahverdiyev

DSc (Tech.), Prof. Khagani I. Abdullayev

DSc (Phys. & Math.), Prof. Kamal A. Asgarov

DSc (Tech.), Prof. Nazim Sh. Huseynov

DSc (Tech.), Prof. Aytaj N. Badalova

Ph.D (Phys. & Math.), Prof. Islam A. Isgandarov

Ph.D (Tech.), Ass. Prof. Elman M. Najafov

Ph.D (Tech.), Ass. Prof. Fuad H. Dadashov

Legal sciences

DSc (Law), Prof. Aykhan Kh. Rustamzadeh (**editor**)

Prof. Dr. (Law), Javid S. Abdullazadeh, Ankara University, Türkiyə

Prof. Dr. (Law), Yener Unver, Özyeğin University, Türkiyə

Prof. Dr. (Law), Omer Chinar, İbn Haldun University, Türkiyə

DSc (Law), Prof. Nazim H. Jafarli

DSc (Law), Prof. Subhan F. Aliyev

DSc (Law) Fardin Y. Khalilov

DSc (Law), Ass. Prof. Rauf M. Garayev

Economic sciences

Ph.D (Econ.), Ass. Prof. Gulnara T. Ahmedova (**editor**)

D.Sc (Econ.), Prof. Heydar S. Hasanov

D.Sc (Econ.), Prof. Rustem T. Yuldashev, Moscow State Institute of International Relations, Russia

D.Sc (Econ.), Prof. Salim Y. Muslumov

D.Şc (Econ.), Prof. Sarvar A. Abbasov

D.Sc (Econ.), Prof. Elnur M. Sadigov

Ph.D (Econ.), Ass. Prof. Farida F. Alakbarova

Ph.D (Econ.), Ass. Prof. Vafa G. Najafova

Ph.D (Econ.), Ass. Prof. Fuad M. Mirzayev

Categories of the "Scientific Journal": aviation and rocket space technology, air navigation, aviation security, aviation meteorology, aerospace monitoring and environmental protection, instrumentation, radio electronics, telecommunications, information processing, transport logistics, physics, solid-state electronics, materials science, information technology, system analysis, control systems, law, economics, management, social sciences.

"Scientific Journal" was registered at the Ministry of Press and Information of the Republic of Azerbaijan in 1999 (Reg. № 492).

The journal is included into the recommended list of periodical scientific publications of Higher Attestation Commission under the President of the Republic of Azerbaijan.

Address: AZ1045, Baku, Mardakan Ave. 30, National Aviation Academy

Tel. (+994) 12 525 98 08 + 24 88. E-mail: em@naa.edu.az Website: <https://scientific-journals.naa.edu.az/>

AVIASIYA VƏ RAKET-KOSMİK TEXNİKASI

UOT: 629.73

DOI:10.30546/EMNAA.2025.27.02.200

AEROPORT ƏRAZISİNDƏ YERÜSTÜ NƏQLİYYAT VASİTƏLƏRİNİN HƏRƏKƏT İNTENSİVLİYİNƏ NƏZARƏT ÜSULU

Həsənov A.R., Ağayev E.A., Əhmədov R.Ə.
Milli Aviasiya Akademiyası

Məqalədə aeroport ərazisində yerüstü nəqliyyat vasitələrinin hərəkət intensivliyinin uçuşların təhlükəsizliyinə təsirini xarakterizə edən qəzalar məlum mənbələrin məlumatlarına əsasən təhlil edilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, aeroport ərazisində yerüstü nəqliyyat vasitələrinin hərəkət intensivliyinin qeyri-bərabər paylanması ciddi qəzalara səbəb ola bilər. Bununla əsaslandırılmışdır ki, yerüstü nəqliyyat vasitələrinin aeroport ərazisində hərəkəti real zaman miqyasında optimallaşdırılmalıdır. Əks təqdirdə uçuşların təhlükəsizliyi tələb olunan səviyyədə təmin oluna bilməz. Yerüstü nəqliyyat vasitələrinin hərəkətinə nəzarət etmək üçün istifadə olunan müasir üsullar araşdırılmış və onların nöqsanları müəyyən edilmişdir. Göstərilmişdir ki, nəqliyyat vasitələrinin hərəkətinə müasir nəzarət üsulları texniki reallaşdırılmanın mürəkkəbliyi ilə fərqlənir və nəzarət üçün xüsusi hazırlığın zəruriliyini tələb edirlər. Texniki reallaşdırılması daha sadə olan və nəzarət üçün xüsusi hazırlıq tələb etməyən yeni nəzarət üsulunun işlənməsinin zəruriliyi əsaslandırılmışdır. Aeroport ərazisində yerüstü nəqliyyat vasitələrinin hərəkət intensivliyinin təkmilləşdirilməsini təmin edən və ləngitmə xətləri əsasında reallaşdırılmış yeni nəzarət üsulu təklif edilmişdir. Ləngitmə xətlərinin istifadə olunması müxtəlif məntəqələrdən daxil olan siqnalların bir zaman müstəvisinə keçməsinə təmin edir. Nəzarət üsulunun belə iş alqoritmi operatorun işini sadələşdirir və daha düzgün qərar qəbul etməsinə təmin edir. Bu zaman nəzarət zonalarında məlumatın toplanması uyğun radioverici və radioqəbuledici qurğular vasitəsilə təmin edilir. Hər bir radiokanalın işçi tezliyi konkret hava limanı üçün ayrılmış tezlik toru çərçivəsində seçilir. Müasir dövrdə istifadə edilmiş üsullarla müqayisə əsasında təklif edilən yeni nəzarət üsulunun üstün cəhətləri göstərilmişdir.

Açar sözlər: aeroport, yerüstü nəqliyyat, ləngitmə xətti, radioverici, radioqəbuledici, intensivlik, nəzarət, təhlükəsizlik.

Giriş. Aeroport ərazisində uçuşların təhlükəsizliyi ən aktual problemlərdən biri hesab olunur. Uçuşların təhlükəsizliyinə və aeroport ərazisində işlərin müntəzəmliyinə təsir edən əsas amillərdən biri yerüstü nəqliyyat vasitələrinin hərəkət intervallarının düzgün planlaşdırılmaması və nəzarət üsullarında nöqsanların mövcud olmasıdır. Bu sahədə araşdırmalar təsdiqləyir ki, müasir dövrdə yerüstü nəqliyyat vasitələri bir çox qəzalara səbəb olur [1, 11]. Bu qəzalardan bəziləri aşağıda qeyd olunmuşdur:

- 2015-ci ildə Kral Əbdüləziz aeroportunda hava gəmisinin aviasiya təhlükəsizlik maşını ilə toqquşması nəticəsində təyyarənin sağ mühərriki zədələnib;
- 2016-cı ildə Honq Konq hava limanında hava gəmisinin iaşə xidməti maşını ilə toqquşması nəticəsində təyyarənin sol mühərriki zədələnib;
- 2017-ci ildə Alikante hava limanında hava gəmisinin aviasiya təhlükəsizliyi maşını ilə toqquşması nəticəsində təyyarənin sağ mühərriki zədələnib;
- 2020-ci ildə Şeremetyevo hava limanında hava gəmisinin yanacaq tankeri ilə toqquşması nəticəsində təyyarə və tanker zədələnib;
- 2021-ci ildə Qdansk hava limanında hava gəmisinin su nəqliyyatı vasitəsi ilə toqquşması nəticəsində təyyarə və su çəni zədələnib.

Eyni zamanda belə qəzaların olması aeroportun işini ləngidir ki, bu da ciddi maliyyə itkilərinə səbəb olur. Misal üçün qeyd edilə bilər ki, ABŞ-ın Miçiqan ştatının Nyu-Cersi şəhərində yerləşən Newark hava limanında bir saatlıq fasilə bir milyon ABŞ dolları dəyərində qiymətləndirilir.

İşin məqsədi yerüstü nəqliyyat vasitələrinin aeroport ərazisinin müxtəlif zonalarında hərəkət intensivliyinin bərabər paylanmasına daha sadə nəzarət üsulunun işlənməsidir.

Problemin vəziyyəti. Müasir dövrdə yerüstü nəqliyyat vasitələrinin aeroport ərazisində hərəkətinə nəzarət etmək üçün bir çox üsullar istifadə edilir. Araşdırmaların əsasında onların ən geniş tətbiq olunanları müəyyən edilərək təhlil edilmişdir:

1. Yerüstü hərəkətə nəzarət sistemi (YHNS).

Hava limanı ərazisində nəqliyyat vasitələrinin hərəkətinə nəzarət etmək üçün yerüstü hərəkətə nəzarət sistemi (Surface movement ground control systems (SMGCS)) istifadə edilir [2, 3, 4]. Yerüstü hərəkətə nəzarət sistemi istənilən şəraitdə aerodromlarda hava gəmilərinin və nəqliyyat vasitələrinin təhlükəsiz, nizamlı və sürətli hərəkətini dəstəkləmək üçün müxtəlif funksiyalardan ibarət sistemdir. Əsas məqsəd yerüstü nəqliyyat vasitələrinin optimal hərəkətinin müəyyən edilməsi, hava gəmilərilə toqquşmaların qarşısının alınmasından ibarətdir. 2004-cü ildə İCAO (International Civil Aviation Organization) tərəfindən tövsiyə edilən bu sistemin əsas funksiyaları nəzarət, marşrutlaşdırma və təlimatlandırma.

Nəzarət funksiyasının əsas təyinatı hava limanında təyyarə və yerüstü nəqliyyat vasitələrinin müəyyən edilməsi və yerləşdirilməsidir. Marşrutlaşdırma funksiyası yerüstü nəqliyyat vasitələrinin təhlükəsiz, sürətli və səmərəli hərəkətini təmin etmək üçün hərəkət yolunun planlaşdırılmasını təyin edir. Təkmilləşdirilmiş nəzarət funksiyası hər dəfə yolu dəyişmək imkanını nəzərdən keçirməli, istənilən hərəkət şəraitində təyyarə, yerüstü nəqliyyat vasitələri üçün bütün yolları planlaşdırma, kəsişmələrdə bütün mümkün münaqişələri minimuma endirmək üçün qüllə ilə qarşılıqlı əlaqədə olmalı və bütün istifadəçilərin yol sorğularına tez cavab verməlidir. Hal-hazırda radiorabitə vasitəsilə pilotlar və yerüstü nəqliyyat vasitələrinin sürücüləri nəzarət qülləsi ilə əlaqələndirilir. Təlimatlandırma pilotlar və nəqliyyat vasitələrinin sürücülərini məlumatlandırır.

Bu üsulun əsas çatışmayan cəhətləri aşağıdakı kimi müəyyən edilmişdir:

-yüksək icra və baxım xərcləri. Yerüstü hərəkətə nəzarət sisteminin quraşdırılması bahalı infrastruktur və rabitə sistemləri tələb edir. Davamlı texniki xidmət və təkmilləşdirmələr xüsusi texniki təcrübə tələb etdiyindən baha başa gəlir;

-mürəkkəblik və təlim tələbləri. Yerüstü hərəkətə nəzarət sistemləri olduqca mürəkkəbdir və hava hərəkəti dispetçerləri, pilotlar və yerüstü nəqliyyat vasitələrinin operatorları üçün uzun müddətli

təlim tələb edir. Operatorlar sistem xəbərdarlıqlarını şərh etmək və onlara cavab vermək üçün adekvat şəkildə öyrədilmədikdə insan səhvləri baş verə bilər;

-inteqrasiya problemləri. Yerüstü hərəkətə nəzarət sistemlərinin mövcud hava limanı və hava yolları sistemləri ilə inteqrasiyası zamanı uyğunluq problemləri yarana bilər. Köhnə hava limanlarında yerüstü hərəkətə nəzarət sistemlərini yerləşdirmək üçün əhəmiyyətli dəyişikliklərə ehtiyacı ola bilər ki, bu da əməliyyatların pozulmasına gətirib çıxarır;

-texnologiyadan asılılıq. Sistem nasazlıqları (məsələn, sensor nasazlıqları, proqram xətalı) əməliyyatlara təsir göstərə bilər. Avtomatlaşdırmadan çox istifadə edən hava limanları texniki nasazlıqlar zamanı nəzarətçilərin səhvi ilə üzləşə bilər.

2. GPS (Global Positioning System) – GIS (Geographical Information Systems) sistemi vasitəsilə yerüstü hərəkətə nəzarət. Bu sistemin mahiyyəti yerüstü nəqliyyat vasitələrinin və təyyarələrin yerinin müəyyən edilməsi üçün GPS və GIS sistemlərinin birləşdirilməsindən ibarətdir. GPS provayderləri tərəfindən yerüstü nəqliyyat vasitələri və təyyarələrdən gələn məlumatlar mərkəzləşdirilmiş sistem tərəfindən işlənir və hər birinin mövqeyi GIS alətində təsvir olunur [5, 6]. Hədəf bölgəsindəki hərəkətləri real vaxt rejimində yoxlamaq və izləmək üçün təklif olunan inteqrasiya olunmuş GPS-GIS sistemi nəqliyyat vasitələrinin dəqiq mövqeyini müəyyən edərək, toqquşmalardan yayınmaq funksiyalarını təmin edir. Uçuş-enmə zolaqlarında icazəsiz nəqliyyat vasitələri və təyyarələr tərəfindən hər hansı təsadüfi müdaxilənin qarşısını alır.

Bu üsulun əsas çatışmayan cəhətləri aşağıdakı kimi müəyyən edilmişdir:

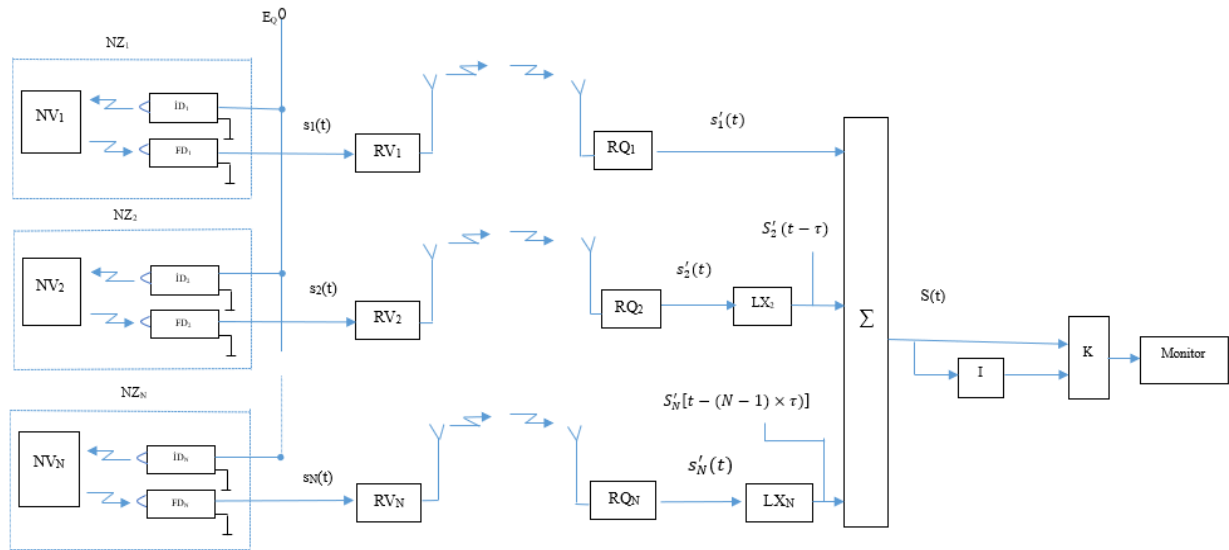
- sıx infrastruktur malik ərazilərdə (məsələn, terminallar, anqarlar) signal blokadası;
- hava şəraiti və ya sistemə müdaxilə dəqiqliyi azalda bilər;
- hava hərəkəti dispetçerləri və yerüstü heyət üçün təlim tələb olunur;
- əgər ehtiyat üsulları mövcud deyilsə, sistem nasazlıqları yerüstü əməliyyatları poza bilər;
- standart GPS bir neçə metr dəqiqliyə malikdir və bu mürəkkəb hava limanı mühitləri üçün kifayət qədər dəqiq olmaya bilər;
- GIS xəritələri tikinti zonalarını və ya müvəqqəti məhdudiyətləri əks etdirmək üçün mütəmadi olaraq yenilənməlidir;
- köhnəlmiş və ya yanlış məlumatlar marşrut xətalılarına və potensial təhlükəsizlik risklərinə səbəb ola bilər.

3. Yeni nəsil hava nəqliyyat sistemi (NextGen). ABŞ-ın hava hərəkətinin idarə edilməsi sistemini dəyişdirmək üçün Federal Aviasiya Administrasiyasının (FAA) təklif etdiyi modernləşdirilmiş sistemdir. Məqsəd qabaqcıl texnologiyalar və proseduralardan istifadə etməklə hava hərəkətlərində səmərəliliyin, təhlükəsizliyin və ekoloji dayanıqlığın artırılmasıdır [7, 8, 9, 10]. NextGen ABŞ hökumətinin 2004-cü ildə planlaşdırmağa başladığı hava məkanı infrastrukturunu yaxşılaşdırmaq üçün çoxillik genişmiqyaslı səyidir. NextGen layihələri seçilmiş 39 hava limanında qəbul edilmişdir ki, bu da ABŞ hava nəqliyyatının mühüm hissəsini təmsil edir. Bu sistemin 2004-cü ildə planlaşdırılmasına baxmayaraq 2014-cü ildən başlayaraq Hartsfield-Jackson Atlanta (ATL) və San Francisco Beynəlxalq (SFO) beynəlxalq hava limanlarında tətbiq edilməyə başlandı. Bu üsulun əsas çatışmayan cəhətləri aşağıdakı kimi müəyyən edilmişdir:

- infrastruktur və texnologiya təkmilləşdirmələri üçün yüksək icra xərcləri;
 - aviaşirkətlər və hava limanlarında tətbiq imkanlarının az olması;
 - rəqəmsal sistemlərdən asılılığın artması səbəbindən kibertəhlükəsizlik riskləri.
- Göstərilmiş üsulların nöqsanları yeni nəzarət üsulunun işlənməsini zəruri edir.

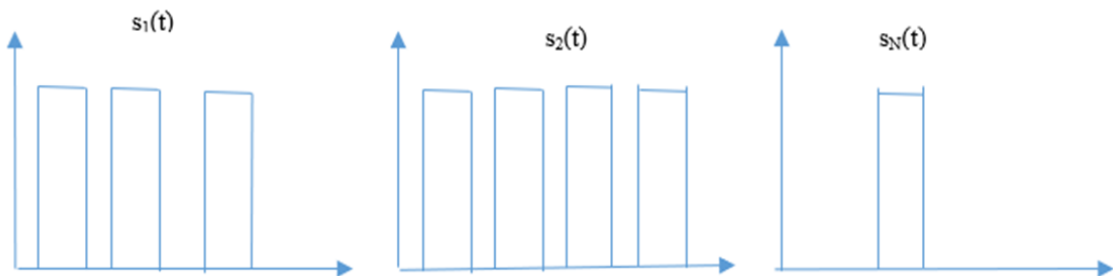
Yeni nəzarət üsulu

Aeroport ərazisində yerüstü nəqliyyat vasitələrinin hərəkətinə nəzarət üçün yeni üsul təklif edilmişdir. Üsulun mahiyyəti aeroport ərazisində əvvəlcədən müəyyən edilmiş nəzarət zonalarında yerüstü nəqliyyat vasitələrinin hərəkətinə nəzarət edərək intensivliyin müəyyən edilməsi və potensial toqquşmaların qarşısının alınmasının təmin edilməsidir. Yeni üsulun təsviri şəkil 1-də göstərilmişdir.



Şəkil 1. Yerüstü nəqliyyat vasitələrinin hərəkət intensivliyinə nəzarət üsulünün izahı üçün sxem

Aeroport ərazisində yerüstü nəqliyyat vasitələri əvvəlcə müəyyən edilmiş yollarla hərəkət edirlər. İstənilən halda bir sıra ərazilərdə nəqliyyatın hərəkət intensivliyi yüksək, digər ərazilərdə isə kiçik olur. Nəqliyyatın hərəkət intensivliyinin yüksək olma ehtimalı gözlənilən ərazilərdə N sayda nəzarət qurğuları yerləşdirilir (şəkil 1). Nəzarət qurğusunun tərkibinə işıq diodu (İD) və fotodiod (FD) daxil edilir. İşıq diodları fasiləsiz olaraq şüalandırılır. Nəqliyyat vasitəsi nəzarət zonasından keçən zaman fotodiodun səthinə işıq impulsu düşür. Fotodiodların çıxışlarında yaranan impuls siqnallarının qrafikləri şəkil 2-də verilmişdir. Göründüyü kimi 1-ci nəzarət nöqtəsindən keçən nəqliyyat vasitələrinin sayı 3, ikinci nəzarət nöqtəsindən keçən nəqliyyat vasitəsinin sayı 4, N -ci nəzarət nöqtəsindən keçən nəqliyyat vasitəsinin sayı 1- dir.



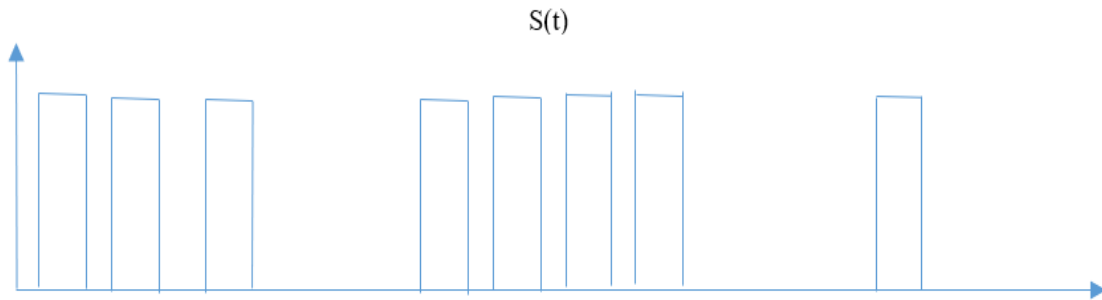
Şəkil 2. Fotodiodların çıxışlarında alınmış impuls siqnallarının qrafiki təsviri

Şəkil 2-də zaman diaqramları göstərilmiş impuls siqnalları müvafiq radiovericilərin (RV) giriş təsirini formalaşdırır. Sistemin işləmə mexanizminə əsasən hər bir RV tərəfindən şüalandırılan radioreqslər uyğun radioqəbuledici (RQ) vasitəsilə qəbul edilir. RV və RQ-lərin işçi tezlikləri konkret hava limanının tələblərinə uyğun seçilir. RQ-lərin çıxışlarında müvafiq ardıcılıqla $s'_1(t)$, $s'_2(t)$ və $s'_N(t)$ impuls siqnalları formalaşır. RQ₁-in çıxışında alınmış impuls siqnalı birbaşa cəmləyiciyə daxil olur. Digər RQ-lərin çıxışlarındakı impuls siqnallarının hər biri ayrılıqda ləngitmə xəttinə (LX) verilir. LX-lərin çıxışlarında əmələ gələn impulsların zaman oxu üzərində sürüşdürülmüş forması, yəni $S'_2(t - \tau)$ və $S'_N[t - (N - 1) \times \tau]$ siqnalları cəmləyiciyə ötürülür. Cəmləyicinin çıxış siqnalının riyazi modelini aşağıdakı kimi göstərmək olar:

$$S(t) = s'_1(t) + s'_2(t - \tau) + s'_N[t - (N - 1) \times \tau]$$

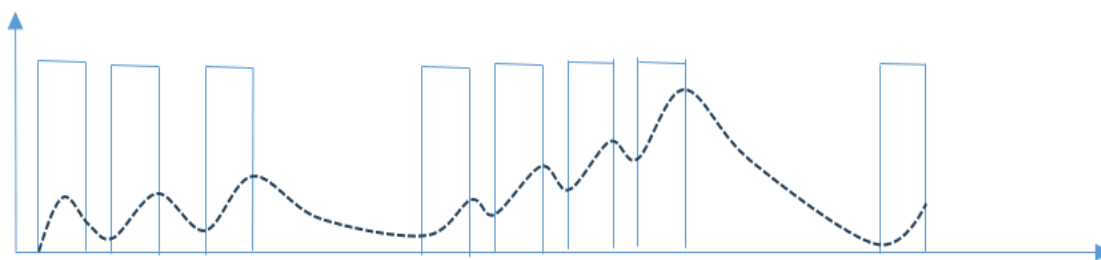
Burada, τ -ləngimə müddətidir.

Cəmləyicinin çıxışında alınmış impuls siqnalının $S(t)$ zaman diaqramı aşağıdakı şəkildə göstərilmişdir.

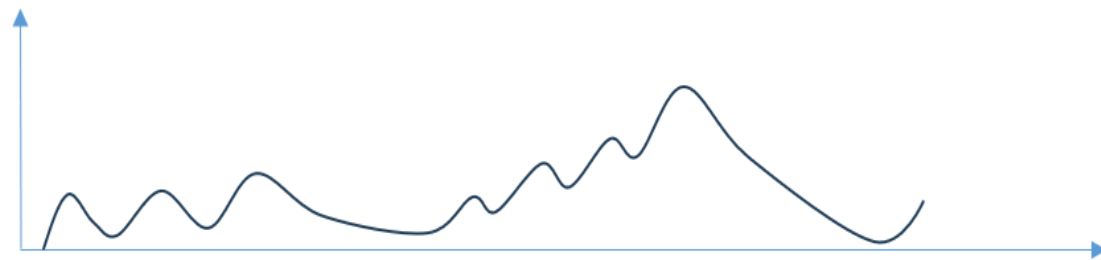


Şəkil 3. Cəmləyicinin çıxışında alınmış impuls siqnallarının qrafiki təsviri

Şəkil 3-dəki impuls ardıcılığı eyni zamanda kommutatora (K) və inteqrallayıcıya (İ) ötürülür. Kommutatorun çıxış siqnalları monitora ötürülür. Monitor da həm şəkil 3-də göstərilmiş kimi impuls ardıcılığı, həm də şəkil 5-də göstərilmiş kimi təsviri müşahidə etmək mümkündür. Şəkil 3-də göstərilmiş impuls sayı yerüstü nəqliyyat vasitələrinin sayına uyğundur. Göründüyü kimi, birinci nəzarət zonasında 3, ikinci nəzarət zonasında 4, N-ci nəzarət zonasında 1 yerüstü nəqliyyat vasitəsi hərəkət edir. Beləliklə, şəkil 3-dəki impuls diaqramları şəkil 2-dəki impuls diaqramlarının ekvivalentidir. Impulsların sayına əsasən 2-ci nəzarət zonasında yerüstü nəqliyyat vasitələrinin sayının digər zonalarla müqayisədə çox olduğu müəyyən edilir. İnteqrator da gedən fiziki proseslər şəkil 4-də əks olunmuşdur. Şəkil 4 və şəkil 5-dən göründüyü kimi, yerüstü nəqliyyat vasitələrinin sayının çox olduğu hissədə inteqratorun çıxış siqnalının amplitudu daha böyükdür. Bu halda yerüstü nəqliyyat vasitələrinin sıxlığı amplitudun ən yüksək olduğu nöqtəyə əsasən təyin edilir. Bütün məlumatlar bir monitor da cəmləndiyindən yerüstü nəqliyyat vasitələrinin hərəkət sıxlığının daha çox olduğu nəzarət zonaları operativ aşkarlanı bilər. Nəzarət zonalarında nəqliyyat vasitələrinin sayının daha çox olduğu halda toqquşmaların qarşısının alınması, planlaşdırılmamış dayanmaların olmaması üçün təklif edilmiş üsul praktiki əhəmiyyətə malikdir. Təklif edilmiş üsul istənilən hava limanına inteqrasiya oluna bilər. Bununla da istənilən hava limanının ərazisində yerüstü nəqliyyat vasitələrinin bir məntəqədən idarəsi təmin olunur.



Şəkil 4. İnteqratorlarda gedən fiziki proseslərin izahı üçün gərginlik diaqramları



Şəkil 5. İnteqratorun çıxışında alınmış siqnalın qrafiki təsviri

Şəkil 3 və şəkil 5-dən görüldüyü kimi nəzarət zonalarında hərəkət edən nəqliyyat vasitələrinin hərəkət sıxlığını real zaman miqyasında müəyyən etmək mümkündür. Təklif edilmiş yeni nəzarət üsulunun əsas üstün cəhətlərini aşağıda göstəriləyi kimi ümumiləşdirə bilərik:

- yüksək icra və baxım xərcləri tələb etmir;
- təlim tələbləri sadədir;
- digər nəzarət üsullarından fərqli olaraq istənilən aeroporta inteqrasiya oluna bilər;
- aeroportun konstruksiyasının zəruri dəyişikliyinə uyğun olaraq nəzarət sisteminin yerdəyişməsinin qısa müddətə mümkün olmasıdır.

Nəticə

Təklif olunan üsul aeroport ərazisində trafik intensivliyinə bir monitor vasitəsilə nəzarəti təmin edir. Bu zaman nəzarət zonalarında məlumatın toplanması uyğun RV və RQ əsasında qurulmuş radio kanal vasitəsilə həyata keçirilir. Nəzarət üsulunu reallaşdıran qurğular və vasitələr portativ struktura malik olub, dispoziyanı asanlıqla dəyişməyə imkan verir. Bu işə öz növbəsində nəzarətin yüksək operativliyini təmin edir.

REFERENCES

1. ICAO Safety Report, 2020. ICAO.
https://www.icao.int/safety/Documents/ICAO_SR_2020_final_web.pdf (accessed 15 July 2021).
2. Advanced Surface Movement Guidance and Control Systems (A-SMGCS) Manual. -2004. -p.89
3. Shen, J., Lin, L., Shangguan, R. A-SMGCS: Innovation, Applications, and Future Prospects of Modern Aviation Ground Movement Management System. Intelligent Computers, Algorithms, and Applications, -2024, -vol 2036. Springer, Singapore. -pages 218–233
https://doi.org/10.1007/978-981-97-0065-3_16

4. Christoph Meier. A Multi-Sensor-System for Advanced Surface Movement Guidance and Control Concept and First Results// IFAC Proceedings Volumes. -Volume 33, -Issue 9, -2000, -pages 329-335. [https://doi.org/10.1016/S1474-6670\(17\)38167-3](https://doi.org/10.1016/S1474-6670(17)38167-3)
5. Maria Nadia Postorino, Vincenzo Barrile, Francesco Cotroneo. Surface movement ground control by means of a GPS–GIS system// Journal of Air Transport Management, -Volume 12, -Issue 6, -2006,- pages 375-381. <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2006.09.003>.
6. Wayllace, C., Ha, S., Han, Y., Hu, J., Monadjemi, S., Yeoh, W., & Ottley, A. DRAGON-V: Detection and Recognition of Airplane Goals with Navigational Visualization. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 34(09), -2020, -pages 13642-13643. <https://doi.org/10.1609/aaai.v34i09.7108>
7. Ziyang Chu, Yichen Christy Zhou. The effect of adopting the Next Generation Air Transportation System (NextGen) on air travel performance//Regional Science and Urban Economics, -Volume 102, -2023, -pages 1-20, <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2023.103918>.
8. Joseph Post. The Next Generation Air Transportation System of the United States: Vision, Accomplishments, and Future Directions//Engineering, -Volume 7, -Issue 4, -2021, -pages 427-430, <https://doi.org/10.1016/j.eng.2020.05.026>.
9. Donald McCallie, Jonathan Butts, Robert Mills. Security analysis of the ADS-B implementation in the next generation air transportation system//International Journal of Critical Infrastructure Protection, Volume 4, Issue 2, 2011, pages 78-87. <https://doi.org/10.1016/j.ijcip.2011.06.001>.
10. Kadir Dönmez. Airport Ground Optimizer (AGO): A decision support system initiative for air traffic controllers with optimization and decision-aid algorithms// Journal of Air Transport Management, -Volume 119, -2024, -pages 1-26., <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2024.102648>.
11. Həsənov A.R., Ağayev E.A., Əhmədov R.Ə., Allahverdiyev R.A. Aeroport ərazisində yerüstü nəqliyyat vasitələrinin hərəkət vaxtının təhlili// Elmi məcmuə, cild 26, №1, səh. 41-46, 2024. <https://scientific-journals.naa.edu.az:8070/journals/get/5>

A METHOD FOR CONTROLLING GROUND TRANSPORT VEHICLES TRAFFIC INTENSITY IN AIRPORT AREA

***Hasanov A.R., Aghayev E.A., Ahmadov R.A.
National Aviation Academy***

The article analyzes accidents that characterize the impact of the intensity of ground vehicle movement in the airport area on flight safety, based on data from known sources. It has been determined that the uneven distribution of ground vehicle traffic within the airport area can lead to serious accidents. Based on this, it is justified that the movement of ground vehicles in the airport area should be optimized in real time. Otherwise, flight safety cannot be ensured at the required level. Modern methods used to control the movement of ground vehicles have been examined, and their shortcomings have been identified. It is shown that modern control methods for vehicle movement are technically complex to implement and require specialized training for proper operation. The

necessity of developing a new control method that is technically simpler to implement and does not require special preparation has been substantiated. A new control method has been proposed to improve the traffic intensity of ground vehicles in the airport area, based on delay lines. The use of delay lines ensures that signals coming from different points are aligned onto a single time plane. Such an operation algorithm of the control method simplifies the operator's work and ensures more accurate decision-making. In this case, data collection in control zones is carried out through appropriate radio transmitters and receivers. The operating frequency of each radio channel is selected within a frequency grid allocated for a specific airport. The advantages of the proposed new control method have been demonstrated in comparison with the methods currently in use.

Key words: airport, ground transportation, delay line, radio transmitter, radio receiver, intensity, control, security.

Rəyçilər: *f.-r.e.n., prof. İsgəndərov İ.Ə.
t.f.d., dos. Babayev H.B.*

Müəlliflər haqqında məlumat

Soyadı, adı, atasının adı	İş yeri	Vəzifəsi, elmi dərəcəsi, elmi adı	Əlaqə
Afiq Rəşid oğlu Həsənov https://orcid.org/0000-0003-4141-5969	Milli Aviasiya Akademiyası	Elmi işlər üzrə prorektor, t.e.d., professor	ahesenov@naa.edu.az
Elgün Ağamehti oğlu Ağayev https://orcid.org/0000-0002-9861-2624	Milli Aviasiya Akademiyası	Elmi informasiya və patent şöbəsi, Elmmetriya və patent işləri qrupunun rəhbəri, t.f.d.	eaghayev@naa.edu.az mob: (+994)55 491-16-64
Rövşən Ərrahman oğlu Əhmədov https://orcid.org/0000-0002-5731-695X	Milli Aviasiya Akademiyası	“Radioelektronika” kafedrasının baş müəllimi, t.f.d.	rovshanahmadov@naa.edu.az mob: (+994) 55 350-40-26

UOT: 623

DOI:10.30546/EMNAA.2025.27.02.205

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАСЧЕТА ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО
СОПРОТИВЛЕНИЯ ПЕРЕТОКА ЖИДКОСТИ ЧЕРЕЗ ДРОССЕЛЬ ОТВЕРСТИЯ
АМОРТИЗАТОРОВ ШАССИ САМОЛЕТА**

**Мустафаев М.Р., Панахова Н.С., Рагимова С.М.
Национальная Академия Авиации**

Движение штока амортизатора и движение жидкости через дроссельное отверстие в рассматриваемом амортизаторе взаимосвязаны, поэтому для решения поставленной задачи необходимо исследовать движение системы. В пространстве перед плунжером жидкость находится в покое, т.е. $u=0$, а в дроссельном отверстии скорость жидкости равна $u(r)$. Формула для расчета силы, действующей на плунжер в результате изменения кинетической энергии жидкости, протекающей через дроссельное отверстие, получена из условий приложения к плунжеру $F_{кин}$, направленной против движения плунжера и определяемая из условий равенства работы приложенной силы при перемещении плунжера на расстояние ds и суммы, затраченной на изменение кинетической энергии потока за этот период в дроссельное отверстие.

В статье приводится решение дифференциального уравнения движения жидкости через цилиндрическое дроссельное отверстие и на его основе полученная расчетная формула для определения перепада давления, необходимого для преодоления вязкостного сопротивления и изменение кинетической энергии потока жидкости, протекающей через дроссельное отверстие газо-жидкостного амортизатора шасси самолёта.

При ламинарном течении жидкости в круглой трубе движение на достаточно большом расстоянии от входного сечения происходит по параболическим законам. По мере удаления от выходного сечения, под влиянием сил вязкости будет происходить торможение слоев жидкости, удаленных от стенок, в результате чего установится параболический режим течения. Установлено, что длина начального участка дроссельного отверстия оказывается достаточно большой, которую необходимо учесть при расчете гидродинамического сопротивления перетоку жидкости.

Ключевые слова: гидродинамическое сопротивление, амортизатор, дроссельное отверстие, кинетическая энергия, вязкостное сопротивление, дифференциальное уравнение, длина начального участка, жидкостно-газовый амортизатор.

Для снижения перегрузок, действующих в планере самолета в момент удара при посадке, а также при наезде на неровности при рулении, взлете и пробеге, шасси самолета снабжается амортизацией [1, 2].

На рисунке 1 представлена схема простейшего поршневого амортизатора. Роль пружины выполняет предварительно сжатый в полости "А" газ. При сжатии газовой пружины в течение десятых долей секунды происходит нагрев газа. Выделяемая при сжатии тепловая энергия передается жидкости и рассеивается через стенки цилиндра амортизатора в окружающую среду.

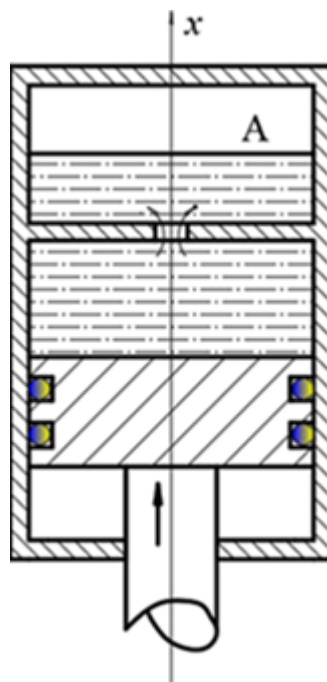


Рисунок 1. Схема простейшего поршневого амортизатора

Демпфирование при прямом и обратном ходах амортизатора осуществляется при дросселировании жидкости через отверстие малого диаметра.

Расчет амортизации осуществляется в два этапа. На первом этапе подбирается пневматик колеса, определяются основные конструктивные параметры амортизатора, давление его зарядки воздухом или азотом. На втором этапе по имеющимся конструктивным параметрам, энергия удара определяется качеством амортизации - количеством поглощенной и рассеянной энергии за цикл, временем прямого и обратного хода амортизации, возникающей максимальной перегрузке, характером изменения усилия на штоке амортизатора в зависимости от его обжатия.

В жидкостно-газовых амортизаторах шасси встречаются различные виды конструкции дроссельных отверстий. Наиболее предпочтительным является простое круглое отверстие [3].

Одним из определяющих этапов разработки модели амортизации шасси является построение моделей внутренних силовых факторов амортизатора- силы гидродинамического сопротивления перетоку жидкости через дроссельные отверстия.

При моделировании гидродинамического сопротивления перетоку жидкости через дроссельные отверстия сила гидродинамического сопротивления в общем случае определяется по формуле [3].

$$P_{\text{ж}} = \frac{\xi \rho F_{\text{пл}}^3 \left(\frac{ds}{d\tau}\right)^2}{2f^2} + \frac{\rho \nu k L F_{\text{пл}}^2 \frac{ds}{d\tau}}{\delta^2 f}, \quad (1)$$

где ρ – плотность жидкости; $F_{\text{пл}}$ – площадь плунжера, вытесняющего жидкость; s – ход штока амортизатора; $\frac{ds}{d\tau}$ – скорость обжатия амортизатора; f – площадь дроссельных отверстий; $\xi = 1/\mu^2$ – коэффициент гидродинамического сопротивления; μ – коэффициент расхода жидкости через дроссельные отверстия; k – экспериментальный коэффициент;

ν – коэффициент кинематической вязкости; L – длина дроссельного отверстия; δ – ширина дроссельного отверстия.

Коэффициенты μ и κ зависят от формы дроссельных отверстий и числа Рейнольдса, т.е. определяются из теории подобия гидродинамических процессов, что указывает на недостаточную научную проработку этой проблемы.

Цель работы: Целью настоящей работы является получение теоретически обоснованных формул для расчета гидродинамического сопротивления перетоку жидкости через круглое цилиндрическое дроссельное отверстие.

Движение штока амортизатора и движение жидкости через дроссельное отверстие в рассматриваемом амортизаторе (рисунок 1) взаимосвязаны, поэтому для решения поставленной задачи необходимо исследовать движение системы.

Соответствующая система уравнений должна включать:

-дифференциальное уравнение движения жидкости при ламинарном течении несжимаемой вязкой жидкости и неразрывности в дроссельном отверстии;

$$\begin{cases} \rho \frac{\partial u}{\partial \tau} = -\frac{\partial P}{\partial x} + \eta \left(\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial r} \right); \\ \frac{\partial u}{\partial x} = 0; \quad F_{\text{пл}} \frac{ds}{d\tau} = -2\pi \int_0^{r_0} ur dr. \end{cases} \quad (2)$$

где ρ , η – плотность и динамический коэффициент вязкости вещества, текущего через дроссельное отверстие; u – проекция скорости частицы вещества на ось x ; $\partial P/\partial x$ – градиент давления.

Для решения системы (2) можно применять метод последовательного приближения, отличающийся большей наглядностью и простотой. В первом приближении значения $\rho(\partial u/\partial \tau)$ приравниваются к нулю и решается система (2). Рассмотрим решения системы (2) при условии $\rho \frac{\partial u}{\partial \tau} = 0$.

$$\begin{aligned} \frac{d^2 u}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{du}{dr} &= \frac{dP}{dx} \frac{1}{\eta}; \\ \frac{du}{dx} &= 0; \quad F_{\text{пл}} \frac{ds}{d\tau} = -2\pi \int_0^{r_0} ur dr. \end{aligned}$$

Начнем с решения дифференциального уравнения движения жидкости в дроссельном отверстии. Обозначив $(1/\eta)(dP/dx) = q$ получим:

$$\frac{d^2 u}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{du}{dr} = q, \quad (3)$$

Интегрируя дважды дифференциальное уравнение (3), получим:

$$u = q \frac{r^2}{4} + C_1 \ln r + C_2 \quad (4)$$

Постоянные C_1 и C_2 в уравнении (4) определяются из условий движения жидкости. Следовательно, при условиях $r=0, \frac{du}{dr} = 0; r=r_0, u = 0$

получим: $C_1 = 0, C_2 = -q \frac{r_0^2}{4}$.

Левая часть уравнения (3) не зависит от координаты x , следовательно, и правая часть не может зависеть от нее, тогда dP/dx является постоянной величиной, т.е. под грузом давление ΔP падает до нуля при длине дроссельного отверстия L . Отсюда можем записать, что $dP/dx = \Delta P/L$.

Подставляя найденные значения dP/dx , C_1 , C_2 и q в уравнение (4) и преобразуя его, получим:

$$u(r) = -\frac{\Delta P}{4\eta L} (r_0^2 - r^2) \quad (5)$$

Равенство (5) описывает поле скорости жидкости по дроссельному отверстию.

Для определения значения ΔP вычислим расход жидкости через дроссельное отверстие с учетом (5):

$$2\pi \int_0^{r_0} u r dr = -\frac{\pi \Delta P}{8\eta L} r_0^4 \quad (6)$$

Из последнего уравнения системы (2) с учетом (6) для ΔP получаем:

$$\Delta P = -\frac{8\eta L F_{пл}}{\pi r_0^4} \frac{dS}{dt} \quad (7)$$

Для значения $u(r)$ из (5) с учетом (7) получим

$$u(r) = K(r_0^2 - r^2) \frac{dS}{dt} \quad (8)$$

где $K = 2F_{пл}/\pi r_0^4$.

Рассмотрим получение формулы для силы, действующей на плунжер в результате изменения кинетической энергии жидкости, протекающей через дроссельное отверстие. В пространстве перед плунжером жидкость находится в покое, т.е. $u = 0$, а в дроссельном отверстии скорость жидкости равна $u(r)$. Влияние изменения кинетической энергии потока жидкости на движение плунжера можно смоделировать путем приложения к плунжеру $F_{кин}$, направленной против движения плунжера и определяемой из условий равенства работы приложенной силы при перемещении плунжера на расстояние ds и сумма, затраченной на изменение кинетической энергии потока за этот период [4].

$$F_{кин} ds = d(\Delta W_{кин}), \quad (9)$$

Затраченная энергия на изменение кинетической энергии цилиндрического слоя жидкости с радиусом r (рисунок 2) и толщиной dr , движущейся со скоростью $u(r)$, образованной из жидкости, находящейся в покое, за промежуток времени dt равна:

$$d(\Delta W_{кин}) = \pi \rho dt \int_0^{r_0} [u(r)]^3 r dr \quad (10)$$

Из равенства (9) и (10) получим

$$F_{кин} = \frac{\pi \rho}{ds} \int_0^{r_0} [u(r)]^3 r dr$$

С учетом (8) получим

$$F_{\text{кин}} = \pi \rho \frac{F_{\text{пл}}^3}{f^2} \left(\frac{ds}{dt} \right)^2 \quad (11)$$

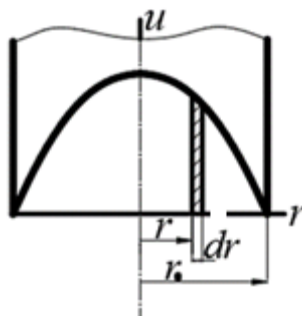


Рисунок 2. Схема для определения кинетической энергии цилиндрического слоя жидкости

Таким образом, при движении плунжера со скоростью ds/dt для обеспечения расхода жидкости через дроссельное отверстие требуется перепад давления

$$\Delta P_{\text{общ}} = \Delta P_{\text{вяз}} + \Delta P_{\text{кин}} = \frac{8\eta L F_{\text{пл}}}{\pi r_0^4} \left(\frac{ds}{dt} \right) + \pi \rho \frac{F_{\text{пл}}^2}{f^2} \left(\frac{ds}{dt} \right)^2 \quad (12)$$

Формула (12) для определения гидродинамического сопротивления, справедлива при установившемся течении вязкой несжимаемой жидкости. При ламинарном течении жидкости в круглой трубе движение на достаточно большом расстоянии от входного сечения происходит по закону (8). Однако вблизи входа в трубу картина течения оказывается совсем иной. Если считать вход в трубу достаточно плавным, то жидкость, втекающая в трубу, будет иметь первоначальное распределение скоростей, почти постоянное по всему поперечному сечению. Только у самих стенок трубы вследствие прилипания скорость жидкости будет обращаться в нуль. Затем, по мере удаления от входного сечения, под влиянием сил вязкости будет происходить торможение слоев жидкости, всё более и более удалённых от стенок, и в конце концов установится режим течения, который описывается формулами (8) и который называется параболическим. При этом переход течения в параболическое будет, конечно, происходить асимптотически. При конкретных расчётах, параболический режим устанавливается, начиная с того сечения, для которого скорость на оси трубы отличается от величины $2U_0$, полученной формулой (8), менее чем на 1%.

Тот участок трубы, на котором распределение скоростей изменяется от распределения, имеющегося в начальном сечении до распределения, соответствующего (с точностью до 1%) параболическому режиму, именуется начальным участком. Длина начального участка, как показывают теоретические и экспериментальные исследования, оказывается достаточно большой и существенный учёт особенностей течения на этом участке при различных конкретных расчётах приобретает практическое значение (например, в дроссель отверстиях амортизатора).

При ламинарном течении длина гидродинамического l_r участка определяется по формуле [5]

$$l_r = L_r Re d_3 \quad (13)$$

для круглого сечения $d_3 = d$, $L_r = 0.065$, $Re = \frac{Vd}{\nu}$, Re – критерий Рейнольдса, V – средняя по сечению скорость, d – диаметр трубы, ν – коэффициент кинематической вязкости жидкостей. При стабилизированном ламинарном режиме движения средняя по сечению скорость составляет половину максимальной $V = u_{max}/2$.

Определение закона распределения давлений вдоль оси трубы и скоростей в начальном участке в круглой трубе рассмотрено в [6] и получено следующее уравнение

$$\frac{p_0 - p}{\rho U_0} = \frac{8}{Re} \frac{x}{r_0} + \frac{1}{3} - 4 \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{\beta_k^2} e^{-\beta_k^2 \frac{x}{Re r_0}}, \quad (14)$$

$$\frac{u_x}{U_0} = 2 \left(1 - \frac{r^2}{r_0^2} \right) - 4 \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{\beta_k^2} \left\{ 1 - \frac{J_0\left(\beta_k \frac{r}{r_0}\right)}{J_0(\beta_k)} \right\} e^{-\beta_k^2 \frac{x}{Re r_0}}, \quad (15)$$

где, β_k последовательные корни уравнения $J_2(x) = 0$. Все эти корни являются действительными и простыми. Значения их можно определить в MATLAB [7]. Для этого сначала строится график функции. Из него нетрудно заметить, что значение корней заключены в интервалах [1 6], [6 9], [9 12], [12 15]. Найдем их, используя функцию *fzero*:

Ниже приводится листинг программ.

```
>> x=0:0.1:100; plot(x, bessell(x)); grid on;
```

```
>> beta1=fzero(@bessell, [1 6])
```

$J_0(x)$ – функция Бесселя первого рода и нулевого порядка

Определенные нами значения β_k приводятся в таблице 1.

Таблица 1

k	β_k	K	β_k	K	β_k	k	β_k	K	β_k
1	5.135622	7	24.270112	13	43.153454	19	62.016222	25	80.872827
2	8.417244	8	27.420574	14	46.297997	20	65.159273	26	84.015287
3	11.619841	9	30.569204	15	49.442164	21	68.302190	27	87.157684
4	14.795952	10	33.716519	16	52.586024	22	71.444990	28	90.300025
5	17.959819	11	36.862856	17	55.729627	23	74.587688	29	93.442116
6	21.116997	12	40.008447	18	58.873016	24	77.730297	30	96.584561

Чтобы нагляднее представить картину развития течения в трубе, на рисунке 3 показаны профили скоростей в различных сечениях, вычисленные по формуле (15). Качественно картина течения полностью совпадает с той, которая была получена экспериментально [6].

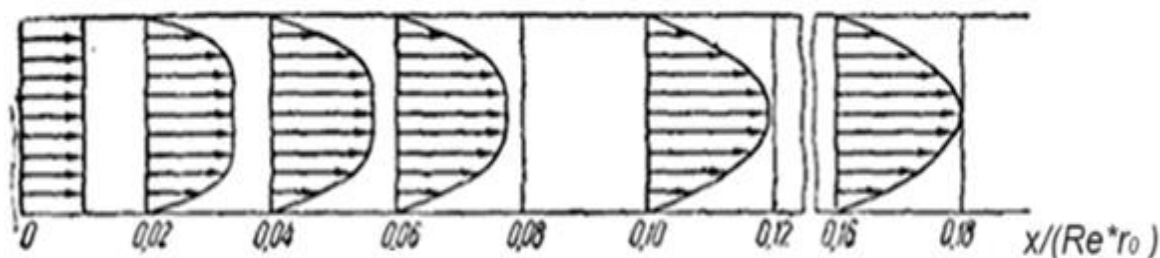


Рисунок 3. Профиль скоростей в разных сечениях

Как видно из рисунка 3 в начальном участке профиль скоростей в разных сечениях разный. Поэтому и силы гидродинамического сопротивления по изменению кинетической энергии потока жидкости также будут разные. При этом от начального до установившегося сечение $F_{кин}$ увеличивается в 2 раза. На рисунке 4 показано значение $K = F_{кин}/F_{кин,x=\infty}$ в различных сечениях, вычисленные по формуле (15), численным методом.

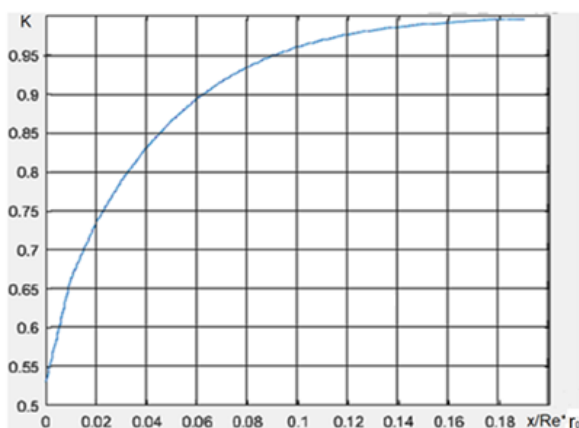


Рисунок 4. Значение $K = F_{кин}/F_{кин,x=\infty}$ в различных сечениях

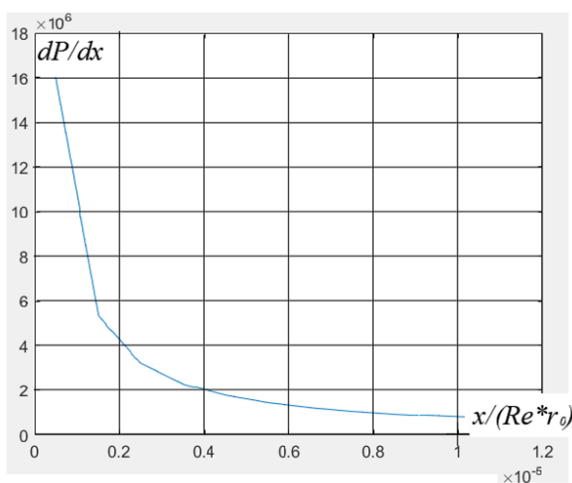


Рисунок 5. Расчетное значение распределения давлений вдоль оси

Расчетное значение распределения давлений вдоль оси трубы $\frac{dP}{dx}$ в начальном участке, вычисленное из (14), приведено на рисунке 5. Таким образом, формула (14) дает распределение давлений вдоль оси трубы, совпадающее в пределе при $x=\infty$ с распределением, соответствующим параболическому режиму течения. Как видно из графика, dP/dx максимальное значение получается при входном сечении и резко снижая при этом значении безразмерного комплекса $x/(Re * r_0)=0.4 \cdot 10^{-5}$, почти стабилизируется. При $Re=2000$, $r_0=0.5 \cdot 10^{-3}$ м, составляет $x=4 \cdot 10^{-6}$ м.

Вывод:

Таким образом, длина начального участка, оказывается достаточно большой и учёт особенностей течения на этом участке при расчете гидродинамического сопротивления перетоку жидкости дроссель отверстия амортизаторов шасси - необходим.

ЛИТЕРАТУРА

1. Одинок, Ю.Г. Расчет самолета на прочность. // - М. - Машиностроение. - 1973. - 392 с.
2. Подружин, Е.Г., Расторгуев, Г.И. Расчет жидкостно-газовой амортизации шасси самолета. // Новосибирск. - 2002.
3. Загидулин А.Р. Моделирование процесса обжатия амортизации шасси летательных аппаратов при посадке. Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. - Новосибирск. - 2014.
4. Мустафаев М.Р. Теоретические основы вискозиметров. // Баку. «Элм», - 2004. - 128 с.
5. Джанахмедов А.Х., Самедов А.С., Джавадов М.Я., Панахова Н.Д. //Техническая механика / Баку - 2023. – 292 с.
6. Григорьева, В.А, Зорина, В.М. Тепло- и массообмен. Теплотехнический эксперимент: Справочник / - М. - Энергоиздат. - 1982. - 512 с.
7. Тарг С.М. Основные задачи теории ламинарных течений. // М.-Л. - 1951. - 418 с.
8. Дьяконов В.П. MATLAB. Полный самоучитель. - // М.: - 2012. – 768 с.

REFERENCES

1. Odinokov, Y.Q. Raschot samolyota na prochnost. // -M.- Mashinostroyeniye, -1973. -392 s.
2. Podrujin, E.Q., Rastorquyev, Q.Ī. Raschet jidkostno-qazovoy amortizatsii shassi samolyota. // Novosibirsk. -2002.
3. Zaqidulin A.R. Modelirovaniye prosessa objatiya amortizatsii shassi letatelnykh aparatov pri posadke. Dissertasiya na soiskaniye uchonoy stepeni k.t.n. -Novosibirsk. -2014.
4. Mustafayev M.R. Teoreticheskie osnovı viskozimetrov. //-Baky. «Elm». -2004. -128 s.
5. Janaxmedov A.Kh., Samedov A.S., Javadov M.Y., Panakhova N.D. //-Tekhnicheskaya mekhanika/-Baky-2003. -292s.
6. Grigoryeva, V.A. Zorina, V.M. Teplo- i massoobmen. Teplotekhnicheskiy eksperiment: Spravochnik / -M.- Energoizdat. -1982. -512 s.
7. Targ, S.M. Osnovnie zadachi teorii laminarnıkh techeniy. //-M.-L. 1951, -418 s.
8. Dyakonov, V.P., Matlab. Polniy samouchitel. -//M. -2012. -768 s.

TƏYYARƏ ŞASSISİNİN AMORTİZATORUNUN DROSSEL DƏLİYİNDƏN MAYE AXINININ HİDRODİNAMİK MÜQAVİMƏTİNİN HESABLANMASININ NƏZƏRİ ƏSASLARI

Mustafayev M.R., Pənahova N.C., Rəhimova S.M.
Milli Aviasiya Akademiyası

Amortizator çubuğunun hərəkəti və sözügedən amortizatorun tənzimləyici çuxurundan mayenin hərəkəti bir-birinə bağlıdır, buna görə də problemi həll etmək üçün sistemin hərəkətini öyrənmək lazımdır. Pistonun qarşısındakı boşluqda maye sükunətdədir, yəni $u=0$, drosselin açılışında isə mayenin sürəti $u(r)$ -ə bərabərdir. Deşikdən axan mayenin kinetik enerjisinin dəyişməsi nəticəsində pistonu təsir edən qüvvənin hesablanması üçün düstur, pistonun hərəkətinə qarşı yönəldilmiş və pistonun ds məsafədə hərəkəti zamanı tətbiq olunan qüvvənin işinin bərabərliyi şərtlərindən və bu müddət ərzində axının kinetik enerjisinin drosselin açılışına dəyişdirilməsinə sərf olunan məbləğdən müəyyən edilən F_{kin} pistonuna tətbiq şərtindən alınır.

Məqalədə silindrik tənzimləyici açılış vasitəsilə mayenin hərəkətinin diferensial tənliyinin həlli təqdim olunur və bunun əsasında təyyarə şassisinin qaz-maye amortizatorunun tənzimləyici açılış vasitəsilə özlü müqaviməti aradan qaldırmaq üçün tələb olunan təzyiq düşməsinə və maye axınının kinetik enerjisindəki dəyişikliyi təyin etmək üçün hesablama düsturu alınır.

Dəyirmi bir boruda mayenin laminar axınında, giriş hissəsindən kifayət qədər böyük məsafədə hərəkət parabolik qanunlara uyğun olaraq baş verir. Axın çıxış hissəsindən uzaqlaşdıqca, viskoz qüvvələrin təsiri altında, divarlardan uzaqda yerləşən maye təbəqələri yavaşlayacaq, nəticədə parabolik axın rejimi yaranır. Müəyyən edilmişdir ki, drosselin açılışının ilkin hissəsinin uzunluğu kifayət qədər böyükdür, bu da maye axınına hidrodinamik müqavimətin hesablanması zamanı nəzərə alınmalıdır.

Açar sözlər: hidrodinamik müqavimət, amortizator, tənzimləyici açılış, kinetik enerji, özlü müqavimət, diferensial tənlik, ilkin kəsik uzunluğu, maye-qaz amortizatoru.

THEORETICAL BASIS FOR CALCULATING HYDRODYNAMIC RESISTANCE OF FLUID FLOW THROUGH THE THROTTLE OF THE SHOCK ABSORBER HOLE OF THE AIRCRAFT LANDING GEAR

Mustafaev M.R., Panahova N.S., Rahimova S.M.
National Aviation Academy

The movement of the shock absorber rod and the movement of the fluid through the throttle hole in the shock absorber under consideration are interconnected, therefore, to solve the problem, it is necessary to study the movement of the system. In the space in front of the plunger, the fluid is at rest, i.e. $u=0$, and in the throttle hole, the velocity of the fluid is $u(r)$.

Formula for calculating the force acting on the plunger as a result of the change in kinetic energy of the fluid flowing through the orifice, obtained from the condition of application to the plunger of F_{kin} , directed against the movement of the plunger and determined from the conditions of equality of the work of the applied force during the movement of the plunger over a distance ds and the amount spent on changing the kinetic energy of the flow during this period into the throttle opening.

The article presents a solution to the differential equation of fluid motion through a cylindrical throttle opening and, on its basis, a calculation formula is obtained for determining the pressure

drop required to overcome viscous resistance and the change in the kinetic energy of the fluid flow through the throttle opening of the gas-liquid shock absorber of the aircraft chassis.

In laminar flow of liquid in a round pipe, the movement at a sufficiently large distance from the inlet section occurs according to parabolic laws. As it moves away from the outlet section, under the influence of viscosity forces, the layers of liquid located far from the walls will slow down, resulting in a parabolic flow regime. It has been established that the length of the initial section of the throttle hole is quite large, which must be taken into account when calculating the hydrodynamic resistance to liquid flow.

Key words: hydrodynamic resistance, shock absorber, throttle opening, kinetic energy, viscous resistance, differential equation, initial section length, liquid-gas shock absorber.

Рецензент: д.ф.-м.н., проф. Агаларов Дж. Г.
к.т.н., доц. Искендеров М.Г.

Сведения об авторах

Фамилия, имя, отчество	Место работы	Должность, научная степень, научное звание	Контакты
Мустафаев Мустафа Рагим оглы	Национальная Академия Авиации	Кафедра «Транспортной механики», д.т.н., проф.	musta-mro@rambler.ru моб:(+994) 50 613-38-14
Паныхова Нигяр Джафар кызы	Национальная Академия Авиации	Кафедра «Транспортной механики», канд. ф.-м.н., доцент	panahovanigar@yahoo.com моб:(+994) 50 281-29- 54
Рагимова Саида Мамед кызы	Национальная Академия Авиации	Кафедра «Транспортной механики», преподаватель	saida_abdullayeva@bk.ru моб:(+994) 50 508-86-97

CİHAZQAYIRMA

UOT: 665.7.

DOI:10.30546/EMNAA.2025.27.02.210

POLİANİLİN-TƏKQAT KARBON NANOBORU ƏSASLI HİBRİD QAZ SENSORUNUN SİNTEZİ VƏ XARAKTERİSTİKALARI

Zeynalova Ş.H., Mustafayev M.M.
Milli Aviasiya Akademiyası

Məlumdur ki, qaz sensorları atmosferdə kimyəvi buxarları və müxtəlif qazları yüksək həssaslıq, selektiv və effektiv şəkildə aşkar etmək üçün istifadə olunan mühüm cihazlardır. Bu sensorların miniatürləşdirilməsi və etibarlılığı əsas tədqiqat mövzularından biri olmuşdur. Buna təkanverici səbəb kimi, metal-oksüd yarımkeçirici (MOY) və elektrokimyəvi ənənəvi qaz sensorlarının məhdud texniki göstəricilərinin olması göstərilir ki, bu da qeyd edilən sensorları praktiki tətbiqlər üçün əlverişsiz edir. Bu səbəblərdən yaranan problemlərin aradan qaldırılması üçün müasir texnologiyalara əsaslanan və innovativ üsulların tətbiq edildiyi yeni növ sensorlar səmərəli çıxış yolu hesab edilir. Bu mövqedən keçirici tip polimerlər, xüsusilə polianilin (PANİ) əsasında yaradılmış hibrid qaz sensorları xüsusi diqqət cəlb etmişdir. Keçirici tip polimer materialda mövcud olan π rabitəsi və konyuqə edilmiş strukturu, yük transferini artırmaqla və təkqat karbon nanoboru (TQKNB) strukturunu isə elektron yürüklüyünü və səth sahəsini artırmaqla hibrid sensora yüksək həssaslığı, selektivlik və reaksiya müddəti baxımından isə üzvi uçucu birləşmələrin aşkarlanması özəlliyini təmin etmək olar. Bununla yanaşı seçilmiş daraqvari konfigurasiya səth-həcm baxımından sensorun böyük hissəsini əhatə edir və sensorun reaksiya müddətini əhəmiyyətli dərəcədə artırır. Məqalədə, PANİ-TQKNB əsaslı hibrid qaz sensoru sintezinə baxılmış və onun ekoloji monitoring sahəsində yüksək praktiki tətbiq potensialına malik olduğu vurğulanmışdır. Keçirici tip polimerlər və nanomaterialların unikal xüsusiyyətlərindən istifadə edilərək, məqalədə hibrid qaz sensorları ənənəvi qaz sensorlarına alternativ olaraq, daha etibarlı, enerji baxımından səmərəli yeni nəsil sensorlar kimi təklif olunur. Bu da öz növbəsində gələcək tədqiqatlar üçün böyük əhəmiyyət kəsb edəcək.

Açar sözlər: hibrid, üzvi yarımkeçirici qaz sensoru, sintez, polimer, polianilin, polimerləşmə, karbon nanoboru, elektrod

Giriş

Qaz sensorları atmosferdə yer alan kimyəvi buxarların, aromatik tipli birləşmələrin və müxtəlif tip qazların sürətli, selektiv, səmərəli və həssas şəkildə aşkarlanmasını həyata keçirən müxtəlif ölçülü cihazlardır. Sözügedən sensorların inkişafı, etibarlılığı və həcmi ölçülər baxımından kiçilməsi tədqiqat sahəsində böyük maraq doğurur. Müasir dövrə qədərki zaman diapazonunda (nanotexnologiyanın sürətlə inkişafı və tətbiqi dövrünə qədər) bir sıra texnologiyalarla, məsələn, metal-oksüd yarımkeçirici (MOY), elektrokimyəvi üsullarla hazırlanan qaz sensorlarını misal göstərə bilərik.

Bu tip sensorların selektivlik, reaksiya müddəti, yüksək enerji sərfiyyatı və digər texniki göstəricilərinin arzuolunan səviyyədə olmaması ölçmələrin aparılmasına əngəl törədir. Məsələn, yüksək temperatur diapazonunun (300~500°C) sensorun elektrik parametrlərinə mənfi təsir göstərməsi, oksid təbəqəsinin köhnəlməsi və yaxud dağılması kimi halları misal göstərə bilərik. Qeyd etdiyimiz hallar, metal-oksüd yarımkeçirici əsaslı sensorların istifadəsini praktiki tətbiqlər üçün yararsız edir. Yuxarıda qeyd edilən sensorların digər qüsurlardan biri də, üzvi uçucu birləşmələrə (aşağı konsentrasiyaya malik) qarşı həssaslığının və selektivliyinin arzuolunan səviyyədə olmamasıdır. Buna səbəb, həmin sensorların funksionallığının, yüksək temperaturlarda əməliyyat prinsipinə görə siqnal-küy nisbətinin aşağı olmasıdır [1-2]. Bütün ortaya çıxan çətinlikləri aradan qaldırmaq və kompensasiya etmək üçün son 10-15 ildə bir sıra yeni növ sensorlar işlənilib hazırlanmışdır. Belə tip sensorlar sinergetik-komplemental effektlərə qarşı davamlıdır. Buna misal olaraq, polianilin (PANİ) əsaslı hibrid qaz sensorunu göstərə bilərik.

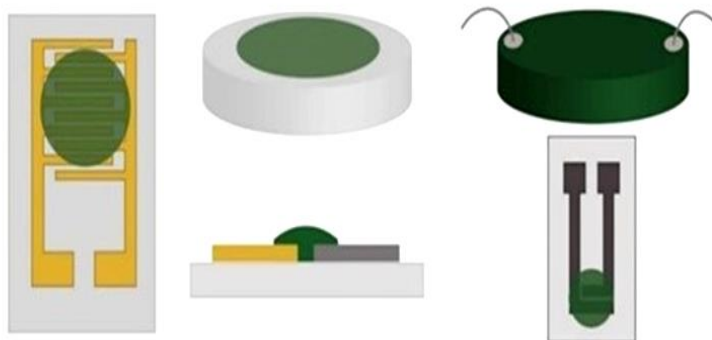
İşin məqsədi – nanomaterialların sinergetik təsirindən istifadə edərək, hibrid əsaslı PANİ-TQKNB qaz sensorunun sintezini aparmaq, onun həssaslığını, selektivliyini və reaksiya müddətini ətraf mühitdə üzvi uçucu birləşmələrə qarşı optimallaşdırmaqdır.

PANİ əsaslı hibrid qaz sensoru. Keçirici tip polimer materiallar, metallara bənzər elektron, maqnit və optik kimi unikal xüsusiyyətləri özündə ehtiva edir və bu da onları sensor tətbiqləri üçün ideal edir. Buna əsas kimi, keçirici polimerlərin elektrik cərəyanını keçirtmək üçün aşqarlanma və ya kimyəvi modifikasiya edilə bilməsi və onların ətraf mühitdəki dəyişikliklərə (məsələn, qazlara məruz qalma) qarşı həssaslığını göstərmək olar. Metal-oksüd əsaslı sensorlarla müqayisədə, qeyd edilən materiallar arzuolunan metroloji xarakteristikalara – yüksək həssaslıq, cəld reaksiya müddətinə malik, fiziki və kimyəvi aşınmalara qarşı dayanıqlıdır. Digər tərəfdən isə, keçirici tip polimerlərdə π rabitəsi və yaxud konyuqə edilmiş sistem mövcuddur ki, bu da uzun karbon zəncirində elektronun sərbəst hərəkətini təmin edir. Başqa sözlə ifadə etsək, elektronların delokallaşmış vəziyyəti yaranır ki, polimerdə elektrik keçirmə qabiliyyəti baş verir. Habelə onların aşağı elektroneqativliyə malik olması, bu tip polimerlərdə elektronların boş orbitini və deşiklərlə zəngin mühitini yaradır. Buna görə də, bir çox keçirici tip polimerlər p-tip keçiriciliyə malikdir. PANİ əsaslı polimer də bu sıradan hesab edilir. Keçiriciliyi oksidləşmə dərəcəsi vasitəsilə modulyasiya edilə bilən üç mexanizm mövcuddur:

- tam oksidləşmiş;
- yarı oksidləşmiş;
- tam reduksiya etmiş.

Misal üçün, emeraldin struktura malik PANİ otaq temperaturunda yüksək stabilliyi ilə seçilir və yarımkeçirici kimi təsnif edilir. Lakin, ətraf mühitdə monitorinqin aparılması üçün əlverişli deyil. Yəni, rütubətə qarşı davamsızdır. Bu səbəbdən üzvi sensorlara təklif edilən həssas materiallar arasında sözügedən keçirici tip polimer ilə yanaşı qrafen, metal nanohissəcikləri və d tip materiallar da xüsusi yer tutur. Bunlar, atmosferdə müəyyən buxar həcmində malik qaz kütlələrinə müvafiq həssaslıq, selektivlik, reaksiya müddəti kimi texniki göstəriciləri artırmaq üçün kombinə edilir, yəni hibrid formata salınır. Məsələn, PANİ-TQKNB kompozisiyasından təşkil olunmuş qaz sensorudur. Bu sensorun texniki göstəriciləri ammoniyak qazının (NH₃) aşkar edilməsinə hesablanıb. Əsasən bu hesablanma aşağı konsentrasiyalarda aparılır. Tədqiqatın aparılmasının vacibliyinin birinci tərəfi ondan ibarətdir ki, ammoniyak uçucu tip birləşmədir, yüksək reaktivliyə və zəhərli təsirə malikdir. Digər tərəfdən isə, ammoniyak atmosfərə atılan digər zərərli və nanoölçülü aerozollarla (turşu qalıqları ilə) reaksiyaya gedərək, havanın ikiqat çirklənməsinə yol açır. Bu amilləri aradan qaldırmaq üçün

PANİ-TQKNB tipli sensorlar daha əlverişlidir. Şəkil 1-də PANİ-TQKNB birləşməsindən təşkil olunmuş hibrid sensorun strukturu öz əksini tapmışdır. Quruluş etibarı ilə sensor altlıq üzərinə çökdürülmüş həssas PANİ-TQKNB təbəqədən təşkil olunur. Öz növbəsində tək qatlı karbon nanoboru elə bir materialdır ki, elektronların yürüklük qabiliyyətini artırır və hibrid sensorada doldurucu mühit kimi istifadə olunur. Struktur baxımından sensorun altlığı çox zaman elastiki xüsusiyyətlərə malik olan makromolekullu birləşmələrdən, bəzən isə şüşə tipli materiallardan (bor silikat) təşkil olunur. Bu da öz növbəsində istifadə sahəsinə və qarşıya qoyulan tələblərə görə dəyişir.



Şəkil 1. PANİ-TQKNB əsaslı qaz sensorunun konfigurasiyası

Kiçik dəyişikləri qeyd etmək üçün sensorun səthinə konfigurasiya baxımından daraqvari formaya malik elektrodlar inteqrasiya edilir. Bu, sensorun səthi sahəsinin və həcmi nisbətləri əlaqəsi baxımından böyük bir hissəsini əhatə edir və həssaslıq baxımından sensorun performansını artırır. Qazların konsentrasiyasını ölçmək üçün isə elektrodalara kiçik cərəyanlar üsulu tətbiq edilir və müvafiq olaraq mütəmadi ölçmələr aparılaraq qeydedici cihazda əks etdirilir [3].

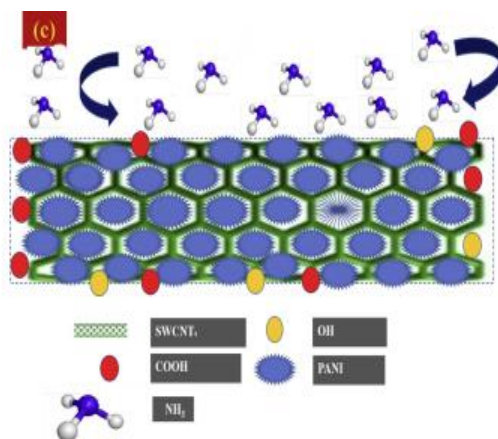
İş prinsipi. Sensorun işləmə prinsipini aşağıdakı ardıcılıqla göstərmək olar:

1) PANİ-nin ionlaşması. Ammonyak qazı emeraldin strukturuna malik PANİ təbəqəsi ilə təmasda olduğu zaman, polimer strukturda N-H qrupları ilə reaksiyaya girir və nəticədə PANİ zəncirində ammonium ionları (NH_4) formalaşır. Bu da öz növbəsində polimer ilə qarşılıqlı təsirdə olur və azot atomlarını ionlaşdırır. Bir sözlə desək, həssas təbəqədə oksidləşmə-reduksiya reaksiyaları baş verir. Oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarının kimyəvi mexanizmi şəkil 2-də vizual olaraq göstərilmişdir.

2. Elektronların delokallaşması. PANİ-nin ionlaşması səthdə elektronların sıxlığının paylanmasına gətirib çıxarır və polimerin elektroneqativliyini artırır ki, bu da səthin keçiriciliyinin azalmasına gətirib çıxara bilər.

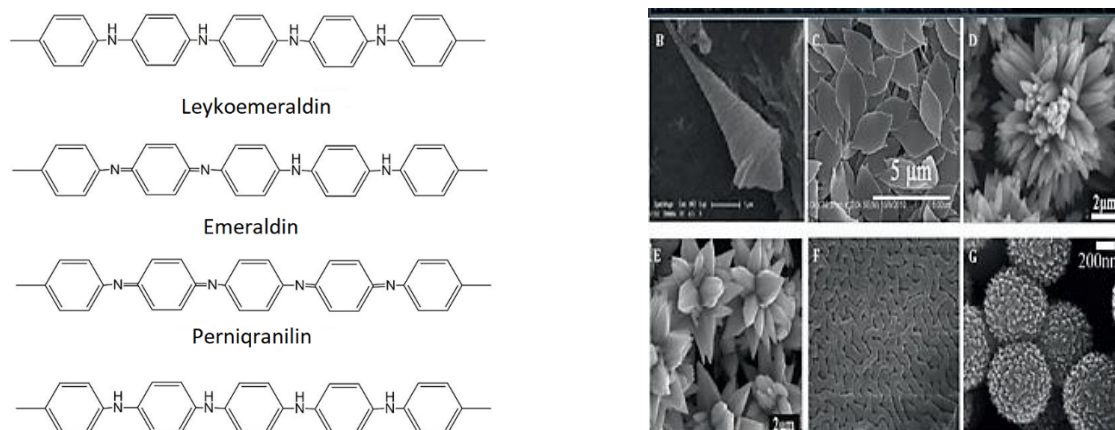
3. Səthin müqavimətinin artması. İonlaşma nəticəsində PANİ təbəqəsinin keçiricilik xüsusiyyəti əhəmiyyətli dərəcədə azalır. Bu da PANİ-nin onun üç əsas oksidləşmə halından biri olan perniqranilin (daha zəif keçiriciliyə malik) strukturuna keçidinə zəmin yaradır. Qeyd edilən strukturun keçiriciliyinin aşağı olmasına baxmayaraq, strukturda baş verən fiziki-kimyəvi proseslər ümumi baxımdan stabil (yükdaşıyıcıların tarazlıq halı) vəziyyətdə qalır. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, həssas təbəqənin müqavimətinin dəyişməsi sayəsində elektrik keçiriciliyi dəyişir. Buna görə də, qeyd edilən cihaz rezistiv tip sensordur.

4. Elektron yürüklüyünün artması. Hibrid qaz sensorunda yer alan TQKNB materialı öz spesifikliyi ilə fərqlənir. Bu materialın PANİ ilə hibrid vəziyyətə salınmasında məqsəd sensorun elektrik keçiriciliyinin artırılmasıdır. TQKNB məsaməli struktura və yüksək səth-həcm nisbətində malik olduğundan ammonyak qazı ilə qarşılıqlı təsirdə olduqda aktiv regionlardan yüksək udulma baş verir. Donor atomları öz elektronlarını verir və nəticədə karbon nanoboru səthində sərbəst elektronların artmasına və sensorun elektrik xüsusiyyətinin dəyişməsinə gətirib çıxarır.



Şəkil 2. Hibrid qaz sensorunun həssas təbəqəsində baş verən oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarının əyani təsviri

Polianilinın sintezi. Polianilin normal şəraitdə dielektrik xüsusiyyətinə malik olan polimerlərdən fərqli olaraq elektrik keçiriciliyinə malik üzvi yarımkəçirici polimerdir və təkrarlanan N-fenil-p-fenilendiamin və quinonediamin (anilin monomerləri) uzun zəncirlərindən təşkil olunur. Şəkil 3-də polianilinın mikro və nanostrukturları göstərilmişdir.



Şəkil 3. Polianilinın mikro və nanostrukturları

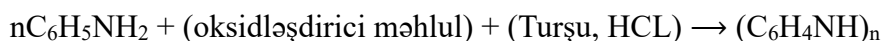
A sintezi bir sıra üsullarla həyata keçirilə bilər. Bunlara aşağıdakılar daxildir:

- kimyəvi polimerləşmə;

- elektrokimyəvi polimerləşmə;
- buxar fazalı polimerləşmə.

Kimyəvi polimerləşmə. İlkin olaraq kimyəvi mühitdə reaksiyaların aparılmasına identik olan bir sıra oksidləşdirici məhlullar əldə edilir və yaxud seçilir. Buna misal olaraq, əsasən ammonium persulfatı ((NH₄)₂S₂O₈) göstərə bilərik. Digər tərəfdən isə, kalium dixromat (K₂Cr₂O₇), ferium xlorid (FeCl₃), hidrogen peroksid (H₂O₂) kimi digər alternativ oksidləşdiricilər də əlverişli hesab olunur. Turşu kimi isə, yüksək həlledicilərdən (HCl, H₂SO₄) istifadə olunur və qeyd edilənlər polimerdə keçiricilik effekti yaradır. Reaksiyanın mühiti üçün isə pH 1-3 diapazonunda götürülür.

Polimerləşmə prosesi radikal kationlarını (yüklü hissəcikləri) formalaşdırmaqla, anilin monomerlərinin oksidləşdirilməsi ilə həyata keçirilir. İlkin olaraq, radikal kationları “**oligomer**” tipli qısa zəncir strukturlarını generasiya edir. Oligomerlər də öz növbəsində digər kationlarla birgə reaksiya uğrayır və nəticədə fasiləsiz sürətdə gedən proseslər uzun polimer zəncirin, yəni polianilin yaranmasına gətirib çıxarır. Reaksiya turşular, oksidləşdirici məhlullar və monomerdən təşkil olunur və 0°C - 5°C temperatur aralığında, tam hazır vəziyyətə gətiriləcək polianilin keyfiyyətinə və həcmi strukturunun sabitliyinə zərər verən amillərdən kənarlaşdırmaq üçün xüsusi nəzarət altında aparılır. Reaksiyanın ümumi formulası aşağıdakı kimidir:

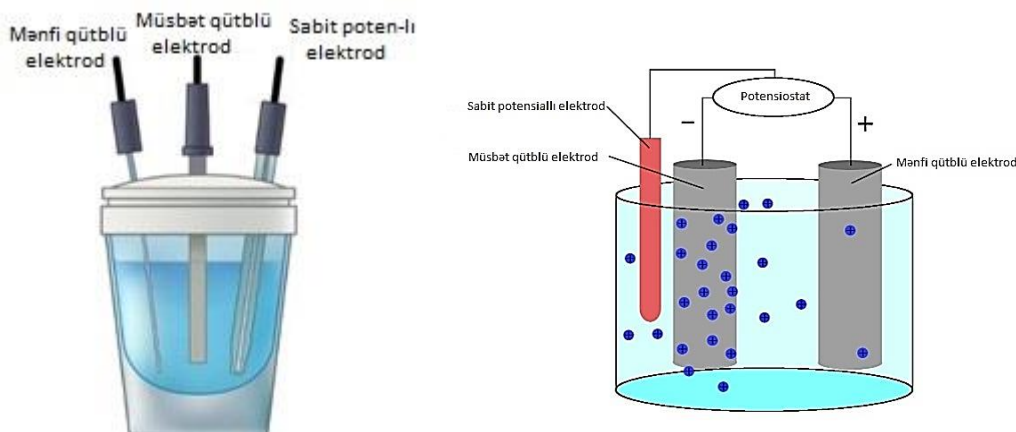


Sintezin effektiv şəkildə aparılması üçün özündə distillə edilmiş su və turşu ehtiva edən mühit mühüm əhəmiyyət kəsb edir və bunlar da öz növbəsində məhlulda həll edici rol (oksidləşdiriciləri) oynayır. Praktiki təcrübələrdə özündə turşu saxlayan mühitə daha geniş yer verilir. Polianilin sintezində anilin monomeri 1 molyar kütləyə malik HCl (36.46 qr) təxminən 1 litr (916.67 ml) distillə edilmiş suda oksidləşdirici ilə birgə həll edilir. Reaksiyanın gedişatında arzuolunan və keyfiyyətli polimerin alınması üçün oksidləşdirici məhlula müəyyən zaman aralıqları ilə əlavə edilir. Həmcins məhlulun əldə edilməsi üçün isə mühitin əsasını təşkil edən birləşmələr 0°C-5°C temperatur diapazonu altında 4-24 saat ərzində qarışdırılır. Nəticədə, bərk, tünd yaşıl rəngə və kristal quruluşa malik polianilin emeraldin duz forması əldə edilir, süzgəclənir, saflaşdırılması üçün səthi aseton ilə yuyulur və xüsusi sobalarda qurudulur [4].

Elektrokimyəvi çökdürmə. Bu metod elektrik cərəyanının təsiri altında metal elektrod səthinə nazik, homogen polimer təbəqənin formalaşmasını özündə cəmləşdirir. Sintez əsnasında anilin monomeri oksidləşir və bununla belə öz elektronunu itirir və kation radikalını formalaşdırır. Anilin elektrokimyəvi polimerləşməsi isə asetonitril kimi güclü həlletmə qabiliyyətinə malik elektrolitdə (turşu mühitində) həyata keçirilir. Digər tərəfdən isə, elektrokimyəvi üsul müxtəlif səthlərdə nazik polianilin təbəqələrinin yaradılması üçün əlverişlidir. Ümumi olaraq çökdürülmə üçün 3 əsas rejim mövcuddur:

1. Potensiostatik
2. Potensiodinamik
3. Qalvanostatik.

Potensiodinamik üsul, (sikliq voltamperometrik üsul kimi də adlandırılır) periodik olaraq tətbiq olunan gərginlik vasitəsilə elektrodun səthində nazik polimer təbəqəsini yetişdirmək üçün istifadə olunan metoddur və elektroanalitik üsulların kateqoriyasına aiddir.



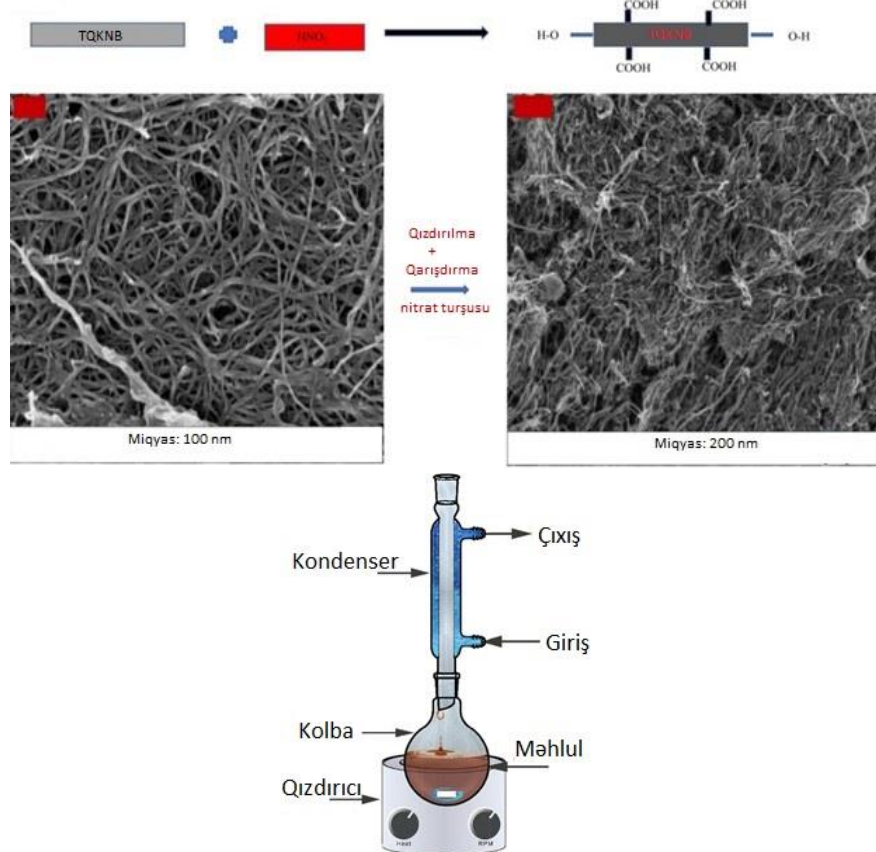
Şəkil 4. Potensiodinamik sistem

Sistem kimi üç əsas elektrod, oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarının aparılması üçün məhlul (elektrolit və ya turşu mühiti) və idarə olunan gərginlik mənbəyi götürülür. Şəkil 4-də göstəriləndiyi kimi iki elektrodun bir ucluğu idarə olunan gərginlik mənbəyinə, digəri isə müxtəlif keçiriciliyə malik olan metal lövhələrə birləşdirilir (şəkil 4). PANİ-nin formalaşdırılması üçün metal kimi platin (Pt) və qızıl (Au) istifadə olunur. Qızıl altlıq üzərinə çökdürülmüş halda məhlulda yerləşdirilir. Digər biri isə sabit potensiallı elektrod rolunu oynayır. Sabit potensiallı elektrod isə məhlulda nümunə kimi yerləşdirilir, tətbiq edilmiş gərginliyin təsirindən müsbət qütblü elektrodda yaranan potensial dəqiqliklə ölçmək və idarə etmək üçün istifadə olunur. Həmçinin, sabit məhlul daxilində sabit potensialı qoruyub saxlayır. Material baxımından Ag/AgCl-dan təşkil edilir. Qeyd etmək lazımdır ki, digər elektrodlarda olan potensial sabit potensiallı elektroda nisbətən ölçülür.

Elektrodlara tətbiq edilən gərginlik 0,3-1V diapazonunda seçilir. Bu zaman onlar arasında potensiallar fərqi yaranır ki, bu da məhlulda anilin monomerinin fasiləsiz olaraq oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarına uğramasına gətirib çıxarır. Bu reaksiyalar sayəsində altlıq üzərinə çökdürülmüş qızıl elektrodun səthində polimer təbəqə yetişdirilir. Bu da anod cərəyanının 1,5 mA səviyyəsinə çatması ilə mümkün olur. Çökdürülmə prosesindən sonra elektrod suspenziya və polimerik qalıqlardan metanol spirti vasitəsilə təmizlənir.

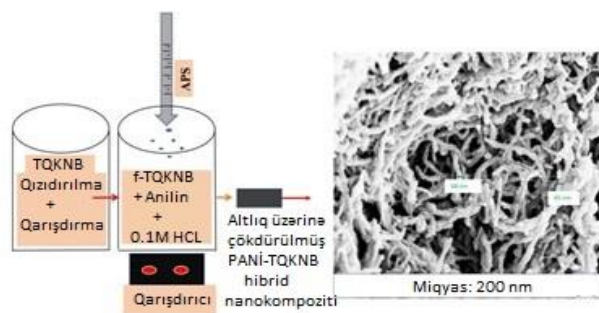
Potensiodinamik sistemin əsas parametrləri skanlama sürəti və dövrlərin sayıdır. Verilən parametrləri dəyişməklə polimerin xarakteristikaları dəyişdirilə bilər. Məsələn, skanlama sürətini 25 mV/san və yaxud 50 mV/san seçdikdə yetişdirilən polimerin təbəqənin qalınlığı skanlama sürəti 100 mV/san ilə müqayisədə nisbətən qalın olur. Tədqiqatlar göstərir ki, skanlama sürəti 50 mV/san orta ölçülü PANİ təbəqəsinin yaradılması üçün uyğundur.

TQKNB-nun saflaşdırılması. TQKNB-ların səthi reaktivliyini artırmaq, səthdə yaranan potensial qüsurların qarşısını almaq və səthi karbon əsaslı birləşmələrin qalıqlarından təmizləmək üçün 700°C-yə malik sobada 4 saat qızdırılır. Qızdırıldıqdan sonra 3 molyar kütləyə malik HNO₃ (nitrat) turşusu ilə ultrasəs vannasında azı 1 saat qarışdırılır. Dispersiya edilmiş karbon nanoborular kondensora birləşmiş yuvarlaq kolba daxilinə əlavə edilir, sabit 90°C-də təxminən 10 saat saxlanılır. Bu proses TQKNB-ların saflaşdırılması məqsədini daşıyır və şəkil 5-də öz əksini tapır. Nəticə etibarilə, nanoborular turşu qalıqlarından ionsuzlaşmış su vasitəsilə yuyulur və yuyulma məhlulun pH göstəricisinin neytrallaşmasına (pH=7) qədər aparılır [5].



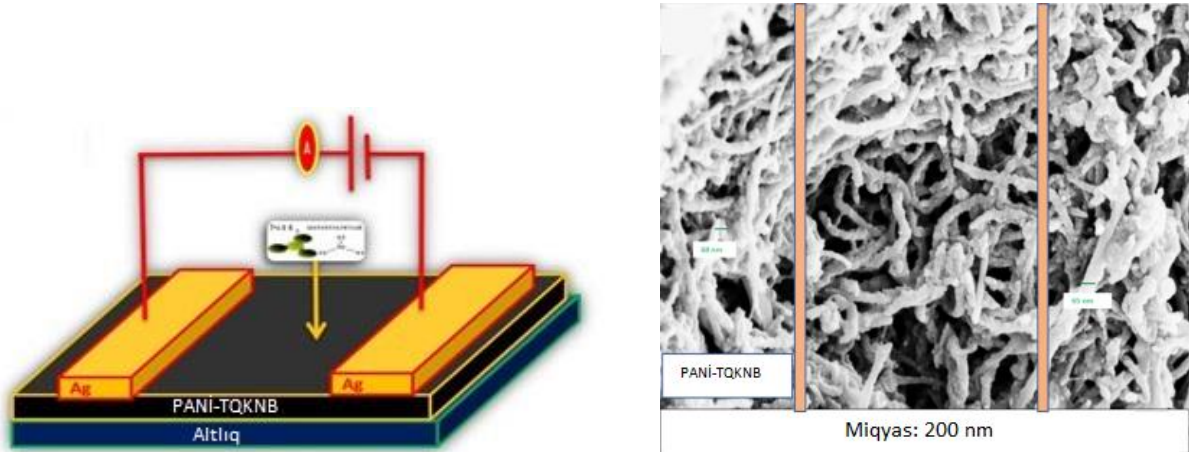
Şəkil 5. TQKNB-ların saflaşdırılması mexanizmi

Hibridin sintezi. Hibridin sintezi şəkil 6-da verilən təsvirdəki kimi həyata keçirilir. PANİ-TQKNB-nun sintezi üçün, ilkin olaraq karbon nanoboru şüşə qabın içərisində anilinın üzərinə əlavə edilir. Karbon nanoboruların üzərində sürətli şəkildə nPANİ-ni (reduksiya etmiş polianilin) formalaşdırmaq üçün məhlula oksidləşdirici kimi ammonium peroksidsulfat əlavə edilir. Polimerləşmə 0 – 4°C aralığında maqnitli qarışdırıcıda 4 saat ərzində sabit sürətlə qarışdırılır. Maqnitli qarışdırıcı homogen məhlulun alınması üçün istifadə olunur. Polimer strukturunun sabilliyini saxlamaq üçün qarışıq 24 saat ərzində soyudulur. Soyudulma prosesindən sonra hibrid material ammoniyak məhlulu və ionsuzlaşmış su vasitəsilə yuyulur, 30 – 40°C temperatur aralığında qurudulur (şəkil 6).



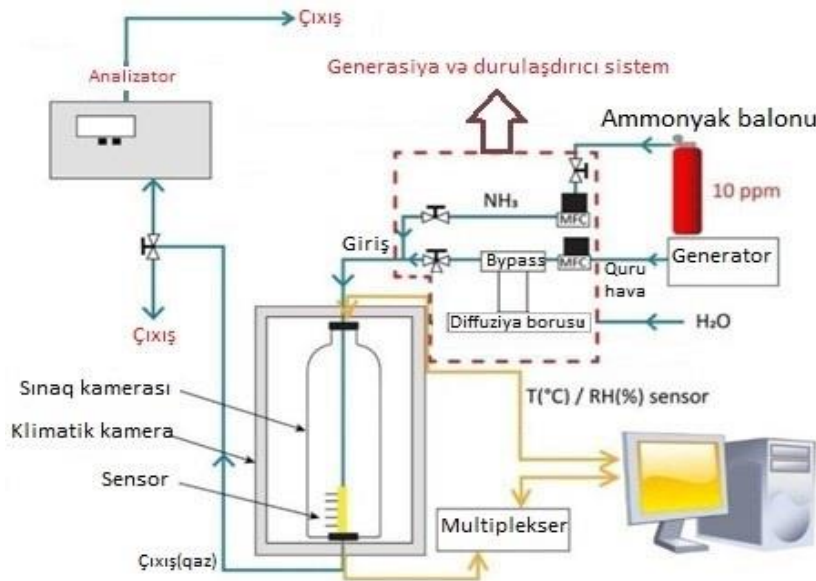
Şəkil 6. Nanokompozitin (hibridin) sintezi

Qaz sensorunun istehsalı. Şəkil 7-də sensorun modelinin əsas sxemi göstərilmişdir:



Şəkil 7. Hibrid sensorun sxemi və hibrid-elektrod interfeysinin nanomiyasda görünüşü

Sensorun hazırlanması bir neçə mərhələdə yerinə yetirilir. İlkin olaraq PANİ-TQKNB kompozit tozu və etanol spirti ilə şüşə qabın daxilində 40°C temperaturda 1 saat ultrasəs qarışdırıcıda homogen vəziyyətə gətirilir. Alınmış duru məhlul şüşə altlıq üzərinə müəyyən alətlərlə damcılar şəklində tökülür. Səthi həmcinsliyi qorumaq üçün altlığa 700 dövr/dəq fırlanma sürətinə malik cihazla mərkəzdənqaçma üsulu 30 saniyə tətbiq edilir və sonra isə qurudulur. Elektrodlar üçün gümüş əsaslı pastalar istifadə olunur və 2 mm ara məsafəsi ilə səth üzərinə 70°C -də 1 saat ərzində tablanır. Hazırlanmış modelin qaza qarşı həssaslığı Keithley KUSB-3100 portativ cihazı vasitəsilə analiz edilir. Analizin aparılması üçün, şəkil 8-də əks olunduğu kimi kub şəkilli kvars kamera, sensor üçün saxlayıcı, elektrotermiki qızdırıcı, hava pəri və qazın daxil və xaric edilməsi üçün giriş və çıxışdan istifadə olunur (şəkil 8) [6].

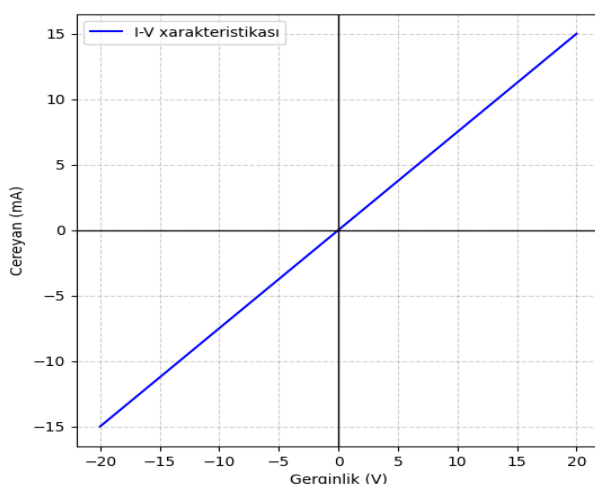


Şəkil 8. Sensorun qaza qarşı həssaslığının yoxlanılması

Sensorun xarakteristikaları.

Volt-amper xarakteristikası. PANİ-TQKNB hibrid nanokompozit qaz sensoru omik kontakta malikdir. Digər sözlərlə ifadə etsək, bu sensor omik kontaktın xüsusiyyətlərini özündə cəmləşdirir, yəni yükdaşıyıcılar həssas təbəqə və elektrodlar arasında kontakt müqavimət olmadan sərbəst hərəkət edə bilirlər. Sensorun omik kontakta malik olması isə Keithley Data Acquisition Module (KUSB–3100) portativ cihazı vasitəsilə aparılan tədqiqatlar nəticəsində müəyyən edilmişdir. Bu müşahidə zamanı elektrodlararası maksimum 20 V potensial fərq yaradılmışdır.

Aparılan analizin nəticəsində cihazın VAX-da gərginlik və cərəyan arasında düz mütənasiblik müşahidə edilmişdir. Qeyd olunan xarakteristikanın qrafik əyrisi Google Colab vasitəsilə şəkil 9-da vizuallaşdırılmışdır:



Şəkil 9. PANİ-TQKNB-nun volt-amper xarakteristikası

Reaksiya müddəti. Açıq mühitdə PANİ-TQKNB hibrid sensorunun reaksiya müddəti ammonyak qazının altı müxtəlif konsentrasiyasına (2 m^{-3} , 5 m^{-3} , 8 m^{-3} , 10 m^{-3} , 12 m^{-3} və 15 m^{-3}) uyğun olaraq analiz edilir.

Hibrid sensorun reaksiya müddəti ammonyak qazının konsentrasiyası 15 m^{-3} -də daha yüksək olur ($\sim 30,02\%$). Buna səbəb yüksək konsentrasiyalarda ammonyak molekullarının mühitdə geniş yayılmasıdır. Belə hallarda qaz molekulları hibrid nanokompozit sensorunun nanostrukturulu bölgələri tərəfindən yüksək dərəcədə udulur. Udulma dərəcəsi isə təxminən 92% təşkil edir bu ammonyakın hər 100 m^{-3} konsentrasiyasına uyğun gəlir [7].

Sensorun tətbiqi. Sürətlə artan ətraf mühitin çirklənməsi, habelə, atmosfərə buraxılan tullantılar, zəhərli qaz kütlələri günümüzün qlobal probleminə çevrilmiş və mümkün zaman ərzində dayanıqlı həllərin araşdırılmasına və tapılmasına yol açmışdır. Digər tərəfdən isə, bu istiqamətdə aparılan fasiləsiz tədqiqatlar (monitorinqlər) prioritet sahəyə çevrilmişdir. Şübhəsiz ki, azot əsaslı birləşmələr, aromatik (NO_x), kükürd dioksid (SO_2), amonyak (NH_3), üzvi uçucu birləşmələr və karbon monoksit (CO) kimi zəhərli qazlar havanın keyfiyyətinin pözulmasına əhəmiyyətli dərəcədə təsir edir və iqlim dəyişikliyi, münbit təbiətin məhvinə gətirib çıxarır.

Üzvi uçucu birləşmələrin aşkarlanması mühüm problemlər yaradır və iki böyük qrupda (antropogenik və təbii) cəmləşir. Belə tip birləşmələrin böyük əksəriyyəti aşağı konsentrasiyaya,

yüksək buxar təzyiqinə və aşağı həllolma qabiliyyətinə malikdir. Bunlar həmçinin atmosferin müəyyən bir nöqtələrində dəqiqliklə ölçmək üçün yüksək həssaslığa malik mobil cihazlar tələb edir. Üzvi uçucu birləşmələrin konsentrasiyası müəyyən lokasiyalarda, müxtəlif hava şəraitlərində (rütubət, küləkli hava, temperaturun yuxarı və aşağı olması) və zaman aralıqlarında dinamik xarakter daşıya bilər və öz tərkibi xüsusiyyətlərini transformasiya edə bilərlər. Əlavə məlumat kimi qeyd edə bilərik ki, üzvi uçucu birləşmələr günəş şüalarına, əsasən ultrabənövşəyi şüalara məruz qaldıqda, konsentrasiyaları əhəmiyyətli dərəcədə aşağı düşür və fotokimyəvi reaksiyalara uğrayırlar. Günəş enerjisi birləşmələrdə molekullararası rabitəni qırır və NO_x tipli birləşmələrlə reaksiya nəticəsində miqdardan çox (troposfer təbəqəsində) ozon qazının formalaşmasına səbəb olur.

Bu tip qazların və birləşmələrin təyin edilməsi, onların zərərli effektlərini minimuma endirmək və kompensasiya etmək, müasir dövrün əsas məqsədlərindən biridir. Bu problemləri aradan qaldırmaq və daim nəzarətdə saxlamaq üçün PANİ-TQKNB kimi müasir tip üzvi yarımkeçirici əsaslı qaz sensorları tətbiq edilir.

Nəticə. Polimer əsasında sensorlar onların yüksək həssaslıq, reaksiya müddəti və aşağı işləmə temperaturu kimi üstünlükləri ilə seçilir. Bu onları, metal oksid yarımkeçirici və elektrokimyəvi sensorlardan ətraf mühit şəraitində daha stabil və enerji sərfiyyatının azaldılması kimi müsbət xüsusiyyətlərlə fərqləndirir.

Aparılan araşdırmalar nəticəsində, PANİ-TQKNB nanokompozitinin qazlara qarşı selektivliyi, sürətli əks reaksiya müddəti ilə seçilmişdir. Xüsusilə, bu sensorun aşağı konsentrasiyalı qazları aşkar etmək potensialı sənaye və ekoloji monitorinq sahəsində tətbiq imkanlarını genişləndirir.

Mümkün istiqamət kimi, polianilin və karbon nanoboruların sinergetik təsirindən istifadə etməklə qaz sensorlarının həssaslıq, selektivlik və reaksiya müddətinin yaxşılaşdırılmasını göstərmək olar.

ƏDƏBİYYAT

1. Liu, H., Wang, J., & Zhang, Z. (2016). Metal-oxide semiconductors in gas sensing: A review. *Journal of Sensors and Actuators B: Chemical*, -221, -505-522.
2. Kumar, A., & Sree, A. (2018). Recent advancements in electrochemical sensors for environmental monitoring. *Sensors and Actuators B: Chemical*, -273, -175-194.
3. Wang, H., Liu, H., & Sun, L. (2020). Hybrid polyaniline-based sensors: Incorporation of graphene, carbon nanotubes, and metal nanoparticles for enhanced gas detection. *Journal of Materials Chemistry A*, 8(23), -11756-11765.
4. Sen T, Mishra S, Shimpi NG. Synthesis and sensing applications of polyaniline nanocomposites: A review. *RSC Advances*. -2016;6:42196-42222
5. S. Dhall, N. Jaggi, and R. Nathawat, "Functionalized multiwalled carbon nanotubes based hydrogen gas sensor," *Sens. Actuators A Phys.* 201, -321–327 586 (2013).
6. G. V. Ramana, B. Padya, V. V. Srikanth, and P. K. Jain, "Rapid mixing chemical oxidative polymerization: An easy route to prepare PANI coated small diameter CNTs/PANI nanofibres composite thin film," *Bull. Mater. Sci.* 37, -590 585–588 (2014).
7. Zhang, Z., Liu, J., & Li, W. (2020). Electrical characterization and performance of SWCNT-based sensors: Ohmic behavior and charge carrier dynamics. *Sensors and Actuators B: Chemical*, -314, -128071. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2020.128071>

REFERENCES

1. Liu, H., Wang, J., & Zhang, Z. (2016). Metal-oxide semiconductors in gas sensing: A review. *Journal of Sensors and Actuators B: Chemical*, -221, -505-522.
2. Kumar, A., & Sree, A. (2018). Recent advancements in electrochemical sensors for environmental monitoring. *Sensors and Actuators B: Chemical*, -273, -175-194.
3. Wang, H., Liu, H., & Sun, L. (2020). Hybrid polyaniline-based sensors: Incorporation of graphene, carbon nanotubes, and metal nanoparticles for enhanced gas detection. *Journal of Materials Chemistry A*, 8(23), 11756-11765.
4. Sen T, Mishra S, Shimpi NG. Synthesis and sensing applications of polyaniline nanocomposites: A review. *RSC Advances*. -2016;6:42196-42222
5. S. Dhall, N. Jaggi, and R. Nathawat, "Functionalized multiwalled carbon nanotubes based hydrogen gas sensor," *Sens. Actuators A Phys.* -201, -321–327 586 (2013).
6. G.V. Ramana, B. Padya, V. V. Srikanth, and P. K. Jain, "Rapid mixing chemical oxidative polymerization: An easy route to prepare PANI coated small diameter CNTs/PANI nanofibres composite thin film," *Bull. Mater. Sci.* 37, -590 585–588 (2014).
7. Zhang, Z., Liu, J., & Li, W. (2020). Electrical characterization and performance of SWCNT-based sensors: Ohmic behavior and charge carrier dynamics. *Sensors and Actuators B: Chemical*, -314, -128071. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2020.128071>

SYNTHESIS AND CHARACTERISTICS OF A POLYANILINE-SINGLE WALLED CARBON NANOTUBES BASED HYBRID GAS SENSOR

Zeynalova Sh.H., Mustafayev M.M.

National Aviation Academy

It is known that gas sensors are important devices used to detect chemical vapors and various gases in the atmosphere with high sensitivity, selectively and effectively. The miniaturization and reliability of these sensors has been one of the main research topics. The reason for this is the limited technical performance of traditional gas sensors such as metal-oxide semiconductor (MOS) and electrochemical, which makes the mentioned sensors irrelevant for practical applications. New types of sensors, based on modern technologies and using innovative methods for meeting and solving the needs arising from these reasons, are an effective solution. From this position, hybrid gas sensors created on the basis of conductive type polymers, in particular polyaniline (PANI), attracted special attention. π communication and conjugated structure present in conductive type polymer material facilitate charge transfer, while SWCNT gives hybrid sensor the peculiarity of detecting UVBs in terms of high sensitivity, selectivity and reaction time by increasing electron walkability and high surface area. At the same time, the selected comb-shaped configuration covers most of the sensor in terms of surface-volume and significantly increases the response time of the sensor. The PANI-SWCNT based hybrid gas sensor was synthesized in the paper and it was shown that it has high practical application potential in the field of environmental monitoring. Using the unique properties of conductive type polymers and nanomaterials, the article proposes hybrid gas sensors as an

alternative to traditional gas sensors, as more reliable, energy-efficient next-generation sensors. This, in turn, will be of great importance for future research.

Key words: *hybrid, organic semiconductor gas sensor, synthesis, polymer, polyaniline, polymerization, carbon nanotube, electrode*

Rəyçilər: *t.e.d., prof. Abdullayev X.İ.
t.f.d., dos. Məmmədov A.Z.*

Müəlliflər haqqında məlumat

Soyadı, adı, atasının adı	İş yeri	Vəzifəsi, elmi dərəcəsi, elmi adı	Əlaqə
Zeynalova Şəhla Hamlet qızı	Milli Aviasiya Akademiyası	“Aerokosmik cihazlar” kafedrasının dosenti, t.f.d.	shzeynalova@naa.edu.az mob: (+994) 51 355-55-06
Mustafayev Mirsədi Mirqoşun oğlu	Milli Aviasiya Akademiyası	“Aerokosmik cihazlar” kafedrasının doktorantı	mirsedimustafayev@gmail.com mob: (+994) 50 961-21-69

UOT: 004.946

DOI:10.30546/EMNAA.2025.27.02.215

**VİRTUAL TEXNOLOGİYALARIN TƏHSİLİN KEYFİYYƏTİNƏ TƏSİRİNİN İNFORMASIYA
VƏ SİSTEMLİ ANALİZ ƏSASLI İNTELLEKTUAL QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ ÜÇÜN
METOD VƏ ALQORİTMLƏR**

Əhmədov L.N., Osmanlı T.E.
Milli Aviasiya Akademiyası

Bu məqalə, virtual reallıq (VR) texnologiyalarının müasir təhsil prosesinə inteqrasiyasının tədris keyfiyyətinə təsirini dərin və sistemli şəkildə araşdırır. Məqalədə həm beynəlxalq, həm də yerli təcrübələr təhlil edilərək, VR-nin tələbələrin akademik nailiyyətlərinə, yaddaşda məlumatların uzun müddət saxlanmasına və praktiki bacarıqların inkişafına müsbət təsir göstərdiyi vurğulanır. Virtual reallığın dərs prosesində interaktiv və immersiv öyrənmə mühiti yaratması nəticəsində ənənəvi tədris metodlarına nisbətən tələbələrin diqqət və motivasiya səviyyəsinin artması qeyd olunur. Bundan əlavə, müəlliflər, təhsilin keyfiyyət göstəricilərinin obyektiv və dəqiq qiymətləndirilməsi üçün süni intellekt, ekspert sistemləri və maşın öyrənməsi kimi qabaqcıl intellektual alqoritmlərin tətbiqinə böyük əhəmiyyət verirlər. Məqalədə, tələbələrin VR mühitindəki fəaliyyət logları, test nəticələri və digər kəmiyyət göstəriciləri əsasında ətraflı statistik analizlərin aparılması yolu ilə öyrənmə prosesinin effektiv qiymətləndirilməsi izah olunur. Tam immersiv sistemlərin yarı-immersiv modellərə nisbətən daha yüksək təsir göstərməsi, interaktiv öyrənmə və praktiki təcrübələrin risksiz və səmərəli şəkildə təmin edilməsi kimi mühüm aspektlər xüsusilə vurğulanır. Eyni zamanda, VR texnologiyaları fərdi öyrənmə sürətinə uyğunlaşma imkanı yaradır və tələbələrə real həyatda çətin və ya təhlükəli olan sahələrdə praktiki bacarıqlarını inkişaf etdirməyə şərait yaradır. Bundan əlavə, bu texnologiyalar müəllimlərin iş yükünü azaldır, dərs planlamasını asanlaşdırır və tədris prosesində kreativliyi artırır. Nəticələr göstərir ki, virtual texnologiyaların tətbiqi təhsil sistemində rəqəmsallaşma və innovativ yanaşmaların genişləndirilməsi, davamlı inkişafın təmin olunması ilə yanaşı, təhsildə inqilabi dəyişikliklərin həyata keçirilməsinə şərait yaradır.

Açar sözlər: virtual reallıq, təhsil, intellektual qiymətləndirmə, süni intellekt, maşın öyrənməsi, ekspert sistemləri, immersiv öyrənmə, data analitikası, innovasiya.

Giriş. Müasir dövrdə təhsil sistemində virtual texnologiyaların – əsasən virtual reallıq (virtual reality-VR) və artırılmış reallıq (augmented reality-AR) tətbiqlərinin – rolu sürətlə artmaqdadır. Xüsusilə COVID-19 pandemiyası dövründə VR texnologiyasının distant təhsildə böyük faydası və təhsil sektorunda müasir innovasiyaların tətbiqinə güclü təkan verməsi müşahidə olunmuşdur. Beynəlxalq təcrübə göstərir ki, VR tətbiqlərinin öyrənmə keyfiyyətini və müəllim-tələbə qarşılıqlı əlaqəsini artırdığı hesabatlarla təsdiqlənmişdir. Məsələn, ABŞ-da orta təcrübələrə görə, müvafiq VR

sistemlərinin tətbiqi nəticəsində şagirdlərin akademik nailiyyətləri, praktiki bacarıqları və ümumi dərslər motivasiyası əhəmiyyətli dərəcədə yüksəlir.

Bu məqalədə VR-ın təhsildə istifadəsi üzrə beynəlxalq və yerli təcrübələr təhlil olunur, tədris prosesinə gətirdiyi imkanlar və yarada biləcəyi dəyişikliklər araşdırılır. Eyni zamanda, təhsilin keyfiyyət göstəricilərinin analizi və VR-dən istifadə nəticələrinin intellektual qiymətləndirilməsi üçün süni intellekt, ekspert sistemləri və maşın öyrənməsi yanaşmaları kimi metodlar və alqoritmlər təhlil edilir [1].

Məqalənin məqsədi toplanmış məlumatların sistemli təhlili və obyektiv qiymətləndirmə vasitəsilə VR texnologiyalarının təhsil keyfiyyətinə təsirini müəyyən etmək, VR texnologiyalarının təhsil sahəsində tətbiqinin müasir dövrdə yaratdığı imkanları və təsirləri sistemli şəkildə araşdırmaqdır. Məqalədə beynəlxalq və yerli təcrübələr təhlil edilərək, VR-nin öyrənmə keyfiyyətinə, tələbələrin akademik nailiyyətlərinə və praktiki bacarıqlarına təsiri qiymətləndirilir. Həmçinin, süni intellekt və maşın öyrənməsi kimi intellektual alətlərin təhsil prosesində VR tətbiqlərinin nəticələrinin obyektiv qiymətləndirilməsində rolu vurğulanır. Məqsəd, VR texnologiyalarının təhsil sistemində rəqəmsallaşma və innovativ yanaşmaların inkişafına verdiyi töhfələri müəyyən etmək və gələcək tədqiqatlar üçün əsas istiqamətləri müəyyənləşdirməkdir.

Virtual texnologiyaların təhsildə tətbiqi. Beynəlxalq təcrübə. Dünya miqyasında VR texnologiyasının təhsildə tətbiqi getdikcə genişlənir. Çoxsaylı ölkələrdə məktəbdən ali təhsilə, habelə peşə hazırlığından xüsusi təlim proqramlarına qədər geniş tətbiq nümunələri mövcuddur. VR artıq səhiyyə təlimində (məsələn, cərrahi əməliyyatların simulyasiyası, fizioterapiya), mühəndislik hazırlığında (robototexnika, memarlıq, sınaq simulyasiyaları) və təbiət elmlərinin tədrisində (astronomiya, enerji problemləri, geologiya kimi fənnlər) istifadə edilir. VR mühitində öyrənen tələbə dərslər materialını sanki real şəraitdə yaşayır – məsələn, tarix dərslərində qədim şəhərlərə səyahəti, coğrafiyada təbii fəlakətlərin simulyasiyasını və biologiyada hüceyrə proseslərinin üçölçülü təsvirini izləyə bilir. Bu cür immersiv təcrübələr abstrakt biliklərin əyani şəkildə öyrənilməsinə və dərslər marağının artmasına şərait yaradır.

Müxtəlif nümunələrə baxdıqda, ABŞ-da bəzi məktəblərdə VR texnologiyasından istifadə edilərək interaktiv dərslər mühitləri yaradıldığı, tələbələrin laboratoriya təcrübələrini virtual şəraitdə risksiz şəkildə həyata keçirdiyi müşahidə olunur. Ali təhsildə də VR texnologiyaları genişmiqyaslı olaraq tətbiq olunur – məsələn, Arizona State Universiteti tələbələrinə üçölçülü laboratoriya eksperimentlərini yerinə yetirmək imkanı yaradır və bu, praktiki biliklərin dərindən mənimsənilməsinə səbəb olur. Beləliklə, beynəlxalq təcrübə göstərir ki, VR mühiti ənənəvi tədrisdə çatışmayan interaktivlik, risklərin minimalizasiyası və praktiki öyrənməni daha canlı şəkildə təmin edir.

Yerli təcrübə. Azərbaycanda da son illərdə VR texnologiyalarının təhsildə tətbiqinə doğru ilk addımlar atılmaqdadır. Yerli ali təhsil müəssisələri və məktəblərdə rəqəmsal tədris mühitlərinin yaradılması üçün bir sıra pilot layihələr həyata keçirilir. 2020-ci ildə Azərbaycan Dövlət İqtisad Universitetində (UNEC) “Təhsildə virtual reallıq” layihəsinin nümayişi keçirildi [2]. Təqdimatda vurğulandı ki, VR-ın əsas üstünlüklərindən biri coğrafi məkan fərqi aradan qaldırmaq və müxtəlif yerlərdə olan öyrənenləri eyni virtual auditoriyada birləşdirmək imkanındır. Virtual sinifdə müəllimin mərkəzləşdirilmiş idarəetmə sistemi və interaktiv platforma vasitəsilə tələbələr arasında canlı ünsiyyətin təşkili real sinif təcrübəsinə yaxınlaşır.

Azərbaycan müəllimləri və təhsil mütəxəssisləri VR-in imkanlarını yüksək qiymətləndirir və gələcəkdə bu texnologiyanın təhsildə əvəzolunmaz olacağına inam bildirirlər. Yerli pedaqoji jurnallarda aparılmış tədqiqatların nəticələrinə əsasən, VR texnologiyasının tətbiqi tələbələrin əsas fənnlərdə – riyaziyyatın, tarixin və digər dərslərin – mənimsənilməsində müsbət təsir göstərir və ənənəvi metodlarla müqayisədə öyrənmə effektivliyini artırır. Beləliklə, Azərbaycanda VR-a dair atılan ilk addımlar ümidverici nəticələr doğurur və bu sahədə gələcək tədqiqatların potensialı böyükdür.

VR texnologiyasının tədris prosesinə təsiri və imkanları. VR texnologiyasının tədris prosesinə inteqrasiyası ənənəvi öyrənmə mühitinə kəskin dəyişiklik gətirir. VR mühiti vasitəsilə şagird materialı birbaşa “hiss edir”, sanki həmin hadisəni öz gözləri ilə yaşayır. Bu, abstrakt və mürəkkəb konseptlərin anlaşılirlığını artırır və dərs materialının dərinləndirilməsinə kömək edir [3].

VR texnologiyasının tədris prosesinə təsirini aşağıdakı əsas istiqamətlərdə qeyd etmək olar:

• **İmmersiv (cəlbədiç) öyrənmə mühiti**

VR texnologiyası öyrənməyə tam immersiv mühit təqdim edir. VR vasitəsilə tarix dərslərində qədim dövrlərin səhnələri, coğrafiyada təbii fəlakət simulyasiyaları və biologiyada mikroskopik proseslər interaktiv şəkildə təqdim olunur. Bu cür öyrənmə mühiti abstrakt məlumatların əyani şəkildə qavranılmasına, öyrənlərin dərslərə daha çox cəlb olunmasına və yaddaşda möhkəm izlərin yaranmasına şərait yaradır.

• **Real vaxtda uzaqdan əməkdaşlıq**

VR sinifləri coğrafi məkan məhdudiyyətlərini aradan qaldırır. Müxtəlif yerlərdə olan tələbələr eyni virtual sinifdə toplaşaraq interaktiv dərslərdə iştirak edə bilər. Bu, həm də distant təhsil sistemləri üçün əhəmiyyətli üstünlükdür, çünki tələbələr və müəllimlər real vaxtda əlaqə qura bilər və əməkdaşlıq edə bilər.

• **Çevik və fərdiləşdirilmiş öyrənmə**

VR mühitində tədris imkanı məkanı məhdudlaşdırmır – istənilən yerdə, istənilən zaman dərs keçirilə bilər. Bundan əlavə, virtual dərslər fərdi öyrənmə sürətinə uyğunlaşdırıla bilər. Məsələn, tələbə müəyyən bir tapşırığı öz sürətində həll edərkən, sistem avtomatik olaraq çətinlik səviyyəsini tənzimləyə bilər. Beləliklə, fərdi öyrənmə mümkün olur və öyrənlərin öz imkanlarına görə inkişafına şərait yaradır.

• **Real dünyanın simulyasiyası və praktiki təcrübə**

VR texnologiyasının ən böyük üstünlüklərindən biri praktiki bacarıqların risksiz şəkildə öyrədilməsidir. Real laboratoriyalarda və ya təlim şəraitində yarana biləcək risklər, bahalı avadanlıqların zədələnməsi kimi halların qarşısı virtual mühitdə effektiv şəkildə alınır. Məsələn, mühəndislik tələbəsi VR mühitində kompleks qurğu montajını, tibb tələbəsi isə virtual əməliyyat simulyasiyasını risksiz şəkildə təcrübədən keçirə bilər. Bu cür praktiki təcrübə – həmçinin, real ssenarilərdə tətbiq olunacaq qərarvermə bacarıqlarının inkişafında mühüm rol oynayır.

• **Motivasiya və iştirakın yüksəlməsi**

VR tətbiqləri dərs prosesini əyləncəli və interaktiv hala gətirir. Oyun elementləri və simulyasiya əsaslı dərslər tələbələrdə motivasiyanı artırır və iştirak səviyyəsini yüksəldir. Məsələn, VR mühitində keçirilən tarixi səyahətlər və laboratoriya tapşırıqları şagirdlərin dərs zamanı daha aktiv iştirak etməsinə və dərslərə maraqlarının artmasına səbəb olur [4].

Araşdırmaların nəticələri göstərir ki, VR-dan istifadə edən siniflərdə şagirdlərin akademik nailiyyətləri, yaddaşda qalan məlumatın miqdarı və praktiki öyrənmə bacarıqları əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşır. Eyni zamanda, VR mühitlərinin tətbiqi tələbə motivasiyasını və dərse olan marağı artırmaqla yanaşı, müəllimlərə də dərş prosesini daha səmərəli idarə etmək imkanı yaradır.

Təhsildə keyfiyyət göstəricilərinin analizi və qiymətləndirilməsi. Təhsilin keyfiyyəti dedikdə adətən öyrənənlərin akademik nailiyyətləri, biliklərin uzunmüddətli yadda saxlanması, praktiki bacarıqların tətbiqi, dərse olan motivasiya və ümumi məmnunluq kimi göstəricilər nəzərdə tutulur. Bu göstəricilər təhsil prosesinin həyəcan verici və möhkəm olmasını təmin edən əsas elementlərdir və hər bir məktəb, kollec və ya universitet öz uğurunu ölçmək üçün bu indikatorlardan istifadə edir. VR texnologiyasının son illərdə təhsil sektorunda tətbiqi, ənənəvi tədris metodlarından fərqli olaraq, öyrənənlərin dərş prosesinə daha dərinə qarişmasını və mövzunu daha yaxşı anlamağını təmin edir. Bu baxımdan, VR texnologiyasının təhsildəki təsirinin obyektiv qiymətləndirilməsi üçün öyrənənlərin nailiyyətləri, biliklərin yadda saxlanması, praktiki bacarıqların tətbiqi və motivasiya səviyyəsi kimi keyfiyyət göstəricilərinin analizi zəruridir.

Son illərdə aparılmış araşdırmalar göstərir ki, VR texnologiyasının tətbiqi dərş nailiyyətlərini əhəmiyyətli dərəcədə artırır. Araşdırmalar nəticəsində əldə olunmuş dəlillərə görə, tam immersiv VR sistemləri yarı-immersiv modellərə nisbətən daha yüksək təsir göstərir. Yəni, öyrənən mühitin immersivliyi artdıqca əldə olunan öyrənmə nəticələri də müsbət istiqamətdə yüksəlir. Bu effekt yalnız müəyyən bir təhsil pilləsi ilə məhdudlaşmır, müxtəlif yaş qruplarında və fənlərdə geniş şəkildə müşahidə olunur. Məsələn, tələbələrin dərş materialını virtual mühitdə yaşaması, ənənəvi tədris vasitələrindən daha da interaktiv və əyani şəkildə öyrənmə prosesinə təsir göstərir və dərş nailiyyətlərinin artmasına səbəb olur. Bu cür immersivlik, tələbələrin konsentrasiyasını artırır, onların diqqətini dərş üzərində cəmləyir və nəticədə həm nəzəri biliklərin, həm də praktik bacarıqların mənimsənilməsini yaxşılaşdırır.

Virtuallığın təhsil prosesində tətbiqinin müsbət təsiri təkcə akademik nailiyyətlərdə özünü göstərmir. Eyni zamanda, öyrənilən məlumatların yadda saxlanması və xatırlanma müddəti də artır. Statistik təhlillər və tədqiqatlar göstərir ki, tam immersiv VR mühitində öyrənən tələbələrin yadda saxlanılan məlumat miqdarı ənənəvi tədrisdə əldə olunan nəticələrlə müqayisədə əhəmiyyətli dərəcədə yüksək olur.

Praktiki bacarıqların tətbiqi baxımından da VR texnologiyasının rolu əhəmiyyətlidir. Virtual mühitlərdə aparılan interaktiv təlimlər və simulyasiya tapşırıqları, tələbələrin praktiki bacarıqlarını risksiz şəkildə inkişaf etdirməyə imkan yaradır. Məsələn, tələbələr real mühitdə reallaşdırma bilmədikləri laboratoriya eksperimentlərini, təhlükəli və ya bahalı avadanlıqlardan istifadə edilə biləcək praktiki tapşırıqları VR mühitində yerinə yetirirlər [4]. Beləliklə, tələbələr praktiki bacarıqlarını inkişaf etdirir, real iş şəraitində qarşılaşa biləcəkləri problemləri əvvəlcədən təcrübədən keçirirlər və nəticədə dərş prosesində əldə olunmuş bilikləri praktikada da uğurla tətbiq edə bilirlər. Bu, həm təhsil sistemində praktik bacarıqların yüksəlməsinə, həm də tələbələrin gələcəkdə peşə sahəsində daha inamlı olmasına şərait yaradır.

Dərse olan motivasiya və ümumi məmnunluq kimi subyektiv göstəricilər də təhsilin keyfiyyətinin əhəmiyyətli hissəsini təşkil edir. VR texnologiyasının dərş prosesinə inteqrasiyası tələbələr arasında dərse olan motivasiyanı artırır, onların tədrisə aktiv iştirakı və ümumi dərse münasibətində müsbət dəyişikliklər yaradır. VR ilə həyata keçirilən dərslərdə tələbə materialı canlı şəkildə görünür və yaşadığı üçün, öyrənmə prosesinə daha çox maraq göstərir, mədəniyyətin, təbiətin,

tarix və digər sahələrin təqdimatında əyani vasitələrin istifadəsi onların diqqətini cəlb edir. Bu cür əhəmiyyətli dəyişikliklər, tələbələrin motivasiyasını və dərslə olan məmnunluğunu artıraraq öyrənmə nəticələrinin daimi yüksəlməsinə səbəb olur. Dərslə olan motivasiyanın yüksəlməsi həmçinin, tələbələrin dərslə daha çox iştirak etməsi, öz fikirlərini sərbəst ifadə etməsi nəticədə, interaktiv və yaradıcı öyrənmə mühitinin formalaşmasına imkan verir.

VR-ın təhsildəki təsirini obyektiv qiymətləndirmək üçün müxtəlif ölçü metodları tətbiq olunur. Məsələn, statistik təhlillər və meta-analizlər vasitəsilə tələbələrin dərslə nailiyyətləri ölçülür, test ballarının artım faizi, yadda saxlanılan məlumatların miqdarı və praktiki tapşırıqların uğurla yerinə yetirilməsi kimi göstəricilər müqayisə olunur. Bu cür tədqiqatlarda tam immersiv VR sistemlərinin yarı-immersiv modellərlə müqayisədə daha yüksək nəticələr verdiyi dəqiq sübutlanmışdır. Araşdırmalarda həmçinin, VR-ın dərslə prosesində interaktivliyi artırdığı və tələbələrin dərslə olan diqqət və motivasiyasını yüksəltdiyi müşahidə olunur. Bu, tələbələrin yalnız dərslə materialını qavrama qabiliyyətlərini artırmır, eyni zamanda onların uzunmüddətli yaddaşlarında saxlanan məlumatların miqdarını da artırır. Belə nəticələr, VR texnologiyasının dərslə keyfiyyətinin artırılmasında mühüm rol oynadığını və təhsil sisteminin ümumi səmərəliliyinə təsir etdiyini sübut edir.

Bütün bu dəlillər nəzərə alındıqda, VR texnologiyasının öyrənmə mühitində tətbiqi təkcə məlumatın qavranılması və yadda saxlanması ilə məhdudlaşmır, həm də praktiki bacarıqların inkişafına və tələbələrin motivasiyasının yüksəlməsinə böyük töhfə verir. Təhsilin keyfiyyətinin qiymətləndirilməsi zamanı öyrənənlərin akademik nailiyyətləri, biliklərin yadda saxlanması, praktiki bacarıqların tətbiqi və dərslə olan motivasiya kimi əsas göstəricilər obyektiv şəkildə ölçülür. Bu qiymətləndirmə nəticəsində, bütün təhsil müəssisələri, tələbələr və müəllimlər üçün öyrənmə prosesində hansı sahələrin gücləndirilməli olduğu, hansı metodların daha səmərəli olduğu və dərslə keyfiyyətinin hansı istiqamətdə inkişaf etdirilə biləcəyi dəqiq şəkildə müəyyənləşdirilir. Eyni zamanda, bu cür obyektiv qiymətləndirmə vasitəsilə tədris prosesində olan məqamlar da təhlil olunduqca, problemlərin aşkar edilməsi və onların aradan qaldırılması üçün mütəxəssislərə əsaslı verilənlər təqdim olunur. Yalnız dərslə nailiyyətləri və test balları ilə kifayətlənmədən, tələbələrin öyrənmə prosesində göstərdiyi aktivlik, materialı necə mənimsədikləri, praktiki tapşırıqların yerinə yetirilmə səviyyəsi və dərslə olan ümumi münasibəti də qiymətləndirilməlidir. Bu cür geniş təhlil və obyektiv ölçü metodları təhsilin keyfiyyətinin artırılması üçün yaradıcı qərarların verilməsini mümkün edir [4].

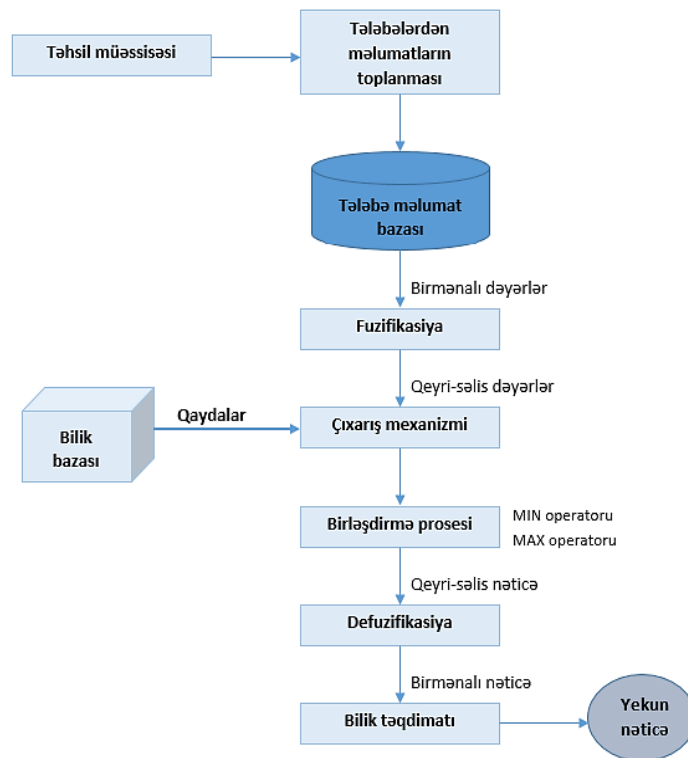
Son nəticədə, VR texnologiyasının təhsildə tətbiqi, tələbələrin dərslə nailiyyətlərini artırır, yadda saxlanılan məlumat miqdarını yüksəldə və praktiki bacarıqların effektiv şəkildə inkişafına təsir edir. Tam immersiv VR sistemləri, yarı-immersiv modellərə nisbətən daha yüksək təsir göstərir; çünki öyrənən mühitin nə qədər dərin və əyani olması, əldə olunan nəticələrin də o qədər yüksək olmasına gətirib çıxarır. Bu, hər yaş qrupunda və müxtəlif fənnlərdə özünü göstərir və təhsil keyfiyyətinin obyektiv qiymətləndirilməsində əsas ölçü vahidlərinə çevrilir.

Bütün bu faktorları nəzərə alaraq, təhsildə keyfiyyət göstəricilərinin analizi və qiymətləndirilməsi VR texnologiyasının ən vacib üstünlüklərindən biridir. Araşdırmalar göstərir ki, VR əsaslı dərslə mühitləri tələbələrin akademik və praktiki sahələrdə qazandıqları bilik və bacarıqları əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşdırır, yadda saxlanılan məlumatların miqdarını artırır və dərslə olan motivasiya və məmnunluğu yüksəldir. Bu cür nəticələr, VR texnologiyasının təhsilin inkişafında

dəyişdirici rolunu təsdiq edir və bu texnologiyanın geniş tətbiqinin gələcəkdə təhsil sistemində inqilabi dəyişikliklərə yol açacağını göstərir.

Təhsildə qiymətləndirmə üçün metod və alqoritm nümunələri. Təhsilin keyfiyyətini ölçmək və tədris prosesini çoxkriteriyalı qiymətləndirmək üçün müxtəlif metod və alqoritmlər işlənmişdir. Aşağıda bu sahədə geniş istifadə olunan bəzi yanaşmalar təqdim olunur.

Qeyri-səlis məntiq. Təhsil mühitindəki qeyri-müəyyənlikləri və subyektiv mülahizələri riyazi modelləşdirmək üçün qeyri-səlis məntiq uğurla tətbiq edilir. Bu yanaşma qiymətləndirmə meyarlarına dəqiq sərhədlər qoymağın çətin olduğu hallarda daha ədalətli nəticələr verir. Məsələn, təhsilin keyfiyyətini ölçmək üçün həm kəmiyyət, həm də keyfiyyət göstəricilərini bir araya gətirən *qeyri-səlis məntiqə əsaslanan metodologiya* təklif edilmişdir [5]. Bu metod qiymətləndirmə meyarlarını qeyri-səlis çoxluqlar şəklində modelləşdirərək hərtərəfli keyfiyyət indeksi hesablayır. Nəticədə, tələbə nailiyyətlərinin və ya tədris proqramlarının keyfiyyətinin daha realist və çevik qiymətləndirilməsi mümkün olur (şəkil 1).

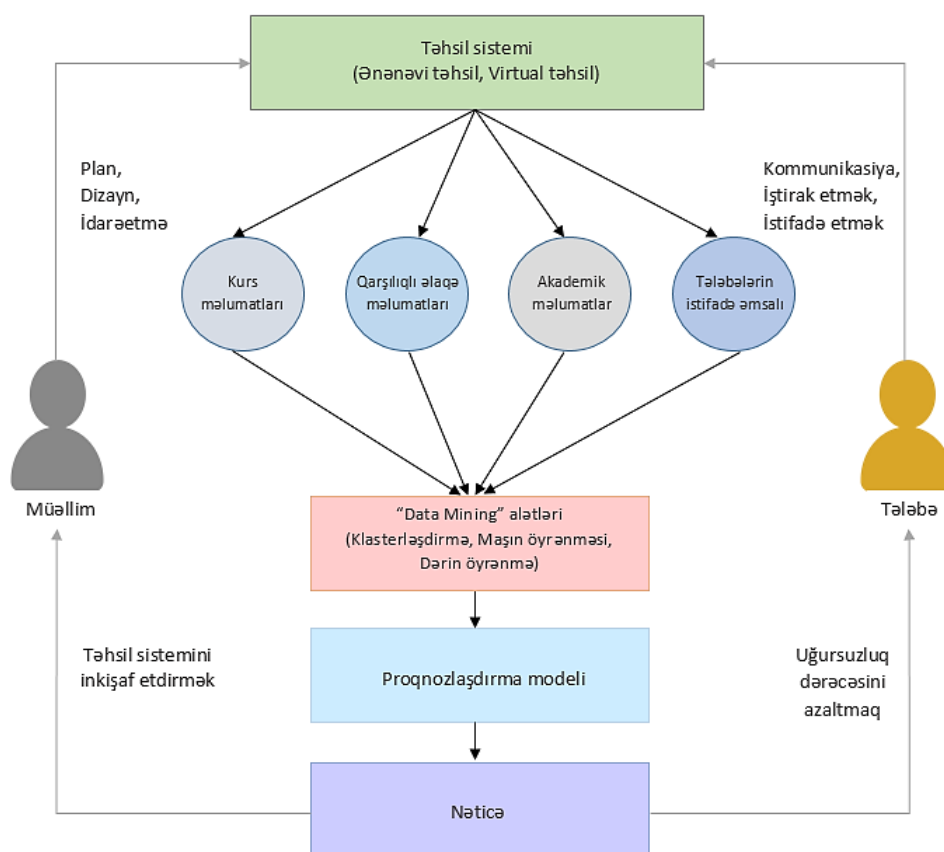


Şəkil 1. Qeyri-səlis məntiq alqoritm [3]

Təhsilin keyfiyyətinin qiymətləndirilməsi zamanı, fərqli komponentlər ayrılıqda analiz oluna bilər. Məsələn, əgər dövlətin təhsilə sərf etdiyi büdcə kimi kəmiyyət göstəricisinə əsaslanaraq ənənəvi metodlarla qiymətləndirmə aparılsa, tələbələrin gəlir səviyyəsi və ya nəsil dəyişiklikləri nəzərə alınmadan sadəcə yaxşı və ya zəif keyfiyyət nəticələri əldə oluna bilər (məsələn, bir seçim üçün qiymət 1, digəri üçün isə 0 kimi). Lakin qeyri-səlis məntiq tətbiq edildikdə, qiymətləndirilən obyekt ikili vəziyyətdən kənara çıxaraq, daha çox dərəcələr təyin oluna bilər.

Belə ki, “Əla keyfiyyət” üçün $\Theta K = 1$, “Yaxşı keyfiyyət” üçün $YK = 0.8$, “Orta keyfiyyət” üçün $OK = 0.5$, “Zəif keyfiyyət” üçün $ZK = 0.1$ və “Çox zəif keyfiyyət” üçün $\text{ÇZK} = 0$ kimi müxtəlif qiymət dərəcələri müəyyənləşdirilə bilər [3].

Qərar ağacı alqoritminin strukturu. Yuxarıda qeyd olunduğu kimi, qərar ağacı alqoritmləri təhsildə fəaliyyət göstəricisinin proqnozlaşdırılması və diaqnostik təhlil üçün geniş istifadə olunur. Onlar müxtəlif göstəricilər (davranış, fəaliyyət, qiymətlər və s.) əsasında qərar qaydaları çıxararaq tələbələrin nəticələrini kateqoriyalara (məsələn, *uğurlu* və ya *riskli*) ayıra bilir. Qərar ağacları modelinin üstünlüyü onun izah edilə bilməsidir – modelin çıxardığı hər bir qərar qaydası insan tərəfindən asanlıqla başa düşülür. Aparılmış tədqiqatlar göstərir ki, qərar ağacı modelləri tələbələrin akademik uğurunu etibarlı şəkildə proqnozlaşdırmaqla yanaşı, bəzi hallarda digər mürəkkəb modellərdən daha yaxşı nəticə verir. Bu səbəbdən bir çox təhsil analitikası sistemində qərar ağacı və onun toplu variantları (Random Forest və s.) əsas alqoritmlər kimi qəbul edilir (şəkil 2).



Şəkil 2. Qərar ağacı alqoritminin strukturu [7]

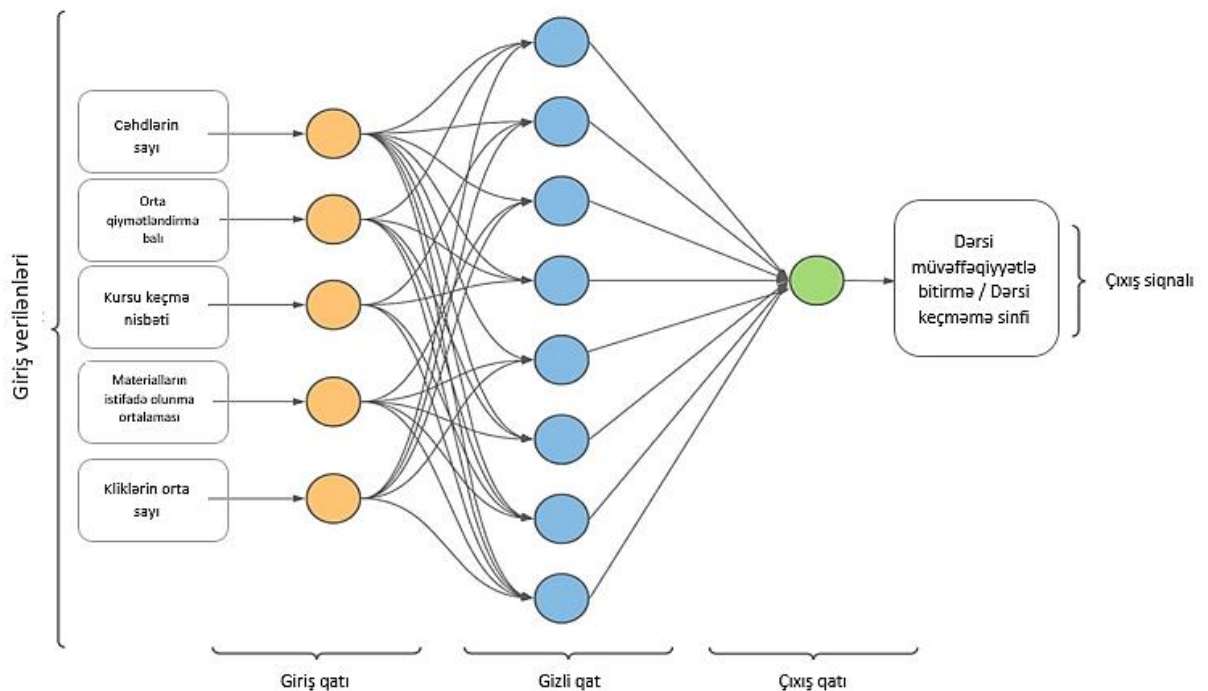
Qərar ağacı alqoritmləri, təhsildə fəaliyyət göstəricilərinin proqnozlaşdırılması və diaqnostik təhlil üçün geniş istifadə olunur. Onlar tələbələrin müxtəlif göstəriciləri əsasında (davranış, fəaliyyətdə iştirak, qiymətlər və s.) qərar qaydaları yaradır və bu qaydalar vasitəsilə tələbələrin vəziyyətini müəyyən kateqoriyalara – məsələn, uğurlu və risk altında olan – ayırmaq imkanı verir. Qərar ağacının ən böyük üstünlüklərindən biri onun izah edilə bilmə qabiliyyətidir; modelin çıxardığı hər bir qərar qaydası asanlıqla insan tərəfindən başa düşülə bilər. Beləliklə, sistemdə əldə olunan nəticələr həm müəllimlərə, həm də tələbələrə öz fəaliyyətlərini təkmilləşdirmək üçün aydın və konkret rəy təqdim edir.

Tədqiqatlar göstərir ki, qərar ağacı modelləri tələbələrin akademik uğurunu etibarlı şəkildə proqnozlaşdırmaqla yanaşı, bəzən daha mürəkkəb modellərlə müqayisədə daha yüksək dəqiqlik əldə edir. Buna görə də, bir çox təhsil analitikası sistemində qərar ağacı və onun toplu variantları, məsələn

Random Forest, əsas alqoritm kimi qəbul edilir. Proqnoz modelindən çıxarılan nəticələr sayəsində müəllimlər tədris proseslərini təkmilləşdirə və tələbələrin uğursuzluq riskini azaldaraq akademik nailiyyətlərini yüksəldə bilirlər.

Nəticə etibarilə, şəkil təhsildə analitika prosesinin əsas mərhələlərini və qarşılıqlı əlaqələrini – müəllim və tələbə fəaliyyətindən başlayaraq, müxtəlif məlumatların toplanması, məlumatların emalı, analitik metodların tətbiqi və proqnoz modelinin formalaşdırılması ilə yekun nəticələrin əldə olunmasına qədər – geniş şəkildə əks etdirir. Bu sistemin məqsədi tələbələrin akademik nailiyyətini yüksəltmək, onların zəif cəhətlərini aradan qaldırmaq və ümumilikdə təhsil keyfiyyətini artırmaqdır.

Süni neyron şəbəkələri. Neyron şəbəkələri insan beyninin sinir əlaqələrini təqlid edərək kompleks qeyri-xətti asılılıqları öyrənə bilən güclü modellərdir. Təhsildə neyron şəbəkələrindən tələbənin təhsil göstəricilərinin proqnozlaşdırılması, adaptiv tutor sistemlərinin qurulması, intellektual əks-əlaqə mexanizmlərinin yaradılması kimi məqsədlərlə istifadə olunur. Xüsusilə, toplu şəkildə tətbiq olunduqda neyron şəbəkələri tədris keyfiyyətinin avtomatik qiymətləndirilməsində çox yüksək dəqiqlik əldə etməyə imkan verir [6]. Məsələn, bir neçə müxtəlif konfigurasiyalı neyron şəbəkəsinin birləşdirilməsi nəticəsində formalaşan model müəllimlərin dərslərin keyfiyyətini demək olar ki, insan qiymətləndirilməsi səviyyəsində proqnozlaşdırma bilmişdir. Neyron şəbəkələri çoxlu sayda girişi və göstəricini eyni anda nəzərə ala bildiyi üçün [7], təhsil prosesinin *çoxölçülü təhlili* üçün də əlverişlidir (şəkil 3).



Şəkil 3. Süni neyron şəbəkələri alqoritm [8]

Şəkildə bu prosesin sadələşdirilmiş nümunəsi yer alır: giriş qatında bir neçə parametrlər (Number of Attempts, Average Assessment Grades, Course Passing Rate, Average Date of Use of Materials, Average Clicks) tələbənin platformada göstərdiyi fəaliyyətin əsas göstəricilərini əks etdirir. Həmin məlumatlar gizli qatdakı neyronlara ötürülərək emal olunur. Gizli qat, insan beyni kimi müxtəlif kombinasiyalar və çəki əmsalları vasitəsilə məlumatlar arasındakı əlaqələri “öyrənir” [8].

Nəticə qatı isə son qərarı çıxarır, məsələn, tələbənin imtahandan keçib-keçməmə ehtimalını müəyyənləşdirir. Model real zamanda və ya semestr boyu davamlı şəkildə yenilənən məlumatları nəzərə almaqla tələbələrin uğur səviyyəsini proqnozlaşdırır, o cümlədən dərs prosesində yaranan çatışmazlıqları erkən mərhələdə aşkarlaya bilər. Bu yanaşma, xüsusilə virtual texnologiyalar sayəsində tələbələr barədə daha dəqiq və çoxölçülü məlumat əldə olunduğu üçün daha effektivdir.

Təhsilin keyfiyyətinin yüksəldilməsində bu cür neyron şəbəkə əsaslı modellər bir neçə üstünlük təmin edir. Birincisi, adaptiv təlim sistemlərində tələbənin zəif cəhətlərini müəyyənləşdirərək ona fərdi şəkildə əlavə materiallar və izahlar təklif edə bilər. İkincisi, intellektual əks-əlaqə mexanizmləri təmin edərək həm müəllimləri, həm də tələbələri məlumatlandırır, onların fəaliyyətlərini optimallaşdırmasına kömək olur.

Xüsusilə, bir neçə fərqli topologiyaya malik neyron şəbəkələrini bir araya gətirməklə (toplu yanaşması) yüksək proqnoz dəqiqliyinə nail olmaq mümkündür [9]. Tədqiqatlar göstərir ki, bu toplu modelləri hətta müəllimlərin dərs keyfiyyətinin insan faktoru olmadan avtomatlaşdırılmış şəkildə qiymətləndirilməsinə də yaxınlaşa bilər. Genişmiqyaslı virtual öyrənmə platformalarında toplanan məlumatlar isə modeli davamlı təkmilləşdirməyə və daha real nəticələr əldə etməyə şərait yaradır [10].

Beləliklə, virtual texnologiyalarla zənginləşdirilmiş mühitlərdən çıxan böyük həcmli verilənlərdən yararlanmaq, süni neyron şəbəkələri vasitəsilə tələbənin təhsil göstəriciləri, təlim prosesindəki zəif halqaları və müəllim fəaliyyətinin effektivliyini daha etibarlı proqnozlaşdırmağa imkan verir. Nəticədə, təlimin fərdiləşdirilməsi [11] və keyfiyyətinin yüksəldilməsi üçün zəruri olan qərarlar daha qısa müddətdə, daha dəqiq məlumatlara əsaslanaraq qəbul olunur. Bu sinerji, həm virtual tədris resurslarından istifadənin genişlənməsi, həm də süni intellekt texnologiyalarının, xüsusilə neyron şəbəkələrinin sürətli inkişafı ilə mümkün olur və müasir təhsil sistemlərinin səmərəliliyinə güclü təsir göstərir.

VR-ın təhsil sahəsində tətbiqi yarım əsrdən çox bir müddəti əhatə etsə də həm texnologiyaların özlərinin məhdudiyyətləri, həm də onların tətbiqi üçün tələb olunan xərclər və logistika məhdudiyyətləri ucbatından hələ də geniş surətdə tətbiq olunmurlar. Bu problemləri və müəllimlərin VR texnologiyalarından gözləntilərini yaxşı başa düşmək üçün VR-a söykənən təhsil sistemlərinin işlənməsinə dair geniş tədqiqatlar aparılmışdır [12]. Aparılmış analizlər göstərir ki, əksər tədqiqatçılar VR-i tələbələrin daxili motivasiyasını yüksəltmək üçün istifadə edir və təcrübələrini tərtib edərkən konstruktivist pedaqogika, əməkdaşlıq və oyunlaşdırma kimi dar bir sıra amilləri misal gətirirlər.

AR və VR-in yeni yüksəlişinin səbəbləri və nə üçün onların təhsildə faktiki qəbul edilməsinin yaxın gələcəkdə reallığa çevriləcəyinin izahı [13], immersiv, praktiki öyrənmə vasitəsi olan VR bir sıra təhsil problemlərinin həllində unikal rol oynayacağı, VR imkanlarının öyrənmələri dəstəkləyən yeni təcrübələrə necə gətirib çıxardığına dair nümunələr də [14] diqqəti cəlb edir. 50 - dən çox tədqiqatın meta-analizi həyata keçirildiyi araşdırmada [15] immersiv texnologiyaların, xüsusən də STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) fənlərində əlaqəni və motivasiyanı artırdığı göstərilir. Daha sonra, uşaqlar və müəyyən idrak pozğunluqları (xüsusən Daun sindromuna istinadla) kimi müxtəlif istifadəçilər sinifləri üçün onun təhsildə istifadəsinin potensial üstünlükləri və çatışmazlıqlarını müzakirə edilir.

Məqalə bu ideyaları sınaq üçün həyata keçirilə biləcək strategiyaları qeyd etməklə yekunlaşır. Başqa bir tədqiqatda [16] müəllimlər multisensor vizuallaşdırma və interaktivliyin

birlişməsinin VR-i effektiv öyrənmə üçün necə ideal etdiyini və bu effektivliyi təcrübə vasitəsilə aktiv öyrənmənin təmin etdiyi faydalar baxımından izah etməyə çalışmışlar.

VR-ın stimullaşdırılması və qavrayış ekvivalentliyi arasındakı əlaqə və VR-nin yeni təhsil texnologiyası kimi istifadəsinə həsr olunmuş tədqiqat da [17] maraq doğurur. VR-in təhsildə tətbiqinin materialın daha yaxşı mənimsənilməsinə və xüsusilə tibb, memarlıq və mühəndislik sahələrində fəza təfəkkürünün inkişafına göstərdiyi dəstəyin təhlilinə [18], VR vasitəsilə emosional cəlb olunmanın öyrənmə nəticələrinə və öyrənmə ilə bağlı məmnuniyyətə təsirinə [19], VR-in mətn və 2D video ilə müqayisədə yadda qalanlığı və marağı artırmasına [20], Sİ və baxış analizindən istifadə edərək VR-də öyrənmələrin diqqətinin monitorinqinə [21], tələbə cavablarının avtomatik qiymətləndirilməsi, məzmunun virtual laboratoriyalarda uyğunlaşdırılmasına [22] həsr olunmuş və bu kimi bir sıra digər tədqiqatları da qeyd etmək olar. Apardığımız araşdırmalar təhsil prosesinin əsas cəhətlərini və VR-in də tətbiqinin onlara təsirini aşağıdakı cədvəl 1 şəklində təsvir etməyə imkan verir.

Cədvəl 1

Cəhətlər	Təsir formaları
Tələbələrə həvəsləndirmək	Cəlb olunma, interaktivlik və oyunlar vasitəsilə artır.
Anlamaq və xatırlamaq	Xüsusilə vizual və ya məkan komponenti olan mövzularda daha dərin.
Biliklərin praktikaya ötürülməsi	Real vəziyyətləri simulyasiya etməklə təkmilləşdirilir.
Əlçatanlıq və çeviklik	Xüsusilə onlayn və qarışıq formatlarda artır.
İcra çətinlikləri	Avadanlıqların yüksək qiyməti, müəllimlərin hazırlanmasına ehtiyac.

Dünya miqyasında aparılan elmi tədqiqatlar virtual texnologiyaların təhsildə tətbiqi və onların effektiv qiymətləndirilməsi sahəsində əhəmiyyətli irəliləyişlər olduğunu göstərir. Fərqli ölkələrdə müxtəlif fənlər üzrə VR və AR əsasında tədris sınaqları keçirilib və demək olar ki, hamısında nəticələr müsbətdir. Məsələn, ABŞ-da aparılan meta-analizlərin birində AR tətbiqlərinin tələbə nailiyyətlərinə orta dərəcədə müsbət təsir etdiyi, VR tətbiqlərinin isə bir qədər kiçik də olsa müsbət nəticə verdiyi müəyyənləşdirilib. Çin ali təhsil müəssisələrində həyata keçirilən layihələrdə isə böyük verilənlərin analizi və dərin öyrənmə texnikaları ilə tədris keyfiyyətinə nəzarət sistemləri qurulmuşdur [23]. Avropa İttifaqı çərçivəsində Erasmus+ kimi proqramlar vasitəsilə VR/AR texnologiyalarının müxtəlif təhsil sahələrində sınaqdan keçirilməsi və bu sahədə beynəlxalq əməkdaşlıq layihələri də genişlənməkdədir.

Praktiki tətbiq nümunəsi olaraq, tibb təhsili sahəsində simulyatorlar və VR vasitəsilə tələbələrə virtual anatomiya dərsləri keçirilməsi və cərrahi əməliyyatların məşq etdirilməsi göstərilə bilər. Bu üsul Türkiyə, Böyük Britaniya, Avstraliya kimi ölkələrin tibb fakültələrində uğurla tətbiq edilmiş və tələbələrin həm nəzəri biliklərinin, həm də praktiki bacarıqlarının əhəmiyyətli dərəcədə artdığı müşahidə olunmuşdur. Digər bir nümunə, Sinqapur və Koreya kimi ölkələrin orta məktəblərində AR texnologiyası ilə zənginləşdirilmiş dərslərin keçirilməsidir – şagirdlər coğrafiya dərslərində interaktiv xəritələr, biologiya dərslərində 3D modelləşdirmələr vasitəsilə mövzuları daha dərinləndirib mənimsəyiblər. Bu cür pilot layihələrin uğuru nəticəsində bir çox ölkələr virtual texnologiyaların təhsil sistemində inteqrasiyasını sürətləndirir.

Beynəlxalq tədqiqatlar həmçinin göstərir ki, təhsilin keyfiyyətini ölçmək üçün intellektual alətlərin tətbiqi qlobal trendlə uyğunlaşır. Məsələn, Avstraliya və Kanada universitetlərində öyrənmə analitikası platformaları geniş tətbiq olunaraq tələbə uğurunun proqnozlaşdırılması və keyfiyyət monitorinqi aparılır. Avropa ölkələrində isə AİP (analitik İerarxiya Prosesi), qeyri-səlis məntiq kimi metodların təhsil keyfiyyətinin qiymətləndirilməsində istifadəsinə dair bir sıra elmi məqalələr dərc edilmişdir. Ümumilikdə, dünyanın müxtəlif yerlərində aparılan bu tədqiqat və sınaqlar virtual texnologiyaların və intellektual qiymətləndirmə alətlərinin təhsildə böyük potensiala malik olduğunu təsdiqləyir.

Nəticə. Yekun olaraq belə qənaətə gəlmək olar ki, VR texnologiyaları düzgün tətbiq edildiyi halda təhsilin keyfiyyətinə əhəmiyyətli müsbət təsir göstərir. VR mühitləri öyrənənlərin dərslər materialını canlandırır, praktiki bacarıqları risksiz şəkildə öyrətmək imkanı verir və dərslər prosesində motivasiya ilə iştirakın yüksək səviyyədə olmasını təmin edir. Eyni zamanda, VR texnologiyasının təhsildə tətbiqi intellektual qiymətləndirmə metodları ilə dəstəkləndikdə, toplanan məlumatların sistemli təhlili nəticəsində həm müəllimlər, həm də şagirdlər üçün obyektiv və davamlı inkişafın təmin olunması mümkündür.

Beynəlxalq və yerli təcrübələrin təhlili göstərir ki, VR-dən istifadə tələbələrin akademik nailiyyətlərini və praktiki öyrənmə qabiliyyətlərini əhəmiyyətli dərəcədə artırır. Müasir VR tətbiqləri geniş miqyaslı statistik dəlillərə əsaslanaraq tədris prosesində innovativ yanaşmaların formalaşmasını təmin edir. Gələcəkdə isə VR-in daha geniş miqyaslı tətbiqi, müəllimlərin rolunun yenidən formalaşması və tədris proqramlarının sistemli şəkildə optimallaşdırılması üçün yeni tədqiqat istiqamətləri və metodlar inkişaf etdiriləcəkdir.

VR texnologiyalarının davamlı inkişafı və inteqrasiyası, tələbələrə həm öyrənmə prosesində, həm də gələcək karyera hazırlığında böyük üstünlüklər gətirəcək, müəllimlər isə süni intellekt və data analitikası vasitəsilə fərdi və qrup qiymətləndirməsini daha effektiv həyata keçirə biləcəklər. Nəticədə, VR əsaslı təhsilin gələcəyi, həm milli, həm də qlobal təhsil sistemində inqilabi dəyişikliklərə yol açacaq və innovativ təhsil modellərinin yaradılmasında əsas sütunlardan biri olacaqdır.

ƏDƏBİYYAT

1. Faiqotuzulfa A., & Putra, B.. *Virtual reality's impacts on learning results in 5.0 education: A meta-analysis*. ITEE. -2022. -Vol. 1. -No. 1. -pp. 1–10.
2. UNEC News. (2020). *Təhsildə virtual realıq layihəsinin təqdimatı – Azərbaycanda pilot layihə nümunəsi*. UNEC News. <https://news.unec.edu.az/xeber/125-universitet/6111-virtual-reallig-tehsilde>
3. Valdés Pasarón, S., Márquez, B. Y., & Ocegueda Hernández, J. M.. Methodology for measuring the quality of education using fuzzy logic. In *Communications in Computer and Information Science*. -2011. -Vol. 180. -pp. 509–515.
4. Hu-Au, E., & Lee, J. J.. Virtual reality in education: A tool for learning in the experience age. *International Journal of Innovation in Education*. -2017. -Vol. 4. -No. 4. pp. -215–226.
5. İsmayilov İ.M., Ağayev N.B., Hüseynova G.B. Bayes yanaşması ilə tələbələrin tədrisdənkənar fəaliyyətlərinin akademik göstəricilərinə təsirinin qiymətləndirilməsinin qeyri-səlis modeli. *Elmi məcmuə*. Bakı, Azərbaycan. -2024. -cild. 26. -No. 1. -səh. 73-81.

6. Piovesan, S. D., Passerino, L. M., & Pereira, A. S.. Virtual reality as a tool in the education. In *Proceedings of the IADIS International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (CELDA 2012)*. -pp. 295.
7. <https://www.frontiersin.org/journals/psychology/articles/10.3389/fpsyg.2021.698490/full>
8. https://www.researchgate.net/figure/Process-of-student-performance-prediction_fig1_367122714
9. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10582308/#:~:text=determine%20the%20minimum%20number%20of,improvement%20compared%20to%20previous%20methods>
10. <https://www.mdpi.com/2227-7102/12/11/736#:~:text=The%20analytic%20hierarchy%20process%20,each%20element%20to%20a%20certain>
11. Abbasova N.A., Əliyeva G.A. İngilis dilinin tədrisində süni intellektin tətbiqi. Elmi Məcmuə. -2023. -Cild. 25. №. 3. -səh. 58-63.
12. Kavanagh Sam, Luxton-Reilly Andrew, Wuensche Burkhard, Plimmer Beryl. A Systematic Review of Virtual Reality in Education. Themes in Science and Technology Education. -2017. -Vol. 10. -No. 2. -pp. 85-119.
13. Noureddine Elmqaddem. Augmented Reality and Virtual Reality in Education. Myth or Reality? International Journal of Emerging Technologies in Learning. -2019. -Vol. 14.- No. 3. -pp. 234-243.
14. Elliot Hu-Au, Joey J. Lee. Virtual reality in education: a tool for learning in the experience age. International Journal of Innovation in Education. -2017. -Vol. 4. -No. 4. -pp. 215-226.
15. Freina L., M. Ott. "A Literature Review on Immersive Virtual Reality in Education: State Of The Art and Perspectives", Conference: eLearning and Software for Education (eLSE). -2015.
16. Christou C.. Virtual Reality in Education. In book: Affective, Interactive and Cognitive Methods for E-Learning Design: Creating an Optimal Education Experience. -2010. -pp. 228-243.
17. Sandra S. B.. Creating a Virtual Reality as a Perceptual Equivalence for Training. Orlando, -USA. -1994. -Vol.31. -No. 4. -pp. 221-223
18. Radianti J., Majchrzak T. A., Fromm J., Wohlgenannt I.. A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. Computers & Education, -2020. -Vol. 147. -pp. 1-29.
19. Makransky G., Lilleholt L.. "A Structural Equation Modeling Investigation of the Emotional Value of Immersive Virtual Reality in Education" .*Educational Technology Research and Development*. -2018. -Vol. 66. -pp. 1141-1164.
20. Parong J., Mayer R. E.. "Learning science in immersive virtual reality". Journal of Educational Psychology. -2018. -Vol. 110. -No. 6. -pp. 785-798.
21. Chen et al. "Predicting user visual attention in virtual reality with a deep learning model. Virtual Reality. -2021. -Vol. 25. -No. 4. -pp. 342-362.
22. Xie et al. "AI-enabled virtual labs for STEM education". Electronics. -2019. -Vol. 8. -No 10.
23. <https://escholarship.org/uc/item/38j6k4tr#:~:text=cognitive%20processes,on%20various%20factors%2C%20including%20design>

REFERENCES

1. Faiqotuzzulfa A., & Putra, B.. *Virtual reality's impacts on learning results in 5.0 education: A meta-analysis*. ITEE. -2022. -Vol. 1. -No. 1. -pp. 1–10.
2. UNEC News. (2020). *Təhsildə virtual reallıq layihəsinin təqdimatı – Azərbaycanada pilot layihə nümunəsi*. UNEC News. <https://news.unec.edu.az/xeber/125-universitet/6111-virtual-realliq-tehsilde>
3. Valdés Pasarón, S., Márquez, B. Y., & Ocegueda Hernández, J. M.. Methodology for measuring the quality of education using fuzzy logic. In *Communications in Computer and Information Science*. -2011. -Vol. 180. -pp. 509–515.
4. Hu-Au, E., & Lee, J. J.. Virtual reality in education: A tool for learning in the experience age. *International Journal of Innovation in Education*. -2017. -Vol. 4. -No. 4. pp. -215–226.
5. İsmaylov İ.M., Aghayev N.B., Huseynova G.B. Bayes yanashması ile telebelerin tədrisdenkenar fealiyyətlərinin akademik gosterijələrinə təsirinin qiymətləndirilməsinin geyri-selis modeli. *Elmi mecmue- Baky, -Azerbaijan*. -2024. -Vol. 26. -No. 1. -pp. 73-81.
6. Piovesan, S. D., Passerino, L. M., & Pereira, A. S.. Virtual reality as a tool in the education. In *Proceedings of the IADIS International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (CELDA 2012)*. -pp. 295.
7. <https://www.frontiersin.org/journals/psychology/articles/10.3389/fpsyg.2021.698490/full>
8. https://www.researchgate.net/figure/Process-of-student-performance-prediction_fig1_367122714
9. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10582308/#:~:text=determine%20the%20minimum%20number%20of,improvement%20compared%20to%20previous%20methods>
10. <https://www.mdpi.com/2227-7102/12/11/736#:~:text=The%20analytic%20hierarchy%20process%20,each%20element%20to%20a%20certain>
11. Abbasova N.A., Aliyeva G.A. İngilis dilinin tədrisində suni intellektin tətbiqi. *Elmi mejmue.- Baku, -Azerbaijan*. -2023. -Vol. 25. -No. 3. -pp. 58-63.
12. Kavanagh Sam, Luxton-Reilly Andrew, Wuensche Burkhard, Plimmer Beryl. A Systematic Review of Virtual Reality in Education. *Themes in Science and Technology Education*. -2017. -Vol. 10. -No. 2. -pp. 85-119.
13. Nouredine Elmqaddem. Augmented Reality and Virtual Reality in Education. Myth or Reality? *International Journal of Emerging Technologies in Learning*. -2019. -Vol. 14.- No. 3. -pp. 234-243.
14. Elliot Hu-Au, Joey J. Lee. Virtual reality in education: a tool for learning in the experience age. *International Journal of Innovation in Education*. -2017. -Vol. 4. -No. 4. -pp. 215-226.
15. Freina L., M. Ott. "A Literature Review on Immersive Virtual Reality in Education: State Of The Art and Perspectives", Conference: eLearning and Software for Education (eLSE). -2015.
16. Christou C.. Virtual Reality in Education. In book: *Affective, Interactive and Cognitive Methods for E-Learning Design: Creating an Optimal Education Experience*. -2010. -pp. 228-243.
17. Sandra S. B.. *Creating a Virtual Reality as a Perceptual Equivalence for Training*. Orlando, -USA. -1994. -Vol.31. -No. 4. -pp. 221-223

18. Radianti J., Majchrzak T. A., Fromm J., Wohlgenannt I. A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, -2020. -Vol. 147. -pp. 1-29.
19. Makransky G., Lilleholt L.. "A Structural Equation Modeling Investigation of the Emotional Value of Immersive Virtual Reality in Education" *Educational Technology Research and Development*. -2018. -Vol. 66. -pp. 1141-1164.
20. Parong J., Mayer R. E.. "Learning science in immersive virtual reality". *Journal of Educational Psychology*. -2018. -Vol. 110. -No. 6. -pp. 785-798.
21. Chen et al. "Predicting user visual attention in virtual reality with a deep learning model. *Virtual Reality*. -2021. -Vol. 25. -No. 4. -pp. 342–362.
22. Xie et al. "AI-enabled virtual labs for STEM education". *Electronics*. -2019. -Vol. 8. -No 10.
23. <https://escholarship.org/uc/item/38j6k4tr#:~:text=cognitive%20processes,on%20various%20factors%2C%20including%20design>

***METHODS AND ALGORITHMS FOR INFORMATION AND SYSTEMATIC ANALYSIS-
BASED INTELLECTUAL ASSESSMENT OF THE IMPACT OF VIRTUAL TECHNOLOGIES
ON THE QUALITY OF EDUCATION***

Ehmedov L.N., Osmanli T.E.

National Aviation Academy

This article examines in a detailed and systematic manner the impact of integrating virtual reality (VR) technologies into the educational process, with a particular focus on enhancing teaching quality and learning outcomes. The study reviews both international and local experiences, demonstrating that the adoption of VR significantly improves students' academic performance, long-term information retention, and practical skill development. By creating an interactive and immersive learning environment, virtual reality not only boosts student concentration and motivation but also increases overall engagement compared to traditional teaching methods.

The article emphasizes the importance of objectively evaluating educational quality through innovative methodologies such as artificial intelligence, expert systems, and machine learning algorithms. Statistical analyses based on student activity logs, test results, and other quantitative indicators in VR settings reveal that fully immersive systems deliver considerably higher impacts than semi-immersive models. The benefits of risk-free, simulated practical exercises and interactive experiences are also underlined, suggesting promising avenues for continuous improvement and digital transformation in education.

Overall, the findings indicate that implementing virtual technologies can revolutionize educational practices and facilitate the broader integration of innovative pedagogical strategies. Moreover, the use of intellectual evaluation methods enables educators to accurately identify students' strengths and weaknesses, promoting targeted interventions and sustained development of the educational system.

Keywords: *virtual reality, education, intellectual evaluation, artificial intelligence, machine learning, expert systems, immersive learning, data analytics, innovation.*

***Rəyçilər: t.e.d., prof., AMEA-nın müxbir üzvü İsmayilov İ.M.
t.f.d., dos. Dadaşov F.H.***

Müəlliflər haqqında məlumat

Soyadı, adı, atasının adı	İş yeri	Vəzifəsi, elmi dərəcəsi, elmi adı	Əlaqə
Əhmədov Lütviyar Nurməmməd oğlu	Milli Aviasiya Akademiyası	“Kompüter sistemləri və proqramlaşdırma” kafed-rasının dosenti, f.- r.f.d.	lahmadov@naa.edu.az mob: (+994) 50 385-69-18
Osmanlı Təbriz Elcan oğlu	Milli Aviasiya Akademiyası	ETİ, “Süni İntellekt Texnologiyaları” şöbəsi elmi işçi, doktorant	tosmanli@naa.edu.az mob: (+994) 55 493-26-76

KOLLEKTİV FƏALİYYƏTİN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİNDƏ MULTI-AGENT SİSTEMLƏRİNİN TƏDQIQININ VƏ TƏTBİQİNİN MÜASİR PROBLEMLƏRİ

Ağayev N.B., Əmirxanlı D.Ş., Amanov R.Ş.
Milli Aviasiya Akademiyası

Hal-hazırda mürəkkəb sistemlərin modelləşdirilməsində ən çox istifadə edilən yanaşma multi-agent sistemlərdən istifadə etməklə qurulmuş modellərdir ki, bu modellər Süni İntellekt sahəsində böyük rol oynayır. Agentlər bu modellərdə əsas elementdir. Problemlərin həlli prosesi, müəyyən bir komandaya daxil olan agentlər arasında bir sıra qaydalara uyğun olaraq bölüşdürülür. Agent sistemləri özünü təşkil etmə və kollektiv intellekt kimi hadisələri öyrənməyə imkan verən xüsusiyyətlərə malikdir. Bu xüsusiyyətlər həm elmi-nəzəri, həm də praktiki-tətbiqi tədqiqatlarda eyni müvəffəqiyyətlə Multi-Agent Sistemlərindən (MAS) istifadə etməyə imkan verir. MAS-nin köməyi ilə kompleks problemlərin həlli üçün daha sadə və birqiymətli həllərin tapılması mümkündür. MAS süni intellekt və kompüter elmində maraqlı bir tədqiqat sahəsidir. Onlar fərdi və ya kollektiv məqsədlərə nail olmaq üçün bir mühitdə qarşılıqlı əlaqədə olan çoxsaylı muxtar agentləri əhatə edir.

Məqalədə elmi-nəzəri və texniki-praktik problemlərə həsr olunmuş və MAS-ın köməyi ilə həll olunan elmi əsərlər təhlil edilir. MAS-ın çatışmazlıqları araşdırılır və həll yolları təklif olunur. Alınan nəticələr əsasında müasir və ənənəvi metodların elmi əsaslandırılmış şərhı verilir. Göstərilir ki, əsasən elmi əsərlər müasir elmi-texniki problemlər istiqamətində qərarların qəbul edilməsi üsullarını təklif edir. Məqalədə həmçinin MAS-dan istifadə etməklə İT metod və vasitələrinin tətbiqinə həsr olunmuş tədqiqat işləri təhlil edilir, neyron şəbəkələri və intellektual metodlardan istifadə etməklə nəzarət və proqnozlaşdırma modelləri öyrənilir.

Açar sözlər: Multi-agent sistemləri, agent, mənsubiyyət funksiyası, Q-öyrənmə metodologiyası, tələbə agenti, davranışının mənsubiyyət funksiyası, BEİS (bina enerjisinin idarəetmə sistemi).

Giriş

Müasir kollektiv məkan və zaman çərçivəsində bir-biri ilə əlaqəli və qarşılıqlı təsir göstərən, və qarşıya qoyulmuş məqsədlərə nail olmaq üçün birlikdə fəaliyyət göstərən çox çeşidli elementlər toplusunu əhatə edən mürəkkəb idarəetmə sistemidir. Təbii ki, bu sistemin fəaliyyətinin effektivliyini qiymətləndirmək üçün müvafiq qiymətləndirmə meyarları dəsti tələb olunur. Klassik yanaşmada bu meyarlar ya subyektiv qiymətləndirmələr, ya da ayrı-ayrı əməliyyatların yerinə yetirilməsi üçün standartlar sistemlərindən ibarətdir. Müasir yanaşmada kollektiv fəaliyyətin modelləşdirilməsi və qiymətləndirilməsi üçün çoxlu sayda üsul və vasitələr mövcuddur. Bu üsul və vasitələr kütləvi xidmət, oyunlar, çoxölçülü optimallaşdırma kimi klassik nəzəriyyələrin, həmçinin müasir neyromodelləşdirmə və intellektual sistemlər, agent nəzəriyyələrinin tətbiqi ilə yaradılmışdır.

Hazırda kollektiv fəaliyyətin qiymətləndirilməsində əvvəldə qeyd etdiyimiz klassik və müasir yanaşmaların inteqrasiyasında yaradılmış müxtəlif sayda modifikasiyası olan Multi-agent sistemlərinə (MAS) həsr edilmiş çoxlu elmi-tədqiqat işləri mövcuddur. Buna səbəb MAS –nin bu tip çoxölçülü məsələlərə effektiv tətbiqinin mümkünlüyüdür. Digər səbəb kimi isə MAS-ın bir neçə avtonom - bir-biri ilə və eyni zamanda ətraf mühitlə qarşılıqlı əlaqədə olduğu sistemlərin modelləşdirilməsinə imkan verməsi ilə izah edilir [1]. MAS həm də öyrənmə və düşünməyə qadir [2] olan mürəkkəb koqnitiv agentlər kimi geniş spektrli agentləri modelləşdirə bilər. Bu, xüsusilə iqtisadiyyat, sosiologiya və ekologiya kimi sahələrdə faydalıdır. Belə ki, bu sahələrin xarakterik xüsusiyyətlərini nəzərə almaqla idarəetmə sahəsində fəaliyyətlərin modelləşdirilməsi və düzgün qərar qəbul etmə üçün əlverişlidir. Nəticədə bu tədqiqatçılara real vaxt rejimində qeyri-mümkün hesab edilən təcrübələr aparmağa imkan verir və bu “virtual” təcrübələr qərarların qəbulu üçün kifayət qədər məlumatların əldə edilməsi və emalına səbəb olur.

MAS -ın əsas üstün xüsusiyyətlərindən biri də mərkəzləşdirilməmiş [3] xüsusiyyətə malik müstəqil agent yanaşmasına sahib olmasıdır. Başqa sözlə desək, hər bir agentin lokal məlumat və məqsədlər əsasında müstəqil şəkildə fəaliyyət göstərməsidir. MAS-ın ən maraqlı cəhətlərindən biri onun “kritik yanaşma” nümayiş etdirmək qabiliyyətidir. Bu xüsusiyyət tədqiqatçılara özünü təşkil etmə və kollektiv intellekt kimi hadisələri öyrənməyə imkan verir. MAS həm də idarə olunan mühitdə mürəkkəb sistemlərin davranışını simulyasiya etmək və təhlil etmək üçün platforma təqdim edir [4-5]. MAS robototexnika, trafik idarə edilməsi [4], resurs bölgüsü [3-5], oyun nəzəriyyəsi, sosial şəbəkələr və s. kimi müxtəlif sahələrdə tətbiq edilir. Məsələn olaraq deyə bilərik ki, istiqamətlənmədə yükün balanslaşdırılması problemləri, infrastruktur və avtomobillər arasında trafik “əlaqə”, yeni nəsil avtomobillərin avtonom idarəetmə xüsusiyyətləri, avtomobildən avtomobilə, avtomobildən infraquruculara danışıqlar və hətta infraqurucudan infraquruculara keçid və s. kimi çoxsaylı paylanmış xarakterli məsələlər mövcuddur ki, MAS bu sahədə daha effektiv hesab edilir.

1. MAS-ın elmi -nəzəri problemləri, strukturu

MAS ilə optimallaşdırma, idarəetmə, təhlil, proqnozlaşdırma, diaqnostika və monitorinq və s. kimi proseslərin modelləşdirilməsi müxtəlif sahələrdə, xüsusən də ənənəvi metodların uğursuz ola biləcəyi mürəkkəb və dinamik mühitlərdə yüksək effektiv ola bilər.

Optimallaşdırma məsələlərində - MAS hər biri problemin müəyyən alt çoxluğuna cavabdeh olan çoxsaylı agentlər arasında tapşırıqları paylamaqla prosesləri optimallaşdırma bilər. Əlaqə və koordinasiya vasitəsilə MAS optimal həlləri, mərkəzləşdirilmiş yanaşmalardan daha sürətli və daha səmərəli olan həlləri tapa bilər. Məsələn, logistika sahəsində MAS real vaxt rejimində yol şəraiti və çatdırılma cədvəllərini nəzərə alaraq birdən çox nəqliyyat vasitəsi üçün marşrutları optimallaşdırma bilər. Belə ki, bu cür sistemlər paylanmış resursların idarə edilməsi (məsələn, yükün balanslaşdırılması [6]) və optimallaşdırma [7] üçün istifadə edilə bilər.

Bina Enerjisinin İdarəedilməsi Sistemini (BEİS) optimallaşdırılması üçün MAS-dan geniş istifadə edilir. MAS-dan BEİS və fərdi ev təsərrüfatları arasında əlaqəni həyata keçirmək üçün istifadə edilə bilər. Verilmiş qərar BEİS-də emal olunur. BEİS gələn məlumatlar əsasında optimal cədvəllər tərtib edir. Müzakirə olunmalı məsələlərdən biri də müxtəlif agentlər arasında əlaqənin necə qurulmasıdır. Belə ki, agentlər arasında əlaqə MCNP- protokolundan istifadə etməklə agent rabitə dili (ACL) mesajları vasitəsilə həyata keçirilir [8]. Prosesin əsas mahiyyəti ondan ibarətdir ki, daxili

və xarici agentlər “təklif zəngi” (cfp) əsasında əlaqə yaradır. Xarici səviyyəli agentlər daxili səviyyəli agentlərin göndərdiyi məlumatlar əsasında qərar qəbul edir və kollektiv məlumatı BEİS agentinə göndərir və ya imtina edir. Eynilə, hər bir daxili səviyyəli agent əməliyyat prosesində iştirak etmək istəmədiyi təqdirdə, imtina bildirişlərini göndərə bilər. Qəbul edildiyi təqdirdə, xarici səviyyəli agentlər BEİS-dən alınan cədvəlləri qeydiyyatdan keçmiş daxili səviyyəli agentlərə göndərirlər. Bu şəkildə təklif olunan mikro şəbəkə üçün optimallaşdırma mərhələsi tamamlanır.

Proqnozlaşdırma istiqamətində də MAS öz effektivliyini saxlamaqdadır. MAS müxtəlif agentlərdən alınan məlumat və təcrübə mənbələrini birləşdirib, təhlil edib proqnozlaşdırma imkanlarını artırır. Məsələn, maliyyə bazarlarında MAS səhm qiymətlərini proqnozlaşdırmaq üçün bazar tendensiyalarını, xəbər lentlərini və sosial media mühitini təhlil edə bilər. Tək maliyyə sahəsi deyil, həm də kənd təsərrüfatında, proqnoz məsələlərində də effektiv nəticələr əldə edilmişdir [8]. İstixanalarda müxtəlif vəzifələri yerinə yetirən *aktiv, reaktiv* və *passiv* agentlər yaradılır. Avadanlıqlara nəzarət edən reaktiv agentlər istixana daxilində olan aktiv agentlər tərəfindən izlənilir və hava şəraitinə xas olan *passiv* agentlər əsasında qərar verir.

Monitoring -Diaqnostika məsələlərinin – MAS ilə qurulmasının nə dərəcədə əhəmiyyətli olduğunu, tədqiqat işlərini analiz edərkən demək olar. MAS çoxsaylı agentlərin kollektiv bilik və təcrübəsindən istifadə etməklə mürəkkəb sistemlərə diaqnoz qoya bilər. Hər bir agent nasazlığın aşkarlanması, problemlərin aradan qaldırılması və əsas səbəb təhlili kimi diaqnostikanın müxtəlif aspektləri üzrə ixtisaslaşa bilər. İstehsalatda smart şəbəkə sistemlərində MAS enerji istehlakı modellərinə nəzarət edə və səmərəli paylanmanı təmin etmək üçün resursları dinamik şəkildə bölüşdürə bilər. MAS-lar marketlərdə monitoring, sistem diaqnostikası, yerləşdirilmə prosesləri və s. daxil olmaqla müxtəlif problemlərə tətbiq edilmişdir [9]. [10]-da strateji enerji infrastrukturunun müdafiəsi (SPID) çərçivəsində yarımstansiyanın fiziki təhlükəsizliyinin monitoringi (SPSM) sistemi təklif olunur Belə ki, MAS elektrik yarımstansiyalarının fiziki təhlükəsizliyinə uzaqdan nəzarət edir.

İdarəetmə - resursların idarə edilməsi, tapşırıqların bölüşdürülməsi, koordinasiya, adaptiv idarəetmə kimi istiqamətlərdə tətbiq edilən MAS, strategiyaları, davranışları və yanaşmaları dinamik şəkildə tənzimləməyə imkan verir. Tədqiq edilən elmi yanaşmalardan biri də “Avtomobil Tətbiqlərində Multi-agent Sistemləri” mövzusunda həsr olunmuşdur. Əsas hədəflərdən biri –süni intellekt istiqamətinə yönəlmiş, insan kimi özü istiqamətlənən və “tapşırıqlar”ı icra edən sistemin qurulması üçün avtomobil tətbiqlərinin yaradılmasına yönəlmişdir. Riyazi model – hər nəqliyyat arasındakı uzunluq, onlar arasındakı sahə, nəqliyyat vasitələrinin sayı, hərəkət zolaqlarının sayı və s. əldə ediləcəyimiz vacib parametrlərdən istifadə edərək qurulmuşdur [1]. Əsas məqsəd agentləri (avtomobillərin) təmsil etdikləri sürücülərin məqsəd və üstünlüklərini kəmiyyətcə müəyyən edilməsidir. Alınan məlumatlara əsasən, agentlərin faydalılığı aşağıdakı kimi hesablanıla bilər:

$$U^{ip} = \sum_g W_g^i N_g^{ip} \quad \text{belə ki} \quad \sum_g W_g^i = 100 \quad (1)$$

Burada i - agentin nömrəsi, p - məxsusi yol, g - xüsusi hədəf, U - dəyər funksiyası, W - i -ci agent tərəfindən araşdırılmış xüsusi məqsədin çəkisidir.

Agentlərin məqsədləri sürücülərin seçimlərinə əsaslanır.

Bu yanaşmada aşağıdakı xüsusiyyətlər nəzərə alınır:

- MAS-da agentlərin (avtomobil) sayı ixtiyaridir.

- Arxitekturalarda iki növ agent fərqləndirilir: qeyri-sabit (məsələn, marşrutlar) və sabit (məsələn, avtomobillər).
- Arxitektura tələb edir ki, marşrut agentləri öz maraqlarını tələb edən bütün avtomobil agentlərinə göndərməlidirlər. Bu parametrlər hər bir dəqiqədən bir avtomatik olaraq yenilənir.
- Avtomobil agentləri ən yaxşı marşrutu hesablamaq üçün marşrut agentləri tərəfindən verilən məlumatdan istifadə edirlər.
- Paylanmış yük balanslaşdırma alqoritmi infrastruktur tələblərini nəzərə alır (məsələn, bəzi marşrutdan trafik sıxlığını nəzarət altında saxlamaq üçün istifadə edilir).

Əsas tələb kimi:

1. Agentlər üçün öyrənmə hədləri.
2. ML –in necə inteqrasiya etməsi.
3. Agentlərin interaktiv şəkildə necə öyrənməsi irəli sürülür.

İdarəetmə istiqamətində MAS-ın tətbiq edildiyi sahələrdən biri də hava nəqliyyatıdır. [4] tədqiqatı “Hava nəqliyyatının axınının idarə edilməsində Multi-agent yanaşma” mövzusunda həsr olunmuşdur. Burada sistemin qiymətləndirilməsi üçün ümumi qiymətləndirmə parametri əsasında təxirəsalınmalar və ümumi sıxlığı təyin edərək riyazi model qurulmuşdur.

Sistemin qabiliyyətinin qiymətləndirilməsi funksiyası - təxirəsalınmaların və tıxacların cərimələri anlayışları ilə təyin olunur:

$$G(z) = -(B(z) + \alpha C(z)) \quad (2)$$

α –sıxlığın qiymətidir.

Həcmi S olan sektorun addım funksiyası- $\theta(\cdot)$ – üçün $C_s(z)$ - cərimələri aşağıdakı kimi ifadə olunur.

$$C_s(z) = \sum_t \theta(k_{s,t} - c_s)(k_{s,t} - c_s)^2 \quad (3)$$

addım funksiyasının arqumenti

$$\theta(k_{s,t} - c_s) = \begin{cases} 1, & (k_{s,t} - c_s) \geq 0 \\ 0, & (k_{s,t} - c_s) < 0 \end{cases} \quad (4)$$

Modelə əsasən hər agentin seçdiyi proses simulyasiyadan sonra müşahidə olunan gecikmə və təxirəsalınmalar elə agentlər tərəfindən qiymətləndirilir. Bu qiymətləndirmə sonrakı addım üçün agentin nəzarətini dəyişdirməyə xidmət edir. Proses zamanı təsnifatlaşdırma, onların yerinin təyini, öyrənmə alqoritminin və qiymətləndirmə strukturunun seçilməsi ehtiyac duyulan əsas məsələlərdir.

Baxılan məsələnin çatışmazlığı isə:

1. Çoxsaylı uçuş vasitələri analiz olunduqda, böyük həcmli multi-agent sistemlərin yaranmasına səbəb olur
2. Agentlərin yerləşdikləri mövqelərdən kifayət qədər məlumat əldə etmək mümkün olmaması “öyrənmə”-ni zəiflədir [4].

Təkcə idarəetmə istiqamətində deyil, həm də monitoring -diaqnostika, proqnozlaşdırma, optimallaşdırma kimi reallaşdırılması çətin olan istiqamətlərdə istifadə edilən MAS tədqiqatçılar tərəfindən müxtəlif metodların tətbiqi ilə nəticələr əldə olunmuşdur. Aydındır ki, düzgün seçilən tədqiqat metodu qoyulan məsələnin həlli zamanı alınan nəticəyə ciddi şəkildə təsir edir. Tədqiq edilən araşdırmalardan məlum olur ki, həll üsulu kimi - kompleks agent sistemləri, MARL - (Multi-Agent Reinforcement Learning) agentlərin öyrənilməsi alqoritmlərini, Q-learning, Paxos alqoritmləri, *argumentasiya nəzəriyyəsi* və s. tətbiq edilmişdir. Araşdırmalara əsasən söyləyə bilirik ki, idarəetmə məsələlərində kompleks agent sistemləri tətbiq olunmuşdur. Mürəkkəb agent əsaslı

sistemlər (CAS) mürəkkəb kollektiv davranış nümayiş etdirən sadə agentlərdən ibarətdir və ənənəvi multi agent sistemlərə nisbətən bir sıra üstünlükləri vardır. Lakin bəzi problemlər üçün bilikli və bacarıqlı agentlər uyğun olsa da, dayanıqlılıq, uyğunlaşma, sabitlik və genişlənmə kimi məsələlərdə çatışmazlıqlara sahibdirlər. Başqa sözlə desək, “mürəkkəb agentlər” mərkəzi nəzarətçi agentlərin hərəkətlərini idarə edən zaman agent uğursuzluq halında özlərini bərpa edə bilirlər. Eyni zamanda mürəkkəb agent əsaslı sistemlər qlobal sabitlik hesabına ətraf mühitdəki dəyişikliklərə tez uyğunlaşa bilir [11]. Mürəkkəb kollektiv davranışın sadə fərdi strategiyalara parçalanması, prosesin riyazi modelini yaratmağa və sistemi kəmiyyətə təhlil etməyə imkan verir. Təhlil agenti idarə edən mexanizmə problemin vacib parametrlərinin nə olduğunu və onların sistemin qlobal xüsusiyyətlərinə təsirini müəyyən etməyə kömək edir. Təhlil həm də idarə edən mexanizmə sistemin işini optimallaşdırmaq üçün primitiv strategiyaları necə birləşdiriləcəyinə qərar verməyə kömək edir. Bəzi tədqiqatçılar agent əsaslı sistemlərin davranışını kəmiyyətə tədqiq etsələr də, agentlər arasında qarşılıqlı əlaqəni modelləşdirmək üçün [5] simulyasiyalardan istifadəyə diqqət yetirmişlər.

MAS-ın təhlilində MARL - (Multi-Agent Reinforcement Learning) agentlərin öyrənilməsi alqoritmlərini tətbiqi edərək effektiv nəticələr əldə etmişlər [3]. Tədqiqat işində MARL alqoritmı mərkəzləşdirilməmiş strukturda qurulmuşdur. Burada yalnız uyğun modullar agentlər arasında bölüşdürülür və hərəkətlər sistem baxımından həssas olan ardıcılıqla paylanır. Eyni zamanda MA (çox agentli) və SA (tək agentli)-i sistemlər müqayisə edilmişdir. Period 4 temperaturu zona üçün istilik sistemində (qazanxanalarda) enerji xərclərinin 70% azaldılmasının mümkünlüyü göstərilmişdir. Agent il ərzində öyrənə və ümumiləşdirilə bilir.

Eyni zamanda Q-öyrənmə (Q- learning) texnologiyası tək termostat üçün istifadə olunur və nəticədə 10% enerji qənaətli temperaturu planlaşdırmağa imkan verir. Q-learning texnologiyası ilə müqayisədə RL (Reinforcement Learning) beş zonaya qədər hava axınının sürətini idarə etmək üçün istifadə olunur [6]. İstilik Sistemlərində qiymət və rahatlığın optimallaşdırılması məsələsinə Q-learning yanaşmasının tətbiqi *qiymət əsaslı öyrənmənin mərkəzi ideyası* hesab edilir. Tədqiqat işində əsas məqsəd Bellman optimallıq tənliyini təmin etmək üçün lazım olan optimal fəaliyyət-dəyər funksiyasını tapmaqdır.

$$Q^*(s, a) = \mathbb{E} \left[R_{t+1} + \gamma \max_a Q^*(s, a) \mid s, a \right] \quad (5)$$

Yeniləmə strategiyasının Q^* -a yaxınlaşması üçün ətraf mühitin Markov Qərar Prosesinin (MQP) şərtlərini təmin etməsi lazımdır. Onda yenilənmiş fəaliyyət - dəyər funksiyasını aşağıdakı kimi vermək olar [3].

$$Q^{update}(s, a) = Q^{current}(s, a) + \alpha \cdot (r_t + \gamma \max_a Q(s, a) - Q^{current}(s, a)) \quad (6)$$

MAS-ın strukturunda əsas problemi sistemdə intellektin nə qədər və hansı səviyyədə yerləşdirilməsidir. Agentlər arasında:

- ümumi davranış necə yaranır və yönləndirilir;
- onların davranışı bir çox fərdi agentlər arasında qarşılıqlı əlaqədən yarana bilirmi;
- hər bir agentin davranışı nə qədər mürəkkəb olmalıdır və s. bu kimi məsələlər analiz edilir.

Bu sahədə işlərin böyük əksəriyyəti agentlərin daha bilikli və bacarıqlı olmasına yönəlmişdir.

Müxtəlif tədqiqat işlərində buna agentə daha dərin bilik bazası və məlumatlar haqqında mülahizə yürütmək bacarığı verməklə, agentə hərəkətləri planlaşdırmağı tətbiq etməklə və ya digər

agentlərlə danışıqlar aparmaqla nail olmuşdur. Lakin fərdi elementləri çox sadə olan agentəsaslı sistemlər mövcuddur ki, bu cür sistemlərə agentlər mühitində çox *diqqət yetirilməyib*.

Multi-agent sistemlərinin tətbiqinə əsaslanan tədqiqat işlərindən birində Q-öyrənmə texnologiyası fərqli şəkildə - n sayda oyunçu və mürəkkəb təkrarlanan oyunlar götürülərək tətbiq edilmişdir [2].

Təqdim edilən alqoritmə əsasən MAS-in təkamülü, interaktiv formada olan vəziyyətin seçilməsi, interaktiv formada olan agentin seçilməsi vəziyyətinin öyrənilməsi və Q funksiyasının ən yaxşı halının seçilməsi işin əsas məqsədi hesab edilir.

Paxos alqoritmi. Ən sadə paylanmış alqoritmlərdən biri kimi Paxos alqoritmi səhvlərə dayanıqlı paylanmış sistemin qurulması üçün nəzərdə tutulmuşdur. Hər bir Paxos agentini təklif edən, qəbul edən və ya öyrənən ola bilər. Nə qədər çox düyünlər olarsa, bu alqoritm agentlərin dəqiq qiymət almasını daha çox təmin edir. Orta konsensus alqoritmi MAS-ların bir çox sahələrinə tətbiq edilmişdir. Onun yaxınlaşması və konvergent sürəti [12-13] -də bildirilir. Adaptiv paylanmış alqoritm kimi o, yalnız qonşu agentlər arasında əlaqəni tələb edir. Ona görə də əlaqə yükü azdır. Bütün mövcud agentlər yekun nəticə kimi iki qonşu agentin qiymətinin ədədi ortasını götürür. Sadələşdirilmiş riyazi model aşağıdakı kimidir:

$N = (V, B)$ qrafı agent şəbəkəsini göstərir. Agentlər çoxluğu $V = \{1, 2, \dots, n\}$ ilə işarələnir. Mənfi olmayan $n \times n$ ölçülü $B = [b_{ij}]$ matrisi N şəbəkəsinin qarşılıqlı əlaqə topologiyasını göstərir. Əgər i agentindən j agentinə aktiv rabitə əlaqəsi mövcuddursa, onda $b_{ij} > 0$, əks halda $b_{ij} = 0$ olur.

$$\dot{y}_i(t) = \sum_{j=1}^n b_{ij} (y_j(t) - y_i(t)) \quad (7)$$

$$Y(t) = \text{col}(y_1(t), y_2(t), \dots, y_n(t)) \quad (8)$$

$$\Delta = \text{diag}(\sum_{j=1}^n b_{1j}, \dots, \sum_{j=1}^n b_{ij}, \dots, \sum_{j=1}^n b_{nj}) \quad (9)$$

$$L = -B + \Delta \quad (10)$$

$$\dot{Y}(t) = (-\Delta + B)Y(t) = -LY(t) \quad (11)$$

Burada, Δ və L müvafiq olaraq qüvvət və Laplas matrisləridir.

Aparılan tədqiqat işlərindən biri də “Mübahisəli agentlərin müzakirəsi, rolları və məzmunu” [14] mövzusunda həsr olunmuşdur. Tədqiqat işinin əsas məqsədi ondan ibarətdir ki, avtonom agentlər qərarları, müxtəlif amilləri nəzərə alan kompleks sistem çərçivəsində qəbul etməlidirlər. Ümumiyyətlə, bu struktur dinamik xarakter daşıyır və agent düşdüyü mühitin xüsusi vəziyyətindən təsirlənir. Bu məqalədə sistem üzrə nəticə çıxarmaq üçün agentin özünüdərk etmə prosesini dəstəkləyən, məntiqi çıxarışlara əsaslanan modul verilmişdir. Müasir tədqiqatlar onu göstərir ki, *məntiqi çıxarışlı agent nəzəriyyəsinə* getdikcə daha çox əhəmiyyət kəsb edir. Bir neçə tədqiqat işində də bu istiqamətdə müxtəlif modellər təklif edilmişdir [15-16].

Digər tədqiqat istiqamətlərindən biri də MAS-ın təhsilə tətbiqidir. Ümumilikdə, MAS-ın təhsilə tətbiqi tədris və öyrənmə təcrübələrini artırmaq, əməkdaşlığı və fərdiləşdirməni təşviq etmək və nəticədə bütün səviyyələrdə tələbələr üçün təhsil nəticələrini yaxşılaşdırmaq üçün böyük potensiala malikdir. Təhsildə kollektiv öyrənmə, intellektual repetitorluq sistemləri, sərbəst öyrənmə, adaptiv qiymətləndirmə, resursların bölgüsü, davranışın modelləşdirilməsi və təhlili, simulyasiya edilmiş öyrənmə mühitləri və s. tətbiq edilərək nəticələr alınmışdır. Tədqiq edilən elmi yanaşmalara əsasən söyləyə bilərik ki, təhsil sahəsində tətbiq edilən MAS əsasən maşın öyrənmə texnologiyaları əsasında tətbiq edilmişdir [17]. Tələbələrin professional səviyyəsini proqnozlaşdırmaq üçün tətbiq edilən maşın öyrətmə metod və alqoritmlərini aşağıdakı kimi sistemləşdirə bilərik (cədvəl 1).

Cədvəl 1

Elmi yanaşma	Tədqiqat metodu
Sixhaxa, K., Jadhav, A., & Ajoodha, R. (2022, January). Predicting Student's Performance in Exams Using Machine Learning Techniques. In 2022 12th International Conference on Cloud Computing, Data Science & Engineering (Confluence) (pp. 635-640). IEEE. [20]	LR, SVM, RF, KNN, GNV
Dabhade, P., Agarwal, R., Alameen, K. P., Fathima, A. T., Sridharan, R., & Gopakumar, G. (2021). Educational data mining for predicting students' academic performance using machine learning algorithms. Materials Today: Proceedings, 47, 5260–5267. DOI:10.1016/j.matpr.2021.05.646 [21]	dəstək vektor repressiya xətti alqoritmi
Vuković, I., Kuk, K., Čisar, P., Bandur, M., Bandur, Đ., Milić, N., & Popović, B. (2021). Multi-agent system observer: Intelligent support for engaged e-learning. Electronics (Basel), 10(12), 1370. DOI:10.3390/electronics10121370 [22]	iki müxtəlif maşın öyrənmə alqoritmi
Tomasevic, N., Gvozdenovic, N., & Vranes, S. (2020). An overview and comparison of supervised data mining techniques for student exam performance prediction. Computers & Education, 143, 103676. DOI:10.1016/j.compedu.2019.103676 [23]	DT, SVM, K-NN, NB, RLR, ANN
Xu, J., Moon, K. H., & Van Der Schaar, M. (2017). A machine learning approach for tracking and predicting student performance in degree programs. IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing, 11(5), 742–753. DOI:10.1109/JSTSP.2017.2692560 [24]	maşın öyrənmə metodları
Lakkaraju, H., Aguiar, E., Shan, C., Miller, D., Bhanpuri, N., Ghani, R., & Addison, K. L. (2015, August). A machine learning framework to identify students at risk of adverse academic outcomes. In Proceedings of the 21st ACM SIGKDD international conference on knowledge discovery and data mining (pp. 1909-1918). DOI:10.1145/2783258.2788620 [25]	maşın öyrənmə metodları
Acharya, A., & Sinha, D. (2014). Early prediction of students' performance using machine learning techniques. International Journal of Computers and Applications, 107(1). [26]	C4.5, SMOs, NBs, ən yaxın qonşu, və MLPs

MAS sistemlərinin strukturlaşdırılmış tədqiqatına həsr edilmiş işlərə [18-20] baxmış olsaq görərik ki, daha çox istifadə olunan metod *KNN* metodudur (*k nearest neighbour*) – “k ən yaxın qonşular”. Bu metod problemləri sinifləşdirmək üçün nəzərdə tutulan ML nəzarət alqoritmidir. Metodun əsas ideyası iki nöqtə arasındakı Evklid məsafəsinə əsaslanır. $x = (a,b)$ nöqtəsi sınaq nümunəsindən və $y=(c,d)$ nöqtəsi isə təlim nümunəsindən götürülür.

$$Distance(x, y) = |a - c| + |b - d| = \sqrt{(a - c)^2 + (b - d)^2} \quad (12)$$

Bu alqoritm (12) ifadəsindən istifadə edərək çoxluğa daxil olan digər nöqtələrlə k – (bu nöqtə təsnifatı aparılan nöqtələrdir) nöqtəsi arasındakı məsafəni yoxlayır və bunun əsasında, sinifləndirmə aparılır. Bu halda iddia edilir ki, aralarındakı məsafə ən kiçik olan nöqtələr eyni sinfə daxildir [21].

İstifadə olunan metodlardan digəri SVM- (Support Vector Machine) Dəstək Vektor üsuludur ki, sinifləşdirmə və reqressiya analizi üçün istifadə edilir [23]. Baxılan məsələ üçün bu alqoritm n -ölçülü fəzada bütün məlumat nöqtələrindən istifadə edir (n - məlumat toplusundakı xüsusiyyətlərin sayıdır). Sonra bütün xüsusiyyətləri fərqli siniflərə ayıran n ölçülü hiper müstəvi tapır. Bu proses “kernel” funksiyasından istifadə edilərək tənzimlənir. Belə ki, bu funksiya aşağı ölçülü məlumat nöqtələrini daha yüksək ölçülü fəzalara çevirir. Kernel funksiyalarından ən çox istifadə ediləni qərarların sərhəddini və hiper müstəvi formasını müəyyən etmək üçün istifadə edilən Radial Əsaslı Kernel Funksiyasıdır:

$$K(x, x') = \exp\left(-\frac{\|x-x'\|^2}{2\gamma^2}\right) \quad (13)$$

Burada x, x' ixtiyari iki nöqtə, γ isə dispersiya və hiper parametrdir.

Random Forest (RF) alqoritm [20] də əsasən sinifləşdirmə və reqressiya problemləri üçün istifadə olunan ML alqoritmidir. Bu alqoritm verilmiş məlumatlarından fərqli alt dəstlər yaradır, təsnifat mərhələsi isə səs çoxluğu ilə qəbul edilir. Random Forest-i əksər ML alqoritmlərindən fərqləndirən cəhət onun reqressiya və sinifləşdirmə problemləri üçün davamlı və diskret məlumat toplularını idarə edə bilməsidir.

Logistik reqressiya (RL) sinifləşdirmə modelidir [22]. Baxılan tədqiqat işində ikidən çox mümkün diskret nəticə olduqda istifadə olunan multinomial logistik reqressiyaya diqqət yetirilmişdir. Maşın öyrənməsində məlumat nöqtəsinin hansı sinfə aid olduğunu təxmin etmək üçün biz qərar sərhədi təyin edilir və tənliklə verilən sigmoid dəyər funksiyasından istifadə edərək məlumat toplusunun sözügedən sinfə düşmə ehtimalı əldə edilir:

$$h\theta(x) = \frac{1}{1+e^{-(\beta_0+\beta_1x)}} \quad (14)$$

hansı ki, $[0,1]$ intervalında təxmini bir qiymət qaytarır. Əgər $h\theta \geq 0$ olarsa, həmin məlumat nöqtəsi müvafiq xüsusiyyətə sahibdir. Xətti reqressiyanın dəyər funksiyası aşağıdakı kimidir:

$$J(\theta) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m (h_{\theta}(x^i) - y^i)^2 \quad (15)$$

LR üçün tənliyi- siqmoid dəyər funksiyasından xətti reqressiyanın dəyər funksiyasını almış olarıq.

$$J(\theta) = \frac{1}{m} \sum [y^i \log(h_{\theta}(x(i))) + (1 - y^i) \log(1 - h_{\theta}(x(i)))] \quad (16)$$

2. MAS-ın tətbiq sahələri və problemləri

Süni intellekt və robototexnika: MAS kompleks tapşırıqları birgə yerinə yetirmək üçün robotlar kimi bir çox agentin hərəkətlərini əlaqələndirmək üçün süni intellekt və robototexnikada istifadə olunur. Robototexnikada MAS robot əməllərinin yerinə yetirilməsini təmin etmək üçün böyük imkanlar təklif edir ki, bu da robotun fəaliyyətinin səmərəliliyinin, uyğunlaşmanın və möhkəmliyinin artmasına gətirib çıxarır. Maşın öyrənməsindən istifadə etməklə, robototexnika sahəsində MAS hərəkətlərin koordinasiyasında, məlumat mübadiləsində və dinamik mühitlərə uyğunlaşmada diqqətəlayiq imkanlar nümayiş etdirdi.

Trafikin İdarə Edilməsi və Nəqliyyat: MAS çoxlu nəqliyyat vasitələri və ya işıqforlar arasında koordinasiya yolu ilə nəqliyyat axınının optimallaşdırılması, marşrutların planlaşdırılması və tıxacların qarşısının alınması üçün nəqliyyatın idarə edilməsi sistemlərində istifadə olunur [1]. Bu cür yanaşmalarda agentlərin (avtomobillərin) sayının ixtiyari olması, proses zamanı təsnifatlaşdırma, agentlərin yerinin təyini, öyrənmə alqoritminin və qiymətləndirmə strukturunun seçilməsində geniş imkanlar və s. kimi problemlərin müvəffəqiyyətli həlli MAS-nin tətbiqi perspektivini artırır [4].

Oyun Nəzəriyyəsi və İqtisadiyyatı: MAS auksionlar, sövdələşmələr və bazar simulyasiyaları kimi strateji şəraitlərdə çoxsaylı agentlərin qarşılıqlı əlaqəsini və davranışlarını öyrənmək üçün oyun nəzəriyyəsi və iqtisadiyyatında istifadə olunur [24, 25]. Oyunçuların oyun prosesində eyni vaxtda qərar qəbul edib-etməsinə görə, onları statik oyunlar və dinamik oyunlar kimi təsnif etmək olar. Eyni zamanda oyunçuların oyun prosesi haqqında məlumat toplanmalarına görə, onları mükəmməl informasiya oyunları və qeyri-kamil informasiya oyunları və s. kimi təsnif etmək olar. Ümumi standartlaşdırma oyunu üçün aşağıdakı formal tərif verilir:

$$G = \langle N, \{a_i\}_{i=1}^n, u_i\}_{i=1}^n \rangle \quad (17)$$

Burada N oyunçular massividir, n oyunçuların sayını bildirir, a_i - oyunçunun toplantıya yanaşmasını bildirir, u_i - oyunçunun ödəmə mexanizmini bildirir.

Ağıllı Şəbəkələr və Enerji İdarəetmə: MAS enerji paylanması və istehlakını optimallaşdırmaq üçün bərpa olunan enerji generatorları və saxlama sistemləri kimi bir çox enerji mənbələrinin hərəkətlərini əlaqələndirmək üçün smart şəbəkələrdə tətbiq edilir [7].

Səhiyyə: MAS səhiyyədə iş axınlarının modelləşdirilməsi və optimallaşdırılması, xəstələrin cədvəli, xəstəxanalarda və səhiyyə müəssisələrində resurs bölgüsü üçün tətbiq edilmişdir. Diaqnoz tətbiqlərinin həyata keçirilməsi üçün MAS-dan istifadə edilərək maraqlı layihələr həyata keçirilmişdir.

3. MAS-ın çatışmazlıqları və həll yolları

Tədqiqat zamanı MAS –in üstünlükləri, perspektivləri, tədqiqatlarda alınan uğurlu nəticələr və s. müşahidə edilsədə, bu sahənin çatışmayan xüsusiyyətləri ilə qarşılaşma qaçılmazdır. Ön plana çəkilməli olan əsas məsələlərdən biri və ən vacibi mürəkkəblidir: MAS-ın layihələndirilməsi, həyata keçirilməsi və idarə edilməsi çoxsaylı agentlər arasında qarşılıqlı əlaqə və asılılıqlara görə mürəkkəb bir struktur formalaşdırır. Bu mürəkkəblilik agentlərin sayı artdıqca artacaqdır ki, bu da kompleks həll tələb edir. Agentlər üçün əsas üstün xüsusiyyətlərdən biri agentlər arasında düzgün koordinasiyanın

qurulmasıdırsa, çoxsaylı agentlər arasında bu prosesin həyata keçirilməsi eyni zamanda maddi tələbləri də artıracaq. Bu isə nəticədə səmərəsizliyə səbəb olacaqdır. MAS-ın qeyri-mərkəzləşdirilmiş təbiəti bəzən mərkəzləşdirilmiş yanaşmalarla müqayisədə, xüsusilə yüksək koordinasiya edilmiş tapşırıqlar və ya resursların məhdud olduğu mühitlərdə optimal olmayan fəaliyyətə səbəb ola bilər. Effektiv MAS-ın layihələndirilməsində fəaliyyət münasibətlərinin tarazlaşdırılması vacibdir.

4. MAS-ın proqram təminatı- SOFTWARE

MAS- öyrənilməsi və tətbiqi üçün bir neçə proqram platforması və <<freymwork>>ü mövcuddur. Müxtəlif sahələr və məqsədlər üçün nəzərdə tutulan bu platformalardan JADE, MATLAB MAS toolBOX, NetLogo və s. kimi platformaları misal göstərmək olar. JADE (Java Agent DEvelopment Framework) - Java-da MAS analiz etmək üçün geniş istifadə olunan açıq mənbəli proqram təminatıdır. O, agentləri, agent rəhbərliyini və agent idarəçiliyini həyata keçirmək üçün bir sıra alətlər və kitabxanalar təqdim edir. JADE müxtəlif kommunikasiya protokollarını və agent davranışlarını dəstəkləyir, bu da onu geniş MAS proqramları üçün uyğun edir [26].

İstifadə olunan proqram platformalarından biri də <<NetLogo>>-dur. NetLogo istifadəçilərə agentlərdən istifadə edərək mürəkkəb sistemlər yaratmağa və simulyasiya etməyə imkan verən agent əsaslı modelləşdirmə platforması və mühitidir. O, istifadəsi asan interfeys və agent əsaslı modelləşdirmə üçün uyğunlaşdırılmış proqramlaşdırma dilini təmin edir. NetLogo sosial elmlər, biologiya və iqtisadiyyat da daxil olmaqla müxtəlif sahələrdə MAS modelləşdirilməsi və simulyasiyası üçün tədqiqat və təhsildə geniş istifadə olunur.

REFERENCES

1. R. Campos-Rodriguez, Gonzalez-Jimenez, et al. Multi-agent Systems in Automotive Applications// <http://dx.DOI.org/10.5772/intechopen.69687>
2. Christian Blad, Simon Bøgh and Carsten Kallesoe A Multi-Agent Reinforcement Learning Approach to Price and Comfort Optimization// <https://DOI.org/10.3390/en14227491>, HVAC-Systems 2021
3. Adrian K. Agogino A Multi-agent Approach to Managing Air Trac Flow //,University of California, Santa Cruz Kagan Tumer, Oregon State University , DOI:[10.1109/MIS.2009.10](https://doi.org/10.1109/MIS.2009.10), 2012
4. T. Wei, Y.Wang; Q. Zhu. Deep reinforcement learning for building HVAC control. // Proceedings of the 54th Annual Design Automation Conference 2017, Austin, TX, USA, 18–22 June 2017; DOI:[10.1145/3061639.3062224](https://doi.org/10.1145/3061639.3062224), pp. 1–6.
5. Il-Seok Choi, Akhtar Hussain, Van-Hai Bui and Hak-Man Kim A Multi-Agent System-Based Approach for Optimal Operation of Building Microgrids with Rooftop Greenhouse// // Department of Electrical Engineering, Incheon National University, 12-1 Songdo-dong, Yeonsu-gu, Published: 2018, DOI:[10.3390/en11071876](https://doi.org/10.3390/en11071876)
6. A. Bernardo, H. Huberman and Scott Clearwater. A Multi-agent system for controlling building environments. //In Victor Lesser, editor, Proceedings of the First International Conference on Multi-agent Systems, San Francisco, CA 94304, 1995. MIT Press. pp 171-176.

7. Kim, H.M.; Lim, Y.J.; Kinoshita, T. An intelligent Multi-agent system for autonomous microgrid operation. *Energies* 2012, 5, pp.3347–3362. DOI:[10.3390/en5093347](https://doi.org/10.3390/en5093347)
8. S.Dj McArthur, E.M Davidson, V.M Catterson, et al. Multi- agent systems for power engineering applications // part I: concepts, approaches, and technical challenges. *IEEE Trans Power Syst.* 2007 Nov;22(4):pp.1743–1752, DOI:[10.1109/TPWRS.2007.908471](https://doi.org/10.1109/TPWRS.2007.908471).
9. S.Dj McArthur, E.M Davidson, V.M Catterson, et al. Multi-agent systems for power engineering applications //part II: technologies, standards, and tools for building multi-agent systems. *IEEE Trans Power Syst.* 2007 Nov;22(4):pp.1753–1759, DOI:[10.1109/TPWRS.2007.908472](https://doi.org/10.1109/TPWRS.2007.908472).
10. V.M Catterson, E.M Davidson, S.Dj McArthur. Practical applications of multi-agent systems in electric power systems. //*Eur Trans Electr Power.* 2012;22(2):pp.235–252, DOI:[10.1002/etep.619](https://doi.org/10.1002/etep.619).
11. Kristina Lerman. Design and Mathematical Analysis of Agent-based Systems //Information Sciences Institute//University of Southern California Marina del Rey, CA 90292, USA
12. S. Parsons, Carles Sierra, and Nick Jennings. Agents that reason and negotiate by arguing. //*Journal of Logic and Computation*, 8(3):, DOI:10.1093/logcom/8.3.261, June 1998. pp. 261-292
13. L. Amgoud, N. Maudet, and S. Parsons. Modelling dialogues using argumentation. //ICMAS-00, pp. 31-38, 2000, DOI:[10.1016/j.artint.2008.11.006](https://doi.org/10.1016/j.artint.2008.11.006).
14. L. Amgoud and S. Parsons. Agent dialogues with conflicting preferences. //ATAL01, 2001, DOI:[10.1007/3-540-45448-9_14](https://doi.org/10.1007/3-540-45448-9_14).
15. L. Amgoud, S. Parsons, and N. Maudet. Arguments, dialogue and negotiation. //ECAI-00, pp. 338-342, 2000.
16. S. Kraus, K. Sycara, and A. Evenchik. Reaching agreements through argumentation: a logical model and implementation. //*Artificial Intelligence*, 104, pp. 1-69, 1998, DOI:[10.1016/S0004-3702\(98\)00078-2](https://doi.org/10.1016/S0004-3702(98)00078-2).
17. S. Parsons, C. Sierra, and N.R. Jennings. Agents that reason and negotiate by arguing. //*Logic and Computation* 8 (3), pp.261-292, 1998, DOI:[10.1023/A:1008746126376](https://doi.org/10.1023/A:1008746126376).
18. K. Sycara. Argumentation: Planning other agents' plans. // *IJCAI-89*, pp. 517-523, 1989.
19. A Review M. Nazir. Students' Performance Prediction in Higher Education Using Multi-Agent Framework Based Distributed Data Mining Approach: Universiti Malaysia //*International Journal of Virtual and Personal Learning Environments*, 2023, DOI:[10.4018/IJVPLE.328772](https://doi.org/10.4018/IJVPLE.328772)
20. K. Sixhaxa, A. Jadhav, R. Ajoodha. Predicting Student's Performance in Exams Using Machine Learning Techniques. // 12th International Conference on Cloud Computing, Data Science & Engineering Confluence, pp. 635-640. 2022, DOI:[10.2991/978-94-6463-136-4_63](https://doi.org/10.2991/978-94-6463-136-4_63)
21. P. Dabhade, , R. Agarwal, , K. P. Alameen,et.al. Educational data mining for predicting students' academic performance using machine learning algorithms. //*Materials Today: Proceedings*, 47, 5260–5267., 2021.05.646, . DOI:10.1016/j.matpr.
22. I. Vuković, , K. Kuk, , P. Čisar, et.al. Multi-agent system observer: Intelligent support for engaged e-learning. //*Electronics (Basel)*, 10(12), 1370.DOI:10.3390/electronics10121370

23. N. Tomasevic, , N. Gvozdenovic, , S. Vranes. An overview and comparison of supervised data mining techniques for student exam performance prediction. //Computers & Education, 143, 103676. DOI:10.1016/j.compedu.2019.103676
24. J. Xu, , K Moon. H., & M. Van Der Schaar. A machine learning approach for tracking and predicting student performance in degree programs. //IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing, 11(5), pp.742–753. DOI::10.1109/JSTSP.2017.2692560
25. H Lakkaraju., , E. Aguiar, C. Shan, et.al. A machine learning framework to identify students at risk of adverse academic outcomes. In Proceedings of the 21st ACM SIGKDD international conference on knowledge discovery and data mining (pp. 1909-1918). DOI:10.1145/2783258.2788620
26. A. Acharya, D. Sinha . Early prediction of students' performance using machine learning techniques. //International Journal of Computers and Applications, 107(1), DOI:[10.5120/18717-9939](https://doi.org/10.5120/18717-9939)

MODERN PROBLEMS OF RESEARCH AND APPLICATION OF MULTI-AGENT SYSTEMS IN ASSESSMENT OF COLLECTIVE ACTIVITY

Aghayev N.B., Amirkhanli D.Sh., Amanov R. Sh.

National Aviation Academy

Currently, the most widely used approach to modeling complex systems are models built using multi-agent systems that, the models play a major role in the field of Artificial Intelligence. Agents are the main element in these models. The order of solving problems is distributed according to a set of rules between agents included in a certain team. Agent systems have properties that allow learning such phenomena as self-organization and collective intelligence. These features allow using Multi-Agent Systems with equal success in both scientific-theoretical and practical-applied research. With the help of MAS, it is possible to find simpler and more uniform solutions for solving complex problems. Multi-agent systems (MAS) are an interesting area of research in artificial intelligence and computer science. They involve numerous autonomous agents interacting in an environment to achieve individual or collective goals. The article analyzes scientific works devoted to scientific-theoretical and technical-practical problems and solved with the help of MAS. The shortcomings of multi-agent systems are investigated and solutions are proposed. Based on the results obtained, a scientifically substantiated interpretation of modern and traditional methods is given. It is shown that mainly scientific works offer methods for making decisions in the direction of modern scientific-technical problems. The article also analyzes research works devoted to the application of IT methods and tools using MAS, and studies control and forecasting models using neural networks and intellectual methods.

Key words: *Multi-agent systems, agent, membership function, Q-learning methodology, student agent, membership function of behavior, labor market, BEMS (building energy management system).*

Rəyçilər: *t.e.d., prof., AMEA-nın müxbir üzvü İsmayilov İ.M.*

t.e.d., AMEA-nın müxbir üzvü Əliquliyev R.M.

Müəlliflər haqqında məlumat

Soyadı, adı, atasının adı	İş yeri	Vəzifəsi, elmi dərəcəsi, elmi adı	Əlaqə
Ağayev Nadir Bafadin oğlu	Milli Aviasiya Akademiyası	“Kompüter sistemləri və proqramlaşdırma” kafedrası, t.e.d, prof.	nadiraghayeva@naa.edu.az mob: (+994) 50 372-57-01
Əmirxanlı Dürdanə Şahin qızı	Milli Aviasiya Akademiyası	“Kompüter sistemləri və proqramlaşdırma” kafedrası, doktorant	damirhanli@naa.edu.az mob: (+994) 51 419-50-07
Amanov Rəşad Şahlar oğlu	Milli Aviasiya Akademiyası	“Kompüter sistemləri və proqramlaşdırma” kafedrasının müəllimi	ramanov@naa.edu.az mob: (+994) 70 860-30-70

HÜQUQ

UOT: 342

DOI:10.30546/EMNAA.2025.27.02.230

CİNAYƏT PROSESİNDƏ ÇƏKİŞMƏ PRİNSİPİNİN KONSTITUSION-HÜQUQİ TƏHLİLİ

Qədirov A. X.

Milli Aviasiya Akademiyası

Bu məqalənin yazılmasının məqsədi çəkişmə prinsipinin anlayışı, mahiyyəti və xüsusiyyətləri ilə bağlı məsələlər araşdırmaqdan ibarətdir. Eyni zamanda qeyd etmək lazımdır ki, məqalədə çəkişmə prinsipinin cinayət-prosessual fəaliyyət daxilində insan və vətəndaşların konstitusion hüquq və azadlıqlarının təmin edilməsindəki rolu ilə bağlı məsələ xüsusi qaydada müqayisəli təhlillər aparılmaqla öyrənilmişdir. Həmçinin, çəkişmə prinsipi tərəflərin hüquq bərabərliyi prinsipi ilə qarşılıqlı təhlili araşdırılmaqla çəkişmə prinsipinin yerinə yetirilməsi zamanı müdafiə və ittiham tərəfinin maraqlarının müdafiə edilməsinin konstitusion hüquqi əsasları müəyyən edilməyə çalışılmışdır. Eyni zamanda çəkişmə prinsipi zamanı tərəflərin prosesdə öz mövqelərini ifadə etmək imkanının reallaşdırılması istiqamətində də çəkişmə prinsipinin xüsusiyyətləri ətraflı və geniş şəkildə təhlil edilmişdir.

İnsan hüquq və azadlıqlarına təsiri baxımından cinayət prosesi tənzimlənməsinə ən çox zərurət olan hüquq sahələrindən biridir. Bu cür tənzimləmə isə konstitusion normalara uyğun şəkildə həyata keçirilməlidir. Konstitusion normalar cinayət prosesinin prinsiplərində öz əksini tapır və bununla da digər normalar üçün ilkin müddəalar rolunu oynayır. Cinayət prosesinin belə prinsiplərindən biri isə çəkişmə prinsipidir. Müəllif tərəfindən hazırkı məqalədə cinayət prosesində çəkişmə prinsipinin konstitusion-hüquqi təhlili aparılmışdır. Bu zaman müəllif nəzəri ədəbiyyatlara, eləcə də məhkəmə qərarlarına geniş şəkildə istinad etmiş, öz fikirlərini irəli sürmüşdür.

Yeni cinayət-prosessual qanunvericiliyimizin ən önəmli xüsusiyyətlərindən biri kimi cinayət mühakimə icraatına çəkişmə institutunun gətirilməsi ilə bağlı məsələlər araşdırılmışdır. Çəkişmə prinsipi sonradan qəbul edilmiş müxtəlif prosesual qanunvericilik aktlarında da təsbit edilmişdir.

Milli cinayət-prosessual qanunvericilik islahatlarının gedişində onun müəllifləri AR Cinayət Prosesual Məhkəməsinin CPM-in müddələrinin beynəlxalq standartlara müvafiq surətdə daha da təkmilləşdirilməsi və demokratikləşdirilməsi yolu ilə getdilər. Beləliklə, çəkişmə proseduralarının mühakimə icraatına daxil edilməsi cinayət-prosessual qanunvericilik islahatlarının mühüm elementlərindən biri oldu və prosesin gedişində hakimin, prokurorun və vəkilin rolunu əhəmiyyətli dərəcədə dəyişdi. CPM cinayət prosesində ittiham və müdafiə tərəflərinin çəkişməsinin cinayət mühakimə icraatının əsas prinsip və şərtlərinə aid etdi.

Ümumiyyətlə, çəkişmə prinsipi cinayət mühakimə icraatının prinsipi kimi AR Konstitusiyasının 127-ci maddəsinin VII hissəsində, "Mülki və siyasi hüquqlar haqqında" Paktın 14.3-cü maddəsində və AİHK-in 6.3-cü maddəsində təsbit edilmişdir.

Açar sözlər: çəkişmə prinsipi, Cinayət-Prosessual Məcəllə, cinayət prosesi, məhkəmə, bərabərlik.

Bərabərlik şəxsi bir hüquq olmaqdan çox, bir prinsip kimi çıxış edir. Bəzi hüquqlar prinsip xarakterində ola bilərlər. Bərabərlik Konstitusiyanın ümumi strukturunu müəyyən edən prinsiplərdən biri olaraq dövlət orqanları və idarələrinə bərabər münasibət göstərmələri barəsində verilmiş bir əmr xarakteri daşıyır. Bərabərlik prinsipi konstitusion hüquqi tənzimləmədən irəli gələrək cinayət-prosessual hüquqda da müəyyən edici ölçü kimi böyük əhəmiyyət kəsb edir. Bu ölçüyə görə hüquqi münasibətdə tərəf olanların eyni rəftar görməsi zəruridir [1, s. 13]. Müasir konstitusiyalarda bərabərlik subyektiv bir hüquq olaraq da müəyyən edilə bilər. Əslində hüquq olaraq da götürülən bərabərlik, prinsip olaraq bərabərlik fikrindən bəhrələnir.

Qanun qarşısında bərabərlik həm maddi hüquq, həm də prosessual hüquq normalarında təzahür edə bilər.

Qeyd etmək lazımdır ki, ittiham tərəfi və müdafiə tərəfi arasında da müəyyən fərqliliklər mövcud ola bilər. Bu fərqliliklər tərəfin daşımaları olduğu vəzifədən irəli gələrək müəyyən olunur. Lakin konstitusion tələblərdən biri odur ki, məhkəmə cinayət prosesi tərəflərinə münasibətdə tərəfsizliklə hərəkət etməli və fəaliyyət göstərməlidir. Həmçinin məhkəmə tərəfindən dövlət ittihamçısına hüquq və vəzifələrinin xatırladılmamasına baxmayaraq, təqsirləndirilən şəxsə malik olduğu hüquqların məhkəmə tərəfindən xatırladılması mühakimə icraatında bərabərliyin təmin edilməsinə xidmət göstərən bir tələbdir. Buradan belə bir nəticə ortaya çıxır ki, bərabərlik anlayışının tərkib elementlərindən biri tərəflərin bərabərliyidir. Bu, “silahların bərabərliyi” kimi də adlandırılır. “Silah” dedikdə, prosessual imkan və vasitələr nəzərdə tutulur. Silahların bərabərliyi ilə tərəflərin bərabərliyi ifadələri əsasən eyni mənada işlədilir. Tərəflərin bərabərliyi özünü qanunvericilikdə tərəflərin çəkişməsi kimi göstərir. Ədalət mühakiməsinin aparılması zamanı çəkişmə prinsipinə riayət edilməsi də konstitusion bir tələbdir.

Baxılan işdə ədalətli yekun nəticəyə gələ bilmək üçün mübahisəni araşdıran məhkəmə tərəfsiz və müstəqil olmalı, işə qərəzsiz baxmalıdır. Bu o deməkdir ki, məhkəmə iş üzrə tərəflərdən heç birini – nə ittiham tərəfini, nə də müdafiə tərəfini – üstün tutmamalı, işə faktlar və qanun əsasında baxmalıdır. Ancaq sübutetmə, prosessual vasitə və imkanlar baxımından tərəflər eyni olmaya bildiklərinə görə, deməli, tərəflərin bərabərliyi faktiki olaraq pozulduğu halda, daha zəif və gücsüz vəziyyətdə olan tərəfə qanun kömək etməli, pozulmuş tarazlığı bərpa etməlidir [2, s.171].

Silahların bərabərliyi prinsipinin digər əsas prosessual hüquqlarla yaxın bir əlaqəsinin olması inkar edilə bilməz. Başda silahların bərabərliyi olmaqla, əsas prosessual hüquqların köklərini insan şərafətində, hüquq dövləti və bərabərlik prinsiplərində axtarmaqdan təbii bir şey ola bilməz. Belə ki, silahların bərabərliyi prinsipi ilə bərabərlik, ədalətli məhkəmə araşdırması və onun bir ünsürü olan dinlənilmə hüququ arasında daha sıx bir əlaqə vardır.

Bərabərlik prinsipi ədalətə uyğun mühakimə çərçivəsində silahların bərabərliyi prinsipi olaraq qarşımıza çıxır. Hüquq və vəzifələr yönündən tərəflər arasında tam bir bərabərlik və tarazlıq mühakimə icraatı boyunca təmin edilməli və qorunmalıdır. Tərəflərin mühakimə icraatı zamanı müxtəlif səbəblərdən qaynaqlanan fərqlilikləri meydana çıxara bilər. Xüsusilə də, dinlənilmə hüququ bu yöndəki maneələri və doğurduğu bərabərsizliyi bərpa etmək üçün tədbirlərin görülməsini tələb edir [3, s. 60].

Yeni cinayət-prosessual qanunvericiliyimizin ən önəmli xüsusiyyətlərindən biri də cinayət mühakimə icraatına çəkişmə institutunun gətirilməsi ilə bağlıdır. Belə ki, Konstitusiyanın qəbul edilməsi ilə özünün konstitusion təminatını əldə etmiş çəkişmə prinsipi sonradan qəbul edilmiş müxtəlif prosessual qanunvericilik aktlarında da təsbit edilmişdir.

Milli cinayət-prosessual qanunvericilik islahatlarının gedişində onun müəllifləri AR CPM-in müddələrinin beynəlxalq standartlara müvafiq surətdə daha da təkmilləşdirilməsi və demokratikləşdirilməsi yolu ilə getdilər. Beləliklə, çəkişmə proseduralarının mühakimə icraatına daxil edilməsi cinayət-prosessual qanunvericilik islahatlarının mühüm elementlərindən biri oldu və prosesin gedişində hakimin, prokurorun və vəkilin rolunu əhəmiyyətli dərəcədə dəyişdi. CPM cinayət prosesində ittiham və müdafiə tərəflərinin çəkişməsini cinayət mühakimə icraatının əsas prinsip və şərtlərinə aid etdi.

Ümumiyyətlə, çəkişmə prinsipi cinayət mühakimə icraatının prinsipi kimi AR Konstitusiyasının 127-ci maddəsinin VII hissəsində, “Mülki və siyasi hüquqlar haqqında” Paktın 14.3-cü maddəsində və AİHK-in 6.3-cü maddəsində təsbit edilmişdir.

Azərbaycan Respublikası Konstitusiya Məhkəməsinin Plenumu da qeyd edir ki, cinayət prosesində zərər çəkmiş cinayətin açılmasında, iş üzrə həqiqətin müəyyən edilməsində, təqsirləndirilən şəxsin ifşa olunmasında, onun əməlinin düzgün tövsif edilməsində və törədilmiş cinayətə görə ədalətli cəzanın təyin edilməsində maraqlı şəxs olmaqla yanaşı təqsirləndirilən şəxsə qarşı duran tərəf qismində çıxış edir. Bu işə məhkəmədə işə baxılarkən çəkişmə və tərəflərin hüquq bərabərliyinin təmin edilməsini, onlara öz maraqlarını müdafiə etmək üçün kifayət qədər prosessual səlahiyyətlərin verilməsini tələb edir. Məhkəmə icraatının çəkişmə prinsipi əsasında həyata keçirilməsi Konstitusiyada (maddə 127) və Cinayət-Prosessual Məcəlləsində öz əksini tapmışdır (maddə 32). Cinayət-Prosessual Məcəlləsinin göstərilən maddəsində qeyd edilmişdir ki, Azərbaycan Respublikasında cinayət mühakimə icraatı ittiham və müdafiə tərəfinin çəkişməsi əsasında həyata keçirilir. Çəkişmə hüququ çəkişən tərəflərin mövqeyi və tələblərini əsaslandırmaq üçün bərabər vasitələr və imkanlardan istifadə etmək, digər tərəfin mövqeyi və tələbləri ilə razı olmamaq hüququnun tanınmasını nəzərdə tutur [4].

Qanunverici tərəfindən cinayət mühakimə icraatının çəkişmə prinsipinə müvafiq olaraq həyata keçirilməsinin müəyyənləşdirilməsi, tərəflərin müəyyən hədlərdə prosessual müstəqilliyinin təmin olunmasına, onların prosessual mövqe və məqsədlərinin konkretləşdirilməsinə, həmçinin prosessual funksiyaların tarazlaşdırılmasına yönəlmişdir. İttiham və müdafiə tərəflərinin çəkişməsi cinayət mühakimə icraatının bütün mərhələlərini əhatə edir və məhkəmə tərəfindən qanuni, əsaslı və ədalətli hökm çıxarılmasına şərait yaradır [5].

Çəkişmə prinsipi ilə bağlı hüquq ədəbiyyatlarında söylənilən bəzi fikirlər maraqlıdır. Bəzi müəlliflər qeyd edir ki, çəkişmə prinsipi ədalətli, tərəflərin hüquqlarının və qanuni mənafelərinin qorunması baxımından hüquqi və qanunauyğun qərarın çıxarılmasına xidmət edir [6, s. 254-255]. Hesab edirik ki, qeyd edilən mövqe çəkişmə prinsipinin mahiyyətinin və məzmununun daha dərinləndirilməsinə imkan verməsə də, onun hansı məqsədə xidmət etməsinin müəyyən edilməsi baxımından önəm daşıyır.

M.Qasımova isə qeyd edir ki, “*konstitution prinsip olaraq çəkişmə prinsipi cinayət prosesində yolverilməz ziddiyyətlərin aradan qaldırılmasını təmin edir*” [7, s. 45]. Bu mövqeyə əsasən, fikrimizcə, müəllif qeyd etmək istəyir ki, çəkişmə prinsipinin mahiyyətinə uyğun şəkildə tətbiqi cinayət prosesi zamanı hüquqdan sui-istifadə hallarının miqyasının azaldılmasına yardım etmiş olacaqdır.

Cinayət mühakimə icraatının çəkişmə prinsipi əsasında qurulması cinayət prosesinin tərəflərinə onlara məxsus olan hüquqların həyata keçirilməsində bərabər imkanlar yaradır. Cinayət mühakimə icraatında çəkişmə prinsipinin mahiyyəti ondan ibarətdir ki, müdafiə və ittiham funksiyası

tamamilə bir-birindən ayrılmışdır, məhkəmə cinayət işinə və ya digər materiallara baxılması və işin və ya digər materialların həll edilməsi zamanı tərəflərin fikirləri ilə bağlı deyildir [8, s. 88].

Qanunverici tərəfindən cinayət mühakimə icraatının çəkişmə prinsipinə uyğun həyata keçirilməsinin təsbiti müəyyən hədlər daxilində tərəflərin prosessual müstəqilliyinin təmin edilməsinə, onların prosessual mövqə və məqsədlərinin konkretləşdirilməsinə, habelə tərəflərin prosessual funksiyalarının tarazlaşdırılmasına yönəlmişdir. Beləliklə, ittiham və müdafiə tərəflərinin çəkişməsi məhkəmənin qanuni, əsaslandırılmış və ədalətli hökm çıxarması üçün şərait yaradır [9; s.95].

Çəkişmə prinsipinin mahiyyətində “silahların bərabərliyi” ideyası dayanır. Silahların bərabərliyi prinsipi tərəflərə qarşı tərəfə münasibətdə özlərini “zəif” vəziyyətə salmayan şərtlərdə mövqelərini təqdim etmələri üçün zəruri olan şəraitin təmin edilməsini tələb edən bir prinsipdir. Bu prinsip cinayət mühakiməsini həyata keçirən məhkəmənin qarşısında prosesin tərəfləri arasında sahib olunan hüquq və vəzifələr baxımından prosessual bərabərliyin yaradılmasını və həmçinin sözügedən hüquq və vəzifələrin təmsalında bu tarazlığın cinayət mühakiməsi ərzində qorunmasını, habelə şübhəli və təqsirləndirilən şəxsin hüquqları ilə ittihamçının sahib olduğu səlahiyyətlər arasında bir tarazlığın təmin edilməsini ifadə edir. Çəkişmə prinsipi tərəflər arasında tam bərabərliyi nəzərdə tutmur, sadəcə tərəflərin hüquq və səlahiyyətləri arasında bir mütənasibliyin təmin olunmasına xidmət edir [10, s. 5].

Bir sıra müəlliflər qeyd edir ki, ittiham və müdafiə tərəflərinin çəkişmə prinsipinə əsaslanaraq sübut etmə prosesində iştirak etmələri üçün bərabər imkanlar iki qanuni yolla təmin edilə bilər:

1) cinayət prosesini həyata keçirən orqanların apardığı istintaqa alternativ olaraq müdafiə tərəfinin istintaq aparması (Hal-hazırda qanunvericiliyin bu istiqamətdə irəlilədiyini müşahidə edirik. Belə ki, müdafiə tərəfinin sübut toplamaq imkanının və özəl ekspertiza müəssisələrinin yaradılması bu istiqamətdə atılmış addımlardandır);

2) tərəflərin müstəqil sübut toplamaq hüququndan məhrum edilməsi (bu halda sübutları götürmək və qeyd etmək səlahiyyəti müstəqil üçüncü tərəfə - məhkəmə müstəntiqinə və ya hakimə verilir) [11].

AİHK-in 6-cı maddəsinin 1-ci hissəsində ədalətli mühakimə olunma hüququ çərçivəsində silahların bərabərliyi anlayışından da istifadə edildiyi görünür. Həmin maddədən bu hüququn təqsirləndirilən şəxslər ilə ittiham tərəfi arasında formal prosessual bərabərlik şəkildə nəzərdə tutulduğu anlaşılır. Əslində AİHK-də silahların bərabərliyi kimi bir ifadə açıq formada nəzərdə tutulmamışdır. Ancaq ədalətli mühakimənin ünsürlərini tənzimləyən 6-cı maddənin 1-ci bəndində yer alan “işin ədalətli araşdırılması” anlayışının zaman içərisində AİHM-in vermiş olduğu qərarlar nəticəsində silahların bərabərliyi prinsipinin əsasını formalaşdırdığı qəbul edilmişdir.

Ümumiyyətlə, cinayət mühakimə icraatında tərəflər dedikdə, ittiham və müdafiə tərəfi anlaşılır. Cinayət mühakimə icraatında silahların bərabərliyi prinsipi mühakimə zamanı ittiham tərəfi ilə müdafiə tərəfi arasındakı səlahiyyətlər baxımından bir tarazlığın olması zərurətini ifadə edir. Bu cür tarazlıq və bərabərlik Konvensiyanın 6-cı maddəsinin ruhunda vardır. Həmin maddə ilə nəzərdə tutulmuş hüquqlardan prosesin hər iki tərəfinin bərabər şəkildə yararlanma bilməsi baxımından mütənasib tarazlığın yaradılması silahların bərabərliyi prinsipinin əsasıdır.

Silahların bərabərliyi ifadəsi cinayət-prosessual hüququn qədim tətbiq mexanizmlərindən birini xatırladır. Belə ki, bu ifadə ittihamçının əlinə silah alaraq təqsirləndirilən şəxslə duel etməsi ənənəsinin müasir hüquq düşüncəsindəki təzahürüdür. Cinayət istinad edilən və ittiham edən

zirehlərlə qurşanaraq ən yaxşı atlarına minib nizələrini havada tutaraq bir-birilərinə sürətlə yaxınlaşır və həyatları üçün mübarizə edirdilər. Yarışma sübhçağı başlayır və yarışma iştirakçılarında biri öldükdə, ləyaqətinin alçalacağını nəzərə alaraq mübarizədən imtina etdikdə və ya gecə olduqda ədalətin bərpa olunduğuna dair hökm verilir və mühakimə başa çatır [12; s.43-44].

Müasir hüquq sistemi döyüşün və digər bu cür metodların yerini aldı və bugünkü ədalət sistemi həqiqətin vəkillər (hüquqşünaslar) arasındakı mübarizə ilə ortaya çıxacağı ehtimalı üzərində quruldu. Artıq özünün müasir anlamında bu prinsip məhkəmə iclaslarındakı prosesin tərəflərinin bərabər bacarıq və ya mənbələrə sahib olmasını deyil, mövqelərini açıqlamaq və təqdim etmək üçün bərabər “silahlarla” təmin edilmiş olmalarını tələb edir.

Məhkəmə praktikasına nəzər saldıqda görürük ki, AİHM “silahların bərabərliyi” ifadəsini ilk dəfə olaraq Neumeister Avstriyaya qarşı iş üzrə qərarında istifadə etmişdir [13]. Ancaq bu qərar silahların bərabərliyi prinsipinin pozulması ilə bağlı bir nəticə olmadığına görə bu prinsipin anlayışı da verilməmişdir. Həmin işdə ərizəçi həbslə bağlı qərarların özünün və müdafiəçisinin yoxluğunda və ittihamçının fikri dinləndikdən sonra verilməsinin silahların bərabərliyi prinsipinə zidd olduğunu və Konvensiyanın 5.4-cü maddəsini pozduğunu irəli sürmüşdür. Məhkəməyə görə, silahların bərabərliyi prinsipi 6-cı maddədəki işin ədalətli araşdırılması şərtinin tərkibində yer aldığından 5-ci maddə baxımından edilən müraciətə tətbiq edilməyəcəkdir. Göründüyü kimi, bu qərar silahların bərabərliyi prinsipi baxımından bir pozuntu təsbit edilməsə də, belə bir prinsipin mövcudluğu qəbul edilmişdir.

Lakin Neumeister qərarı “Konvensiyanın 5-ci maddəsi çərçivəsində baxılan işlərdə silahların bərabərliyi prinsipi mübahisə mövzusu ola bilməz” kimi şərh edilməməlidir. Belə ki, AİHM 24.09.2004-cü il tarixli Frommelt Lixtenşteynə qarşı iş üzrə qərarında qeyd etmişdir ki, Konvensiyanın 5.4-cü maddəsi ilə əlaqədar hallarda hər zaman Konvensiyanın 6.1-ci maddəsində nəzərdə tutulmuş cinayət və mülki mühakimə ilə bağlı təminatlarla riayət edilməsi tələb olunmamasına baxmayaraq, maraqlı şəxsin ən azından məhkəmə qarşısına çıxarılması və şəxsi olaraq və ya zəruri olduqda təmsilçisi vasitəsilə dinlənməsi hüququ təmin edilməlidir. Bununla yanaşı, dindirmə ədalətli xarakter daşmalı və çəkişməli mühakimə aparılmalıdır. Belə ki, prokurorluq və həbs olunmuş şəxs arasında “tərəflər arasında silahların bərabərliyi” prinsipinə riayət edilməlidir [14]. Silahların bərabərliyi prinsipinə bir tərəfi prosesin digər tərəfi qarşısında zəif vəziyyətə salmayacaq şərtlərdə, hər bir tərəfin sübutları da daxil olmaqla, mövqeyini ortaya qoymaq üçün əqləbatan bir imkana malik olması kimi anlayış verilmişdir [15].

Ümumiyyətlə, silahların bərabərliyi prinsipi ilə bağlı aşağıdakı bəzi ümumi nəticələrə gəlmək mümkündür:

1) Cinayət mühakimə icraatında təqsirləndirilən şəxs ilə ittihamçı bərabər vəziyyətdə olmalıdır. İttiham tərəfindən məhkəməyə təqdim edilmiş bütün sənədlər qarşı tərəfin münasibətini bildirməsi üçün təqsirləndirilən şəxsə də verilməlidir.

2) Şahidlər eyni şərtlər daxilində dinlənilməlidir.

3) İcraatda olan bir işə müdaxilə edərək ittiham tərəfinin xeyrinə vəziyyət yaratmaq silahların bərabərliyinə ziddir.

Deməli, çəkişməli mühakimə prinsipi tərəflərin işin icraatı zamanı milli məhkəmənin qərarına təsir etmək məqsədi ilə təqdim edilən dəlillərin və yanaşmaların hər biri haqqında məlumat sahibi olması və bunlar haqqında mövqeyini bildirmək imkanına sahib olmasıdır [16].

Çəkişmə prinsipi ilə silahların bərabərliyinin qarşılıqlı əlaqəsini bu cür ifadə etmək olar ki, mühakimə zamanı tərəflərdən birinin digərinə münasibətdə daha üstün vəziyyətə gəlməsi halında həqiqi anlamda bir çəkişmə reallaşa bilməz. Bu səbəblə çəkişmə prinsipinə əsaslanan mühakimənin həyata keçirilə bilməsi üçün mühakimə zamanı tərəflər arasında silahların bərabərliyi prinsipinə riayət edilməsi zəruridir [17, s.17].

ƏDƏBİYYAT

1. Güriz, A. Adalet kavramı // Ankara: Anayasa Yargısı Dergisi, – 1990. №7, – s. 13-20.
2. Mehdiyev, F. Hüquq nəzəriyyəsi / F.Mehdiyev, E.Quliyev – Bakı: Gənclik, – 2018. – 431 s.
3. Yeşilova, B. Yargılama diyalektiği ve silahların eşitliği // Ankara: Türkiye Barolar Birliği Dergisi, – 2009. №86, – s. 47-101.
4. “Azərbaycan Respublikası Cinayət-Prosessual Məcəlləsinin 420.3-cü maddəsinə dair” Azərbaycan Respublikası Konstitusiyaya Məhkəməsinin 19 aprel 2002-ci il tarixli Qərarı. URL: <https://www.constcourt.gov.az/az/decision/63>
5. “Azərbaycan Respublikası Cinayət-Prosessual Məcəlləsinin 409-cu maddəsinin şərh edilməsinə dair” Azərbaycan Respublikası Konstitusiyaya Məhkəməsinin 19 iyul 2002-ci il tarixli Qərarı. URL: <https://www.constcourt.gov.az/az/decision/68>
6. Правосудие в современном мире: монография / под ред. В.М.Лебедева, Т.Я.Хабриевой. – Москва: Норма: ИНФРА-М, 2013, 720 с.
7. Касимова, М.А. Принципы уголовного процесса Азербайджанской Республики. Учебное пособие / М.А.Касимова, – Баку: Адилоглы, – 2008. – 176 с.
8. Mövsümov, С.Н. Azərbaycan Respublikası Cinayət-Prosessual Məcəlləsinin kommentariyası / С.Н.Мөvsүmov, В.С.Кərimov, Ə.Н.Һүсейnov – Bakı: Digesta, – 2016. – 1335 s.
9. Atakişi, A.M. Azərbaycan Respublikasının cinayət mühakimə icraatı haqqında qanunvericiliyində prosesin məhkəməyəqədərki mərhələlərində çəkişmə prinsipinin realizəsi // – Bakı: “Qanun” elmi hüquq jurnalı, – 2018. №01(279), – s. 94-101.
10. Ceylan, E. Ceza muhakemesi açısından silahların eşitliği ilkesi / E.Ceylan. – İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi, – 2017. – 122 s.
11. Кузьмина, О.В. Соотношение международного и национального правового регулирования состязательности уголовного судопроизводства в Российской Федерации. URL: <http://www.iuaj.net/node/236>
12. Ulutaş, T.B. Adil yargılanma hakkı ve yargılamada silahların eşitliği problemi / T.B.Ulutaş. – Ankara, – 2008. – 123 s.
13. Neumeister v. Austria. 27.06.1968.
14. Frommelt v. Liechtenstein. 24.09.2004.
15. Dombo Beheer BV v. The Netherlands. 27.10.1993.
16. Ruiz-Mateos v. Spain. 23.06.1993.
17. Yavuz, Z. Silahların eşitliği ilkesine ilişkin Avrupa İnsan Hakları Mahkemesi kararları ve iç hukukumuzdaki dönüştürücü etkileri / Z.Yavuz. – İstanbul: İstanbul Üniversitesi, – 2009. – 170 s.

REFERENCES

1. Guriz, A. Adalet kavramı // Ankara: Anayasa Yargısı Dergisi, – 1990. №7, – s. 13-20.
2. Mehdiyev, F. Hugug nezeriyyesi / F.Mehdiyev, E.Guliyev – Bakı: Genjlik, – 2018. – 431 s.
3. Yeshilova, B. Yargılama diyalektigi ve silahlaryn eshitligi // Ankara: Turkiye Barolar Birligi Dergisi, – 2009. №86, – s. 47-101.
4. “Azerbayjan Respublikasy Jinayet-Prosessual Mecellesinin 420.3-cü maddesine dair” Azerbayjan Respublikasy Konstitusiyaya Mehkemesinin 19 aprel 2002-ji il tarixhli Gerary. URL: <https://www.constcourt.gov.az/az/decision/63>
5. “Azerbayjan Respublikasy Jinayet-Prosessual Mejellesinin 409-ju maddesinin sherh edilmesine dair” Azerbayjan Respublikasy Konstitusiyaya Mehkemesinin 19 iyul 2002-ji il tarixhli Gerary. URL: <https://www.constcourt.gov.az/az/decision/68>
6. Pravosudie v sovremennom mire: monografiya/ pod red. V.M. Lebedeva, T.Ya. Khabrievoy.-Moskva: Norma: INFRA-M, 2013, 720s.
7. Kasimova, M.A. Printsipy ugovnogo protsessa Azerbayzhanskoy Respubliki. Uchebnoe posobie / M.A.Kasimova, – Bakı: Adilogly, – 2008. – 176 s.
8. Movsumov, S.H. Azerbayjan Respublikasy Jinayet-Prosessual Mejellesinin kommentariyasi /S.H. Movsumov, B.J. Kerimov, E.H. Huseynov – Bakı: Digesta, – 2016. – 1335 s.
9. Atakishi, A.M. Azerbayjan Respublikasynyn jinayet muhakime ijaatı haggında ganunverijiliyinde prosesin mehkemeyegederki merhelelerinde chekishme prinsipinin realizesi // – Bakı: “Ganun” elmi hugug jurnalı, – 2018. №01(279), – s. 94-101.
10. Jeylan, E. Jeza muhakemesi achısından silahlaryn eshitligi ilkesi / E.Jeylan. – İzmir: Dokuz Eylul Universitesi, – 2017. – 122 s.
11. Kuzmina, O.V. Sootnoshenie mejdunarodnogo i natsionalnogo pravovogo regulirovaniya sostyazatelnosti ugovnogo sudoproizvodstva v Rossiyskoy Federatsii.. URL: <http://www.iuaj.net/node/236>
12. Ulutash, T.V. Adil yargılanma hakkı ve yargılamada silahlaryn eshitligi problemi / T.V.Ulutash. – Ankara, – 2008. – 123 s.
13. Neumeister v. Austria. 27.06.1968.
14. Frommelt v. Liechtenstein. 24.09.2004.
15. Dombo Beheer BV v. The Netherlands. 27.10.1993.
16. Ruiz-Mateos v. Spain. 23.06.1993.
17. Yavuz, Z. Silahlaryn eshitligi ilkesine ilishkin Avrupa İnsan Haklary Mahkemesi kararlary ve ich hukukumuzdaki donushturucu etkileri / Z.Yavuz. – İstanbul: İstanbul Universitesi, – 2009. – 170 s.

CONSTITUTIONAL-LEGAL ANALYSIS OF THE ADVERSARIAL PRINCIPLE IN CRIMINAL PROCEDURE

Gadirov A.X.

Milli Aviasiya Akademiyası

The purpose of writing this article is to examine issues related to the concept, essence and characteristics of the adversarial principle. At the same time, it should be noted that in the article,

the issue of the role of the adversarial principle in ensuring the constitutional rights and freedoms of people and citizens within the framework of criminal procedural activities was studied by conducting comparative analyses in a special manner. Also, by examining the mutual analysis of the adversarial principle with the principle of equality of rights of the parties, an attempt was made to determine the constitutional legal bases for protecting the interests of the defense and the prosecution during the implementation of the adversarial principle. At the same time, the characteristics of the adversarial principle in terms of the realization of the parties' opportunity to express their positions in the process during the adversarial principle were analyzed in detail and extensively.

In terms of its impact on human rights and freedoms, criminal procedure is one of the areas of law that is most in need of regulation. Such regulation should be implemented in accordance with constitutional norms. Constitutional norms are reflected in the principles of criminal procedure and thus play the role of initial provisions for other norms. One of such principles of criminal procedure is the adversarial principle. In this article, the author conducted a constitutional and legal analysis of the principle of adversarial proceedings in criminal proceedings. At the same time, the author extensively referred to theoretical literature, as well as court decisions, and put forward his own ideas.

Issues related to the introduction of the adversarial institution into criminal proceedings were examined as one of the most important features of our new criminal procedural legislation. The adversarial principle was also established in various procedural legislative acts adopted later.

In the course of the national criminal procedural legislative reforms, its authors went along the path of further improvement and democratization of the provisions of the Criminal Procedure Code of the Republic of Azerbaijan in accordance with international standards. Thus, the inclusion of adversarial procedures in criminal proceedings became one of the important elements of criminal procedural legislative reforms and significantly changed the role of the judge, prosecutor and lawyer in the course of the process. The Criminal Procedure Code attributed the adversarial proceedings of the prosecution and defense parties in criminal proceedings to the main principles and conditions of criminal proceedings.

In general, the adversarial principle is enshrined as a principle of criminal proceedings in Part VII of Article 127 of the Constitution of the Republic of Azerbaijan, Article 14.3 of the Covenant on Civil and Political Rights, and Article 6.3 of the ECHR.

Key words: *adversarial principle, Criminal Procedure Code, criminal procedure, court, equality.*

Rəyçilər: *h.e.d., dos. Əsgərova M.P.
h.f.d., dos. Kərimov Ş.M.*

Müəllif haqqında məlumat

Soyadı, adı, atasının adı	İş yeri	Vəzifəsi, elmi dərəcəsi, elmi adı	Əlaqə
Qədirov Asif Xanoğlu oğlu	Milli Aviasiya Akademiyası	“Hüquqsünaslıq” kafedrasının dosenti, h.e..d.	asif.qadirov.71@mail.ru mob: (+994) 50 996-33-33

UOT: 342

DOI:10.30546/EMNAA.2025.27.02.226

MÜLKİ HAVA GƏMİLƏRİNƏ LAZER HÜCUMU

Nağıyev N.T., Əhmədov H.Ə.

Milli Aviasiya Akademiyası

Mülki aviasiyada lazer xuliqanlıığı ilə mübarizə aktual məsələlərdən biridir. Xaricdə ictimaiyyət 2004-cü ilin sentyabrında hava limanlarında lazer hücumlarına diqqət çəkdi. Daha sonra Solt Leyk Sitidə eniş zamanı sərnişin təyyarəsinin ikinci pilotu yanıq xəsarəti aldı. Sentyabr ayında lazer şüaları ilə pilotların kor edilməsi cəhdləri ilə bağlı 10 məlumat daxil oldu. Qeyri-rəsmi olsa da, 2004-cü ilin son altı ayı ərzində lazer şüasının təyyarə salonlarına yönəldilməsi ilə bağlı 100-ə yaxın hadisə qeydə alındı. 2005-ci ildə ABŞ-da artıq 220 belə hal qeydə alındı, 2010-cu ildə – 2836. Yəni, beş il ərzində hava limanlarında lazer hücumlarının sayı 10 dəfədən çox artdı. 2010-cu ilin altı ayı ərzində Rusiyada sərnişin təyyarəsi pilotlarını eniş zamanı lazer şüası ilə kor etmək üçün beş cəhd qeydə alındı. Lazer hücumlarının sayının sürətlə artması tendensiyası var. Bu, mediada panik nəşrlərin dalğasına səbəb oldu. Lakin ictimai qəzəb dalğası nəticə vermədi. Bu fenomenin təhlükəsi hər il artır, çünki xuliqanlar tərəfindən yönəldilmiş lazer şüalarının gücü durmadan artır, mülki lazer cihazları isə ictimaiyyətə açıq və nisbətən ucuz qalır. Artıq bəzi şirkətlər bu müdaxiləyə qarşı inqilabi vasitələr işləyib-hazırladıqlarını elan edirlər. Məqalədə bu məsələnin mülki aviasiyada hansı təhlükəsizlik anlayışının tərkib hissəsi olması araşdırılır. Kütləvi informasiya vasitələrində, internet saytlarında, beynəlxalq normativ-hüquqi sənədlərdə və hətta elmi jurnalların səhifələrində bu məsələ uçuşların təhlükəsizliyinin tərkib hissəsi kimi təqdim edilir. Hesab edirik ki, bu yanlış yanaşmadır. Məqalədə pilotların lazer şüaları ilə kor edilməsi mülki aviasiyanın fəaliyyətinə qanunsuz müdaxilə aktı kimi qiymətləndirilir və bu məsələnin aviasiya təhlükəsizliyi məsələsi olduğunun əsaslandırılmasına cəhd edilir.

Açar sözlər: *Mülki aviasiya, lazer, kor edilməsi cəhdləri, lazer hücumu, uçuşların təhlükəsizliyi, qanunsuz müdaxilə, yüksək intensivlikli işıq mənbə, fəza oriyentasiyası.*

Təcrübə göstərir ki, mülki aviasiya fəaliyyət xüsusiyyətlərinə görə potensial təhlükə mənbəyidir. Əgər onun fəaliyyətinə qarşı qanunsuz, aqressiv hərəkətlərlə müdaxilə edilərsə, potensial təhlükə ağır nəticələrlə müşayiət edilən real təhlükəyə çevrilə bilər.

1957-ci ildə lazerin ixtirası yüksək intensivlikli işıq mənbələrinin istifadə edilməsi ilə bağlı aviasiya sahəsində problemlərin sayının əhəmiyyətli artmasına səbəb oldu [1].

90-cı illərin əvvəllərindən lazer xuliqanlıığı dünyanın demək olar ki, bütün inkişaf etmiş ölkələrində: Rusiya, ABŞ, Almaniya, Kanada, Böyük Britaniya, Yunanıstan, İsrail, İsveçrə və s. qeydə alınıb [2]. “Lazer” sözü ingilis dilində “stimullaşdırılmış emissiya nəticəsində işığın gücləndirilməsi” mənasını verən “Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation” ifadəsinin sözlərinin ilk hərflərindən düzəlib. SSRİ-də isə “optik kvant generatoru” (OKG) termini sənayedə və müdafiədə qəbul edilmişdir [3]. Lazer görünən, infraqırmızı və ultrabənövşəyi diapazonda elektromaqnit şüalanma mənbəyidir.

Lazerlər konsentrasişdırılmış işıq şüası yaradan cihazlardır. Lazer şüası dar dalğa diapazonunda radiasiya yaradaraq, uzun məsafələrə istiqamətləndirilə bilər, qələmdən qalın olmayan,

konsentrasiyalı şüa istehsal edir. Ən təhlükəli lazerlər adətən yaşıl işıq saçır. Öz növbəsində lazerlər şüalanma gücündən asılı olaraq 4 sinfə bölünür. Ən böyük təhlükə və korlama ehtimalı 500 millivatt və yuxarı gücə malik, ən azı 10 km parıltı diapazonuna malik 3-4-cü sinif lazerlərdir.

Lazer şüası insanın gözünə yönəldildikdə, o, fəza orientasiyasını itirir, parlaq parıltı onu kor edir və ya insanın diqqətini yayındırır, təsirlənmiş gözdə görmə qabiliyyətinin müvəqqəti itirilməsinə və bəzən gözün torlu qişasında qalıq görüntünün yaranmasına səbəb olur. Bu insanın səhhətinə və hava gəmisində daşınan sərnişinlərin təhlükəsizliyinin təmin edilməsinə neqativ təsir edir (şəkil 1). Aparıcı ekspert və mütəxəssislərin fikrincə, korluq ölümə nəticələnən təyyarə qəzasına birbaşa yoldur [4].

Federal Aviasiya Administrasiyası (FAA) Mülki Aviasiya Tibb İnstitutu 2004-cü ilin iyun ayında “lazer işığının təyyarənin endirilməsinin son mərhələsində pilotların əməliyyat və vizual imkanlarına təsiri” mövzusunda araşdırma aparmışdır. Lazer şüalanmasına məruz qalmış 34 pilotun cavabları qiymətləndirilmişdir. Boeing 727-200 təyyarə simulyatorunda eniş 30 metr yüksəklikdə imitasiya edilmişdir. Məlum olmuşdur ki, subyektlərin 75%-i neqativ vizual təsirlə üzləşib, bu da müəyyən dərəcədə əməliyyat çətinliklərinə səbəb olub. Pilotlar müvəqqəti olaraq görmə qabiliyyətini, məkan oriyentasiyasını itiriblər və stress keçiriblər. Nəzərə almaq lazımdır ki, sınaqlar lazer şüalanmasının kiçik, göz üçün təhlükəsiz olan səviyyəsində aparılıb. Həmçinin məlum olub ki, gecə saatlarında insanın üzünə cəmi 8 millivatt gücündə lazer şüası salmaqla görmə qabiliyyətini əhəmiyyətli dərəcədə pisləşdirmək olar [4].

Təxminən 15-20 il əvvəl problem çox uydurma və süni görünürdü. Lazerlə hücum halları nisbətən az idi. Onlar əsasən dəcəllik, uşaq oyunları kimi qəbul edilirdi. İllər keçdikcə vəziyyət kəskin şəkildə dəyişdi. Söhbət artıq təcrid olunmuş epizodlardan yox, kütləvi pozuntulardan gedir. Son illərdə ABŞ-da lazer xuliqanlığının miqyası həyəcanverici miqyas almışdır. Belə hadisənin təhlükəsi hər keçən il artır və mülki lazer cihazları geniş şəkildə əlçatan və nisbətən ucuz qaldıqca, lazer şüalarının gücü durmadan artır (500-1000 millivatt). Çox güman ki, bir çoxları hündürlükdə lazer şüasının təyyarəyə vura biləcəyi zərər barədə düşünür. Təəssüf ki, belə bir təhlükə mövcuddur və pilotların xəsarət almasına və fəlakətlərə səbəb ola bilər. Lazer şüaları pilotu qısa müddətə korlaşdırma bilər ki, bu da idarəetmədə səhvlərə, eləcə də gecələr olduğu yerin koordinatlarını təyin etmədə çətinliklərə səbəb ola bilər [5].

Çox vaxt lazer hücumları hava limanlarının yaxınlığında və eniş zamanı baş verir. Lakin uçuş zamanı təyyarəyə təsir halları da ola bilər. Pilotların bu məsələ barəsindəki fikirlərini ümumiləşdirsək qeyd edə bilərik ki, eniş və ya uçuş zamanı kor olan pilot heç vaxt həkimə müraciət etməyəcək. Bu onun üçün xoşagəlməz nəticələrə gətirə bilər. O, görmə qabiliyyətindən şikayətlənəcək, sonra məlum olacaq ki, ürəyində problemlər var və təzyiqli dəyişir. Onları tibbi müayinəyə göndərəcəklər və sonra söhbət qısa olacaq: “təhlükəsizliklə bağlı narahatlıqları əsas gətirərək uçuşlara icazə verməkdənsə, onu uçuşdan kənarlaşdırmaq daha asan hesab ediləcək”.

ABŞ, Böyük Britaniya, Kanada, Almaniya və Avstraliya da daxil olmaqla bir sıra ölkələrdə lazer cihazlarının mülki təyyarələrə və digər hava vasitələrinə qarşı istifadəsini qadağan edən qanunlar mövcuddur. Qanunu pozanlar cərimə, azadlıqdan məhrumetmə və hətta həbslə də cəzalandırıla bilərlər. Məsələn, ABŞ-da 11 min dollardan 100 min dollara qədər cərimə və ya 5 ilə qədər həbs; Böyük Britaniyada 2500 funt-sterlinqə qədər cərimə və ya 5 ilə qədər həbs; Rusiyada 150 mindən 300 min rubla qədər (təxminən 1500-3000 dollar) cərimə, məhdudiyət və ya 2 ilə qədər həbs; Ukraynada 1700 qrivin (təxminən 45 dollar) cərimə, 5 ilə qədər azadlığın məhdudlaşdırılması

və ya 12 ilədək həbs (praktiki olaraq tətbiq edilmişdir) [6]. Bundan başqa, İnterpol, Beynəlxalq Mülki Aviasiya Təşkilatı və digər beynəlxalq təşkilatlar da lazer cihazlarının təyyarələrə qarşı istifadəsinin qarşısının alınması istiqamətində birgə fəaliyyət göstərirlər. Buna görə də təyyarəyə hücum etmək üçün lazerlərdən istifadə etmək cəhdləri ciddi şəkildə cəzalandırılır. Lakin bizim üçün bu məsələnin həlli tam başqadır - Azərbaycan Respublikasının qanunvericiliyində birmənalı şəkildə bu növ şüalardan istifadə etməklə gözləri kor etməyin cinayət hesab edilməsi və bunun üçün heç bir qadağanedici norma müəyyən edilməmişdir.

1999 və 2000-ci illərdə İCAO katibliyinin aviasiya tibb bölməsi tədqiqatçı qrupunun iştirakı ilə lazer şüalanması problemlərinə dair, daha doğrusu lazer şüalarının uçuş təhlükəsizliyinə təsirinin qarşısını almaq üçün Standartlar tövsiyə edilən praktiki təcrübə (SARPS-lar) hazırladı və hal-hazırda bu standartlar və tövsiyələr Çikaqo Konvensiyasına 11 və 14 sayılı Əlavələrdə öz əksini tapmışdır. Bu əlavələrdə qeyd edilir ki, “Heç bir kəs qəsdən uçuş təhlükəsizliyinə, hava gəmisinin bütövlüyünə və ya heyət üzvlərinin və ya sərnəşinlərin sağlamlığına təhlükə yaradan hər hansı bir şəkildə hava gəmisini lazer şüası ilə nişan almamalı və ya nişan almasına səbəb olmamalı və ya yüksək intensivlikli digər istiqamətlənmiş işıq şüalanması ilə təsirə məruz qoymamalıdır” [5].



Şəkil 1. Lazer şüası ilə nişan alınmış hava gəmisini

İCAO-nun DOC 9815 AN 447 “Uçuşların təhlükəsizliyi baxımından lazer şüalandırıcıları üzrə Təlimat”ında bu məsələyə uçuşların təhlükəsizliyi kontekstində baxılır. Məntiqi bir sual meydana çıxır ki, əgər söhbət lazer xuliqanlığından gedirsə, deməli bu məsələ sosial mühitdən irəli gələn təhdid kimi araşdırılmalıdır və bu təhdidlərə aviasiya təhlükəsizliyi çərçivəsində baxılır.

Sosial təhlükə - insanların həyat və fəaliyyətini, məişətini, sağlamlığını təhlükə altına atan neqativ təsirin cəmiyyətdə geniş vüsət alan əsas qrupudur. Sosial təhlükələrə qarşı müharibələr, hərbi konfliktlər, terrorizm, cəmiyyətin kriminallaşması, xuliqanlıq, narkomaniya, alkoqolizm, xəstəliklər, intiharlar, yoxsulluq, savadsızlıq və s. aiddir. Məsələyə aydınlıq gətirmək üçün aviasiya təhlükəsizliyi anlayışına istinad edək.

22 dekabr 2023-cü ildə Azərbaycan Respublikasının Prezidentinin fərmanı ilə təsdiqlənmiş Aviasiya Azərbaycan Respublikasının Qanununda aviasiya təhlükəsizliyi anlayışı belə müəyyən olunur – insanlardan və maddi resurslardan istifadə etməklə, aviasiyanın qanunsuz müdaxilə aktlarından qorunması üzrə tədbirlər kompleksi. Bu anlayışın başa düşülməsi üçün qanunsuz müdaxilə anlayışını araşdırmaq lazımdır. Azərbaycan Respublikası Prezidentinin 2020-ci il 17 avqust tarixli 1139 nömrəli Fərmanı ilə təsdiq edilmiş “Aviasiya təhlükəsizliyinin təmin edilməsi

Qaydaları”nda qanunsuz müdaxilə aktı anlayışı – “mülki aviasiyanın təhlükəsizliyinə təhdid yaradan aktlar və yaxud cəhdlərdir” kimi müəyyən edilib.

Hər hansı bir şəxs bilərəkdən və ya bilməyərəkdən qalxan və ya enən təyyarəni lazer şüası ilə şüalandırırsa, bu sosial mühitdən gələn təhlükədir və aviasiya təhlükəsizliyi anlayışının vacib tərkib hissəsidir. Belə ki, bu təhdidi qanunsuz müdaxilə aktı kimi qiymətləndirərək ona qarşı əks tədbirləri görmək lazımdır. Hal-hazırda bu təhlükə ilə mübarizənin bəzi aspektləri mövcuddur.

Müasir texnologiyalar uçuş ekipajlarına lazer xuliqanlarından qorunmağa kömək edə bilər. Filtirli xüsusi eynəklərdən istifadə lazerin pilotun gözünə təsirini xeyli azalda bilər. Lazer şüalanma mənbələrini aşkar edən və uçuş heyətini xəbərdar edən sistemlər də vardır ki, bu təhlükəyə ilkin mərhələdə cavab verməyə və mümkün mənfə nətəcələrin qarşısını almağa imkan verir. Təyyarələri lazer şüalarını aşkarlayan və bloklayan xüsusi qoruyucu optika ilə təchiz etmək də olar.

Təhlükəsizliyin vacib elementindən biri də, lazer hücumu zamanı uçuş heyətlərinə davranış qaydaları öyrətməkdir. Mütəxəssislər pilotların kritik vəziyyətlərdə düzgün reaksiya verməyi öyrətmək üçün xüsusi təlimlər keçə bilərlər. Lazer qurğularına yiyələnməyə qanunvericilik nəzarəti də dövlətin hava məkanında təhlükəsizliyin təmini üçün dövlət tərəfindən qəbul ediləcək tədbirlərdən biri ola bilər.

Bu sadalanan tədbirlər geniş mənada uçuşların təhlükəsizliyi tədbirləridir. Təklif edirik ki, aşağıda sadalanan aviasiya təhlükəsizliyi tədbirlərinin tətbiqini və dövlət səviyyəli hüquqi normalarla tənzimlənsin:

-yerüstü müşahidələrin aparılması üçün radiolokasiya sistemlərinin tətbiqi. Belə sistemlər lazer şüalarından istifadə edə biləcək nəqliyyat vasitələrinin və ayrı-ayrı insanların aşkar edilməsi üçün tətbiq edilə bilər. Hərbi sektorda belə sistemlərdən istifadə edilir [7];

-lazer şüalarından istifadə edilə biləcək əlverişli yerlərdə şəraitin imitasion modelləşdirilməsi və onun inkişafının proqnozlaşdırılması. Bunun üçün belə təhdidlərin reallaşma riskini qiymətləndirə bilən xüsusi proqram təminatı işlənilib hazırlanmışdır [7];

-lazer şüalarından istifadə oluna biləcək aeroportyanı ərazilərin patrul edilməsi (fiziki və ya dronlarla);

-müasir işıqlandırma sisteminin tətbiqi;

-qapalı televiziya sistemləri ilə nəzarətin həyata keçirilməsi.

Aviasiya təhlükəsizliyi sahəsində fəaliyyəti tənzimləyən milli normativ-hüquqi sənədlərdə bu məsələnin aviasiya təhlükəsizliyi kontekstində qiymətləndirməsini və adekvat tədbirlər görməsini məqsədmüvafiq hesab edirik.

ƏDƏBİYYAT

1. Национальный Исследовательский Ядерный университет «МИФИ» «Лазерный луч: как создавали устройство с бесконечными возможностями 27 декабря 2017».
2. Что такое лазерное хулиганство? Aviation Pub 14 апреля 2019.
3. Материал из Википедии - свободной энциклопедии.
4. Sliney, D.H., R.T. Wangemann, J.K. Franks and M.I. Wolbarsht. “Visual sensitivity of the Eye to Infrared Laser Radiation”. Journal of the Optical Society of America, 66(4): pp. 339-341.
5. Дос 9815AN 447Ж; Руководство по лазерным излучателям в аспекте безопасности полетов, стр. 5.

6. Международная организация гражданской авиации юридический комитет – 39-я сессия (монреаль, 25-28 июня 2024 года) угроза для аэронавигации, которую представляет собой ненадлежащее использование лазерных лучей, и ее негативное влияние на безопасность полетов гражданской авиации.
7. В.В. Володин, О.Ю. Кошкина. Авиационные технологии в борьбе с авиационным терроризмом., журнал «Полет»., 11.2004., стр.23-25.

REFERENCES

1. Natsionalnyy Issledovatel'skiy Yadernyy universitet "MIFI" "Lazernyy luch: kak sozdavali ustroystvo s beskonechnymi vozmozhnostyami 27 dekabrya 2017".
2. Chto takoe lazernoe khuliganstvo? Aviation Pub 14 апреля 2019.
3. Material iz Vikipedii – svobodnoy entsiklopedii.
4. Sliney, D.H., R.T. Wangemann, J.K. Franks and M.I. Wolbarsht. "Visual sensitivity of the Eye to Infrared Laser Radiaton". Journal of the Optical Society of America, 66 (4): pp. 339-341.
5. Dok 9815 AN 447; Rukovodstvo po lazernym izluchatelyam v aspekte bezopasnosti poletov, str.5.
6. Mezhdunarodnaya organizatsiya grazhdanskoy aviatsii yuridicheskiy komitet – 39-ya sessiya (monreal, 25-28 iyunya 2024 goda) ugroza dlya aeronavigatsii, kotoruyu predstavlyaet soboy nenadlezhashee ispolzovanie lazernykh luchey, i ee negativnoe vliyanie na bezopasnost poletov grazhdanskoy aviatsii.
7. V.V. Volodin, O. Yu. Koshkina. Aviatsionnye tekhnologii v borbe s aviatsionnym terrorizmom., jurnal «Polet»., 11, str. 23-25.

LASER ATTACK ON CIVIL AIRCRAFT

Nagiyev N.T., Ahmadov H.A.

National Aviation Academy

The fight against laser hooliganism in civil aviation is one of the urgent issues. The public abroad drew attention to laser attacks at airports in September 2004. Later, during landing in Salt Lake City, the co-pilot of a passenger plane received burns. By the end of the year, 10 reports of attempts to blind pilots with laser beams were received. Although unofficial, about 100 cases of laser beams being directed into aircraft cabins were recorded during the last six months of 2004. In 2005, 220 such cases were recorded in the United States, and in 2010 - 2836. That is, over five years, the number of laser attacks at airports has increased more than 10 times. In the first six months of 2010, five attempts were recorded in Russia to blind pilots of passenger aircraft with a laser beam during landing. There is a tendency for the number of laser attacks to increase rapidly. This caused a wave of panic publications in the media. However, the wave of public indignation did not bring results. The danger of this phenomenon is growing every year, because the power of laser beams directed by hooligans is constantly increasing, while civilian laser devices remain publicly available and relatively inexpensive. Some companies are already announcing that they have developed

revolutionary means of countering this interference. The article examines what kind of security concept this issue is in civil aviation. In the mass media, on websites, in international regulatory and legal documents, and even on the pages of scientific journals, this issue is presented as an integral part of flight safety. We believe this is a wrong approach. The article considers the blinding of pilots with laser beams to be an act of illegal interference in the activities of civil aviation and attempts to justify this issue as an aviation safety issue.

Key words: *Civil aviation, laser, attempts to blind, laser attack, flight safety, unlawful interference, high-intensity light source, spatial orientation.*

Rəyçilər: *h.f.d., dos. Qasimov S.Y.*
h.f.d., dos. Məmmədova S.X.

Müəllif haqqında məlumat

Soyadı, adı, atasının adı	İş yeri	Vəzifəsi, elmi dərəcəsi, elmi adı	Əlaqə
Nazim Teymur oğlu Nağıyev	Milli Aviasiya Akademiyası	“Nəqliyyat texnologiyaları” fakültəsinin dekanı h.f.d., dos.	dekan.nazim_nagiyev@mail.ru mob: (+994) 50 700-04-90
Hüseyn Əlisa oğlu Əhmədov	Milli Aviasiya Akademiyası	“Aviasiya təhlükəsizliyi” kafedrasının baş müəllimi	axmadov62@mail.ru mob: (+994) 55 760-61-76

UOT: 342

DOI:10.30546/EMNAA.2025.27.02.220

MÜQAVİLƏ HÜQUQUNUN MÜASİR İNKİŞAF İSTİQAMƏTLƏRİ

Qocayev E.A.

Milli Aviasiya Akademiyası

ORCID iD: 0009-0006-7824-105X

Məqalədə beynəlxalq səviyyədə müqavilə hüququnun müasir inkişaf istiqamətləri, onun xüsusiyyətləri, ayrı-ayrı hüquq sistemləri və ölkələrdə özünəməxsus cəhətlərindən bəhs olur. Müxtəlif hüquq sistemlərinin müqavilə hüququnda baş verən inkişaf prosesində hüquqi-nəzəri və praktiki əhəmiyyət kəsb edən bir sıra məsələlər (istiqamətlər) meydana gəlmişdir. Bu istiqamətlərin başa düşülməsi təkcə müasir müqavilə hüququ haqqında baxış və ideyaları genişləndirməyib, həm də iqtisadi əqdlərin bağlanması və icrasında mövcud problemləri daha bacarıqla həll etməyə kömək etməkdədir. Azad iqtisadi münasibətlərin ən mühüm elementlərindən biri kimi, müqavilə və onunla bağlı hüquqi tənzimləmə mexanizmi də davamlı inkişaf etməkdədir. Araşdırmada, məhz müasir iqtisadi (sahibkarlıq) fəaliyyətinin dinamik inkişafı və şaxələnməsinə müvafiq olaraq, müqavilələrin yeni növlərinin meydana gəlməsi və bunun beynəlxalq aktlarda əks olunmuş nümunələrindən bəhs olunur.

Mövzunun tədqiqi ilə bağlı beynəlxalq aktlara və xarici təcrübə və qanunvericilik nümunələrinə istinad edilmişdir. Belə ki, araşdırma zamanı Beynəlxalq Kommersiya Müqavilələrinin Prinsipləri (UNIDROIT prinsipləri), Beynəlxalq alqı-satqı müqavilələri haqqında Vyana Konvensiyası, Avropa Birliyinə (AB) dair sənədləri, Ümumdünya Ticarət Təşkilatının (ÜTT) Xidmətlərin Ticarəti üzrə Baş Sazişi kimi beynəlxalq sənədlər və ABŞ, Azərbaycan, İngiltərə və Rusiya kimi ölkələrin müvafiq qanunvericiliyi nəzərdən keçirilmişdir.

***Açar sözlər:** müqavilə hüququ, müqavilə azadlığı, məhdudlaşdırma, Mülki Məcəllə, istiqamətlər, sahibkarlıq, kommersiya, UNIDROIT, Anglo-Sakson, yeni müqavilə növləri, ABŞ, Avropa.*

Müqavilə münasibətlərində qanunun rolu bu münasibətlər üçün hüquqi mexanizm təmin etmək məqsədi daşıyır. Müqavilə, hüquqi tənzimləmənin səmərəliliyinin əsas tərkib elementlərindən biridir. Buna görə də qanunvericinin iqtisadi dövriyyənin hüquqi əhəmiyyətli müxtəlifliyini əks etdirən yeni müqavilə tiplərini (növlərini, yarım tiplərini) operativ şəkildə yaratması zəruridir.

Geniş mənada müqavilə hüququ dedikdə müxtəlif mənbələrdə cəmlənmiş, həm daxili, həm də beynəlxalq iqtisadi dövriyyənin iştirakçıları arasında əmlak üzrə müxtəlif müqavilə öhdəliklərinin bağlanması (yaranması), icrası və xitamına dair münasibətləri tənzimləyən qaydaların bütöv məcmusu başa düşülə bilər.

Qloballaşma hüquqi fenomendə köklü dəyişikliyə və unifikasiyaya (yaxınlaşmaya) səbəb oldu. Bu yaxınlaşma bəzən tək məcbureddi subyekt tərəfindən qoyulan, bəzən ardıcıl inkişaf nəticəsində yaranan, digər halda konsensusla qəbul edilən qaydalar nəticəsində baş verir. Bu yolun ən maraqlı tərəfləri arasında biz transmilli reallığa daha adekvat olan və texnologiya və bazar

tərəfindən idarə olunan müasir lex mercatoria-nın inkişafı və məcəllələşməsini qeyd edə bilərik [1, s. 5].

Müxtəlif hüquq sistemlərinin müqavilə hüququnda baş verən inkişaf prosesində hüquqi-nəzəri və praktiki əhəmiyyət kəsb edən bir sıra məsələlər (istiqləmətlər) meydana gəlmişdir. Bu istiqamətlərin başa düşülməsi təkcə müasir müqavilə hüququ haqqında baxış və ideyaları genişləndirməyib, həm də iqtisadi əqdlərin bağlanması və icrasında mövcud problemləri daha bacarıqla həll etməyə kömək etməkdədir. Bu mənada aşağıda qeyd olunan bir sıra meylləri təhlil etmək faydalı olardı.

Birinci istiqamət – müqavilə hüququnun, eləcə də ümumilikdə müxtəlif ölkələrdə sahibkarlıq (kommersiya, biznes) hüququnun beynəlmilləşməsidir.

Xüsusi hüququn və xüsusilə müqavilə hüququnun beynəlmilləşməsi məsələsi yeni deyil. İ.A. Pokrovski yazırdı ki, “Roma xüsusi hüququ” – müxtəlif millətlərin iştirak etdiyi, dövriyyə üçün tamamilə yararlı bir təməl olması üçün hər hansı bir spesifik xüsusiyyətdən ayrılmalı, “millətüstü”, universal qanuna çevrilməli idi. Roma hüququ beynəlxalq dövriyyənin sağlam əsaslarını özündə əks etdirdi və yalnız Roma hüququ olmaqdan çıxıb, hardasa bütün antik dünyanın ümumi hüququna çevrildi” [2, s.51].

Məsələ ilə bağlı mənbə və meylləri izlədikcə, M.İ. Kulaginın belə bir təsnifatı ilə razılaşmaq lazım gəlir ki, müqavilə hüququnun müasir beynəlmilləşməsi prosesi aşağıdakı əsas istiqamətlərdə baş verir:

- beynəlxalq publik hüququn bu və digər ölkənin mülki (kommersiya) hüququna təsirinin güclənməsi;
- xarici elementli münasibətlərin milli hüquqi tənzimlənməsinin intensiv inkişafı;
- mülki və ticarət hüququnun unifikasiyası (uyğunlaşdırılması);
- ayrı-ayrı ölkələrdə xüsusi hüququn yalnız normativ məzmununun deyil, həm də hüquq mənbələri sistemlərinin yaxınlaşması [3, s.31].

Bu proses Avropa hüququ təmsalində xüsusilə aydın görünür. Akademik B.N. Topornin ifadəsi ilə desək, “Avropa hüququ, bir tərəfdən, integrasiyanın əsas tənzimləyicisi kimi xidmət edir, onun inkişafına şərait yaradır, digər tərəfdən, onun nəticələrini və ehtiyaclarını əks etdirərək təcəssüm etdirir” [4, s.15].

Avropa hüququ dedikdə, geniş mənada Avropada demək olar ki, bütün Avropa beynəlxalq təşkilatlarının quruluşu və fəaliyyəti, iqtisadi, sosial, siyasi, elmi, mədəni əlaqələrin bütün spektrini əhatə edən münasibətlərinin hüquqi tənzimlənməsi başa düşülür [4, s.19].

Avropa İqtisadi Birliyinə (AİB) dair Saziş üzv dövlətlərin inkişafının müxtəlif aspektlərini müstəqil şəkildə tənzimləmək hüquqlarını ləğv və ya əvəz etmir. Ümumi bazarın formalaşması düşünülmüş hüquqi siyasətin həyata keçirilməsini tələb edirdi. Bu üzv dövlətlərin qanunlarının ümumi bazarın düzgün işləməsi üçün zəruri olan dərəcədə yaxınlaşmasına nail olmaqdan ibarətdir. Bu siyasətin təməl müddəaları AİB Sazişində müəyyən edilmişdir. Birlük təsisatlarına (Komissiya və Şuraya) “üzv dövlətlərin nizamnamələri, sərəncamları və inzibati tədbirləri ilə bağlı direktivlər” vermək imkanı verilmişdir [5]. Bu, milli qanunvericiliyin ümumi bazarın formalaşması və fəaliyyəti ilə bilavasitə bağlı olduğu hallarda həyata keçirilməli idi. Birliyin inkişafı milli qanunvericiliyin ümumi bazarın prinsiplərinə uyğunluğuna nəzarətin artmasına səbəb oldu.

Yuxarıda qeyd olunan qanunvericiliyin yaxınlaşması prosesi müqavilə hüququna da təsir göstərdi ki, bunun nəticəsində Avropa İqtisadi Birliyinin xeyli sayda direktivləri meydana çıxdı və

bunlar AİB-ə daxil olan ölkələrin qanunvericiliyini yaxınlaşdırmağa (unifikasiyasına) yönəldi. Məsələn, 18 dekabr 1986-cı il tarixli, 86/653/EEC sayılı Direktiv AİB-ə üzv dövlətlərinin müstəqil satış agentləri məsələsinə dair qanunvericiliklərinin koordinasiyasını nəzərdə tutur [6].

AİB-də hüququn unifikasiyası prosesi əsasən iki yolla həyata keçirilir: 1) AİB-ə üzv ölkələr arasında beynəlxalq müqavilə və sazişlərin bağlanması; 2) AİB Şurası tərəfindən hüquqi münasibətləri daha da yaxınlaşdırmağa yönəlmiş xüsusi aktların qəbul edilməsi, Ümumi Bazarın mövcudluğuna və fəaliyyətinə bilavasitə təsir edən münasibətlərin tənzimlənməsi yolu ilə.

Deməli, iqtisadi həyatda inteqrasiya prosesləri hüquqi tənzimləmə rejimlərinin yaxınlaşmasını və unifikasiyasını zəruri edir.

İngilis müqavilə hüququnun problemlərindən bəhs edən Riçard Ston qeyd edir ki, “Bu universallıq, çox müxtəlif növ müqavilələrin fərqli tələblərə malik ola biləcəyi və “bir ölçü hamıya uyğundur” qaydalarına asanlıqla uyğun gəlməyən problemlərə səbəb ola bilər” [7, s.3].

Yuxarıda qeyd olunan beynəlmilləşmə tendensiyası, Azərbaycan Respublikasının müqavilə hüququ nümunəsində də müşahidə oluna bilər. Qeyd etmək kifayətdir ki, Mülki Məcəllənin əsaslandığı fundamental prinsiplərdən biri Azərbaycanda iqtisadi dövrüyyə qaydalarının ümumi qəbul edilmiş beynəlxalq hüquq normaları ilə uzlaşdırılmasıdır. Müqavilə hüquqi institutlarını inkişaf etdirərkən Azərbaycan Respublikasının tərəfdar çıxdığı beynəlxalq müqavilə və konvensiyaların müddələrinin (məsələn, Beynəlxalq alqı-satqı müqavilələri haqqında Vyana Konvensiyası və s.) nəzərə alınması, yalnız hüquqi öhdəlik yox, həm də iqtisadi dövrüyyə və sahibkarlıq mühitinə müsbət təsir göstərən bir imkandır. Bu mənada müvafiq beynəlxalq ixtisaslaşmış təşkilatlar tərəfindən hazırlanmış konvensiya, prinsip, saziş, model qanunlar və s. həm qanunvericilikdə, həm də təcrübədə nəzərə alınması hər bir ölkənin müvafiq hüquq sisteminin təkmilləşməsi və beynəlxalq iqtisadi əməkdaşlıq çərçivəsində ticarət qaydalarının unifikasiyasının güclənməsinə təkan verir.

Qanunvericiliyin bu cür harmonizasiyası demək olar ki, bütün dövlətlərin qanunvericiliyinə bu və ya digər dərəcədə ciddi təsir göstərir. Məsələn, Beynəlxalq alqı-satqı müqavilələri haqqında Vyana Konvensiyası beynəlxalq ticarət sahəsində ingilis milli qanunvericiliyinin məzmununa nəzərəcarpacaq təsir göstərmişdir [8, s.37].

Beynəlxalq unifikasiya baxımından müxtəlif ölkələrin mülki (ticarət) qanunvericiliyinə daxil olan: xarici fiziki və hüquqi şəxslərin mülki hüquqi vəziyyəti, əcnəbilərin başqa dövlətin ərazisində yerləşən əmlak hüquqları, xarici iqtisadi müqavilələrin həyata keçirilməsi qaydası və məzmunu ilə bağlı qaydalar və s. xüsusi maraq doğurur. Bu mənada “Beynəlxalq xüsusi hüquq haqqında” Azərbaycan Respublikası Qanununun müddəaları da kifayət qədər diqqət çəkir.

İkinci istiqamət – müqavilə formalarının liberallaşdırılması, elektron sənəd dövrüyyəsinin müqavilə praktikasına tətbiqi, elektron ticarətin inkişafı ilə əlaqədardır.

Elektron ticarətin inkişafı müqavilənin yazılı forması və onun atributları haqqında qanunvericilik müddələrinin aydınlaşdırılması, elektron sənədlərin hüquqi statusunun müəyyən edilməsi və bir sıra digər məsələlərlə bağlı hüquqi problemlərin yaranmasına səbəb olmuşdur.

Üçüncü tendensiya – əvvəllər müxtəlif ölkələrin qanunvericiliyinə məlum olmayan yeni müqavilə növlərinin meydana gəlməsi və qarışıq müqavilə formalarının geniş yayılmasıdır.

Obyekti kommersiya dəyəri daşıyan müxtəlif növ informasiyalar olan müqavilələr getdikcə mülki dövrüyyədə daha çox əhəmiyyət kəsb edir.

Son onilliklərdə Qərb ölkələrində və ABŞ-da biznes münasibətlərinin hüquqi tənzimlənməsi sahəsində franqayzinq (franşiza) müqaviləsi geniş yayılmışdır. ABŞ-da beynəlxalq franqayzinq müqaviləsinin bağlanması ilə bağlı xüsusi normalar mövcuddur.

Ümumiyyətlə, bu müqavilə növü artıq dünyanın biznes münasibətlərində xüsusi yer tutur. Buna müvafiq olaraq müxtəlif ölkələrin qanunvericiliyi bu müqavilə növünü müxtəf cür tənzimləyir. Məsələn, AR MM-in xüsusi – 35-ci fəsilə (723-731-ci maddələr) Franqayzinqlə əlaqədar müqavilə münasibətlərini tənzimləyir.

Rusiya Federasiyasının Mülki Məcəlləsi “Kommersiya konsessiyası” (Maddə 1027) adlanan [9] yeni bir müqavilə növü təqdim etdi ki, bu əslində digər ölkələrin qanunvericiliyində tanınan franqayzinq və ya franşiza müqavilələrinin ekvivalentidir. Lakin Rusiyada franqayzinq adı çəkilən ölkələrdə olduğu kimi inkişaf etməmişdir. Bu müqavilənin, məsələn, Amerika iqtisadiyyatı sistemində əhəmiyyətini təsəvvür etmək üçün aşağıdakı rəqəmləri göstərmək kifayətdir: hər on beş dəqiqədən bir ABŞ-da yeni franqayzinq mağazası açılır, Amerikada bütün pərakəndə satışların üçdə birindən çoxu franqayzinq sistemləri vasitəsilə aparılır [9, s.116].

Müasir müqavilə hüququnda müqavilənin tətbiq dairəsi faktiki əmlak mübadiləsi aktı çərçivəsindən kənara çıxır və müqavilə “təkcə mübadilənin hüquqi forması kimi deyil, həm də kapitalın və istehsalın təmərküzləşməsi proseslərini dəstəkləyən bazar iqtisadiyyatının təşkili üçün hüquqi alət kimi istifadə olunur” [3, s.72-73].

Bu, müxtəlif ölkələrin xüsusilə, sahibkarlıqla əlaqədar müqavilə hüququnda asılı sahibkarlıq subyektləri ilə əlaqədar “tabe olma müqaviləsi”, “mənfəətdən ayırmalar üzrə müqavilə” [10, s.81] və saquli qiymət təyini və sair kimi yeni müqavilə institutlarının yaranmasına səbəb oldu.

Inkişaf etmiş ölkələrin iqtisadiyyatında kifayət qədər hüquqi tənzimləmə tarixi olan, dövlət orqanları ilə özəl subyektlər arasında müqavilələr böyük əhəmiyyət kəsb edir. Yeri gəlmişkən, xüsusi hüquqi tənzimləmə rejiminə malik bu müqavilələr adı mülki hüquq müqavilələrindən fərqlidir.

Hazırda ödənişli xidmətlər üzrə müqavilələr müxtəlif ölkələrin qanunvericiliyində intensiv şəkildə inkişaf etməyə başlamışdır. Belə ki, bu gün Avropa Birliyi ölkələrinin xidmət sektorunda bütün işçilərin təxminən 60%-i, işlədiyi halda, sənayedə bu 13% təşkil edir. Xidmət anlayışı çox geniş xarakterlidir. Belə ki, AİB Müqaviləsində təqdim edilən xidmət növlərinin təsnifatına aşağıdakılar daxildir: a) sənaye xarakterli fəaliyyətlər; b) ticarət xarakterli fəaliyyət; c) sənətkarların fəaliyyəti; d) azad peşələrin sahiblərinin fəaliyyəti; e) turizm fəaliyyəti; f) radioməlumatlar, o cümlədən radio vasitəsilə reklam [4 s.75–77].

Ümumdünya Ticarət Təşkilatı (ÜTT) Xidmətlərin Ticarəti üzrə Baş Sazişində (1-ci hissə, Maddə 1 (b)) müəyyən edir ki, xidmətlərə dövlət hakimiyyətinin həyata keçirilməsi xidmətləri istisna olmaqla, iqtisadiyyatın istənilən sektorunda xidmətlər daxildir [11, s.49].

Müxtəlif ölkələrin iqtisadiyyatında xidmət sahəsinin geniş təmsil olunması və xidmətlərin göstərilməsi ilə bağlı iqtisadi əlaqələrin inkişafı, şübhəsiz ki, bu münasibətləri tənzimləyən müqavilə formalarının inkişafına və təkmilləşməsinə və yeni müqavilə növlərinin yaranmasına səbəb olur. Satışdan sonrakı dövrdə məhsulun istismarının keyfiyyətinin saxlanmasına yönəlmiş müxtəlif növ texniki, konsaltinq, informasiya xidmətləri institutunun inkişafına xüsusi diqqət yetirilməlidir. Marketing nəzəriyyəsi nöqtəyi-nəzərindən məhsul haqqında müasir fikirlər təkcə məhsulun özünü deyil, həm də məhsulun düzgün işləməsinə təmin edən bütün əlavə xidmətləri (qarantıya, çatdırma, qablaşdırma, təmir təminatı və s.) əhatə etdiyindən, bu xidmət növünün əhəmiyyəti də artacaqdır. Marketing nəzəriyyəsində belə məhsul gücləndirilmiş məhsul adlanır.

Eyni zamanda, beynəlxalq kommertiya əqdlərinin müstəqil növlərinə çevrilmiş kifayət qədər növə (məsləhətçi, texnoloji, tikinti, mühəndis-texniki xidmətlərin göstərilməsi və s.) malik mühəndislik (inginerinq) sahəsində əqli mülkiyyətin verilməsi və istifadəsi ilə bağlı münasibətlərin müqavilə formalarının daha da inkişafını və təkmilləşdirilməsini qeyd edə bilərik.

Müasir müqavilə hüququnun xüsusiyyətlərindən biri qarışıq müqavilə dizaynının, yəni bir neçə müqavilə növünün elementlərini birləşdirən müqavilə-hüquqi münasibətin geniş yayılmasıdır.

Dördüncü tendensiya – dövlət-hüquqi tənzimləmələri ilə müəyyən edilmiş azadlığa artan məhdudiyyətlərlə müqavilə azadlığı prinsiplərinin birləşməsidir.

Müqavilə azadlığı müqavilə hüququnun əsas prinsipidir. Bu prinsip demək olar ki, bütün dövlətlərin müqavilə hüququnda və əlaqədar beynəlxalq sənədlərdə təsbit olunmuşdur. Məqsədi dövlətlər, eləcə də və dövlət qrupları arasında xüsusi, həmçinin kommertiya hüququnun müasirləşdirilməsi, harmonizasiyası və əlaqələndirilməsi ehtiyaclarını və metodlarını öyrənmək, bu məqsədlərə nail olmaq üçün vahid hüquq alətlərini, prinsipləri və qaydaları formalaşdırmaq [12] olan hökumətlərarası Beynəlxalq Xüsusi Hüququn Unifikasiyası İnstitutu (fr. UNIDROIT) müqavilə azadlığı prinsipinin beynəlxalq səviyyədə möhkəmlənməsi istiqamətində mühüm işlər görmüşdür. Təşkilatın 1984-cü ildən beynəlxalq işçi qrupu tərəfindən tərtib edilmiş və 64 üzv dövlətin hökumətini təmsil edən Şura tərəfindən ratifikasiya edilmiş və məqsədi onların tətbiq ediləcəyi ölkələrin hüquqi əməllərindən, iqtisadi və siyasi şərtlərindən asılı olmayaraq, bütün dünyada istifadə üçün nəzərdə tutulmuş balanslaşdırılmış qaydalar toplusunu yaratmaq olan – Beynəlxalq Kommertiya Müqavilələrinin Prinsiplərinin (UNIDROIT prinsipləri) 1.1 maddəsində deyilir ki, “Tərəflər müqavilə bağlamaqda və onun məzmununu müəyyən etməkdə azaddırlar” [13].

Müasir iqtisadi şəraitdə müqavilə azadlığı prinsipinin məzmunu, ilk növbədə, vətəndaşların və hüquqi şəxslərin müqavilə bağlamaqda azadlığının tanınması deməkdir. İkincisi, tərəflərin bağladıkları müqavilənin şərtlərini müəyyən etmək azadlığını təsbit edir. Kiçik şərhlərə baxmayaraq, müqavilə azadlığı prinsipinin məzmunu ayrı-ayrı ölkələrin qanunvericiliyində, o cümlədən Azərbaycan Respublikası Mülki Məcəlləsinin 390.1 maddəsində də oxşar şəkildə əks olunmuşdur.

Müqavilə azadlığı heç də o demək deyil ki, dövlət bu münasibətləri tənzimləmək üçün heç bir publik hüquqi tənzimləmə qaydaları tətbiq etmir və heç bir şəkildə müqavilə azadlığı deyilən şeyi məhdudlaşdırmır.

Müqavilə azadlığı dövlətin müqavilə münasibətlərinə müdaxiləsini istisna etmir. Vaxtilə rus sivilisti G.F. Şerşeneviç mülki həyatının zəruri şərti və qanunvericilik siyasətinin əsas prinsipi kimi təqdim edilən qeyri-məhdud müqavilə azadlığının ictimai maraqların təsiri altında məhdudiyyətlərə məruz qalmasına diqqət çəkib. Bununla belə, sərhədsiz fərdiyyətçiliyə qarşı dövlət müdaxiləsinin başlanmasının təntənəsini ifadə edən yeni cərəyan müqavilə azadlığı prinsipini aradan qaldırmır [14, s.462].

Rusiya klassik sivilist məktəbinin digər bir nümayəndəsi – İ.A. Pokrovski qeyd edirdi ki, bütün müasir qanunvericilikdə müqavilə azadlığı prinsipi təkcə qanundan deyil, həm də bəzi digər qeyri-hüquqi meyarlardan, məsələn, “ictimai asayiş” və “xoş əxlaq” məhdudiyyətlərinə məruz qalır [2, s.251]. Ümumilikdə iqtisadi münasibətlərin tənzimlənməsi sahəsində publik hüquq və xüsusi hüquq arasında optimal balansın yaradılması bir çox dövlətlərdə ən çətin vəzifələrdən biridir.

Müqavilə azadlığı prinsipinin məhdudlaşdırılmasını aşağıdakı istiqamətlərdə müşahidə etmək olar:

Birincisi, antiinhisar qanunvericiliyi müəyyən növ müqavilələri məhdudlaşdırır və ya birbaşa qadağan edir. Buraya, tərəflər üçün bu və ya digər məhsulun istehsal həcmi müəyyən edən, satış bazarlarını müxtəlif meyarlar üzrə bölüşdürən, qiymət diktəsinə və malların dempinq qiymətləri ilə satışına imkan verən və s. bu tip müqavilələr daxildir. Bir çox Qərbi Avropa ölkələrində “məhdudlaşdırıcı” müqavilələr inzibati dövlət orqanları və ya məhkəmə orqanlarında məcburi qeydiyyata alınır. Avropa Birliyi səviyyəsində isə 2004-cü ildə müvafiq tənziqləmə qaydaları (*Council Regulation (EC) No 1/2003 of 16 December 2002 on the implementation of the rules on competition laid down in Articles 81 and 82 of the Treaty*) qüvvəyə minənədək bu razılaşdırma (icazə) mexanizmi qüvvədə idi.

İkincisi, azadlıq prinsipinin məhdudlaşdırılması, peşəkar sahibkarlıq subyektinin daha zəif tərəfin, xüsusən də sahibkarlıq fəaliyyəti ilə bağlı olmayan istehlakçının şəxsi məqsədləri üçün məhsul və ya xidmət alması ilə əlaqədar tərəf olduğu müqavilə şərtlərinin məzmununa dövlət orqanları tərəfindən nəzarət edilməsində görünür.

Belə müqavilələrdə azadlığın məhdudlaşdırılması müqaviləyə müəyyən şərtlərin daxil edilməsi və ya müqavilədə istehlakçıların mənafeyinə zərər vuran müəyyən şərtlərin olmasına qadağa qoyulması yolu ilə həyata keçirilir. Bu cür yanaşma inhisarçı müəssisələrlə ondan mal alan təsərrüfat subyektləri ilə bağlanan müqavilələrdə də tətbiq edilir.

Bəzi ölkələrin qanunvericiliyi sahibkarlıq sahəsində yeni olan müqavilə münasibətləri subyektləri üçün gücləndirilmiş müdafiə rejimini nəzərdə tutur. Bu mənada ABŞ-da franqayzinq müqaviləsinin bağlanması qanunvericiliklə tənziqlənməsi təcrübəsi maraqlıdır. Amerika iqtisadiyyatında franqayzinqin geniş yayılması və təsiri sui-istifadə hallarına gətirib çıxarmışdır. Bununla bağlı, ABŞ Federal Ticarət Komissiyası (FTK) 1979-cu ildə 436 sayılı Qərar qəbul etmişdir ki, bu ABŞ-da franqayzinq təklif edən hər bir franqayzərdən franqayzerin şəxsiyyətini, o cümlədən franqayzerin müflisləşmə hadisəsini açıqlayan sənədin potensial alıcıya təqdim edilməsini, qeyd olunan FTK Qərarında nəzərdə tutulmuş şərtlərin franqayzer müqaviləsinin özünün məzmununda əks olunmasını tələb edir. Qərarla bu sənədin müqavilənin imzalanmasına ən azı 10 gün qalmış təqdim edilməsi müddəti də tənziqlənir. Bu müddət potensial franqayzinin hüquqşünas, mühəsib və ya biznes məsləhətçisi ilə məsləhətləşməsinə imkan vermək üçün müəyyən edilir [9, s.116–121].

Üçüncüsü, dövlət müqavilələrin müəyyən şərtlərinin məzmununu, məsələn, qiymət əmələgəlməsini müəyyən edir. İctimai maraqlara məhəl qoymamaq fəlsəfəsi və vaxtilə ABŞ-da mövcud olmuş ““General Motors” üçün yaxşı olan ölkə üçün də yaxşıdır” kimi yanaşmalar iqtisadi, siyasi və hüquqi qərarlar üçün uyğun deyil. Hətta müqavilə tənziqlənməsi sahəsində də ictimai maraqlı dövlətləri müqavilə azadlığı prinsipinə məhdudiyətlər qoymağa məcbur edir.

Müqavilələrin inkişafında dördüncü istiqamət – öhdəliklərin yerinə yetirilməsini təmin etmək yolları sisteminin işlənilməsi hazırlanmasıdır. ABŞ Vahid Kommersiya Məcəlləsinin (VKM) əqdlərin icrasının təmin edilməsi ilə bağlı bölməsi bu nöqtəyi-nəzərdən diqqətəlayiqdir. ABŞ VKM-ə görə “təhlükəsizlik marağı” kateqoriyası öhdəliyin ödənilməsinə və ya icrasını təmin edən daşınar və ya daşınmaz əmlakla olan maraqlı deməkdir (Maddə 1-201 (36)) [15].

Qərb hüquq sistemlərində son vaxtlar daşınar əmlakın ipotekası, şərti satış, üstünlük hüququ, habelə təhlükəsizlik məqsədləri üçün mülkiyyət hüququnun ötürülməsi və saxlanması kimi öhdəliyin təmin edilməsi üsulları inkişaf etmişdir [3, s.86].

Ən yeni mülki qanunvericiliklərə (o cümlədən AR-in müvafiq qanunvericiliyinə) uyğun olaraq öhdəliklərin yerinə yetirilməsi üsullarına gəldikdə, qeyd etmək lazımdır ki, onlardan bəziləri

(beh, dəbbə pulu (cərimə, penya), zaminlik, girov) Roma xüsusi hüququna məlum olan ənənəvi üsullar sırasındadır. Eyni zamanda, Mülki Məcəllə icranın təmin edilməsinin bank zəmanəti, qarantıya və borclunun əmlakının saxlanması kimi əvvəllər qanunvericilikdə olmayan üsulları nəzərdə tutur.

Beşinci istiqamət, əsas hüquq müdafiə vasitəsi kimi itkilərin universallaşdırılması istiqamətində müqavilə məsuliyyəti institutunun təkmilləşdirilməsidir. Müqavilə öhdəliyi yerinə yetirilmədikdə və ya lazımcı yerinə yetirilmədikdə, hüququ pozulmuş tərəf qanunla nəzərdə tutulmuş həmin hüquqi vasitələrdən istifadə etməklə öz hüquqlarını həyata keçirmək haqqına malikdir.

Romano-german hüquq ailəsinə aid olan ölkələrin qanunvericiliyində müqavilələr üzrə məsuliyyət prinsiplərindən biri də hələ Roma hüququnda müəyyən edilmiş “müqavilələr yerinə yetirilməlidir” (pacta sunt servanda) prinsipidir. Öhdəliyin natura şəklində yerinə yetirilməsi mümkün olmadıqda pul kompensasiyası verilir. Lakin, bəzi Qərb ölkələrinin hüquq sistemi bir sıra hallarda bu prinsipdən kənara çıxır.

Bu, ilk növbədə iqtisadi şəraitlə bağlıdır. Belə ki, iqtisadi və sosial sarsıntılar qarşısında müqavilənin zəifliyi artır, məsələn, dövlətin iqtisadi prosesləri tənzimləmə fəaliyyəti, onun normativ aktları ləğv etməsi və ya yenisini qəbul etməsi nəticəsində müqavilənin icrası sadəcə qeyri-mümkün olur [3, s.85].

Anglo-Sakson hüququnda öhdəliyin natura şəklində icrası məhkəmənin mülahizəsinə əsasən müstəsna müdafiə vasitəsi kimi istifadə olunur. Müqavilə öhdəliyi pozulduqda, kreditör zərərin əvəzinin ödənilməsinə tələb edə bilər. Beləliklə, müqavilə öhdəliklərinin yerinə yetirilməməsi və ya lazımcı yerinə yetirilməməsi halında dəymiş zərərin ödənilməsi üstünlük təşkil edir.

Beynəlxalq kommertiya müqavilələri üzrə UNIDROIT prinsiplərinin 7.4.1 maddəsinə əsasən, “Bu prinsiplərdə nəzərdə tutulan hallar istisna olmaqla, istənilən icra etməmə zərəri çəkmiş tərəfə ya müstəsna olaraq, ya da hər hansı digər hüquqi müdafiə vasitələri ilə birlikdə zərərinin ödənilməsi hüququ verir” [13]. Bu müddəə demək olar ki, AR MM-in 21.1-ci maddəsi (Zərərin əvəzinin ödənilməsi) ilə tam uyğundur [16].

Bir çox ölkələrin qanunvericiliyi bu məsələdə dəymiş zərərin tam ödənilməsi prinsipindən çıxış edir. Zərərlərə aşağıdakılar daxildir: borclunun öz öhdəliyini yerinə yetirməməsi nəticəsində kreditörün çəkdiyi real zərəri və əldən çıxmış fayda, yəni öhdəliyin lazımı qaydada yerinə yetirildiyi təqdirdə kreditörün ala biləcəyi gəlirlər. Bu definisiya AR MM-in 21.2-ci maddəsinin məzmunu ilə tam eynidir.

ABŞ qanunvericiliyində pozuntunun xarakterindən asılı olaraq zərərlər kompensasiya və morator olmaqla, iki qrupa bölünür. Zərərin kompensasiyası – öhdəliyin yerinə yetirilməməsinə görə ödənilir və icra edilməməni əvəzləyir. Morator ödəmə icrada gecikmə üçün edilir. Hesablama üsuluna görə itkilər konkret və abstrakt olmaqla ayrılır. Konkret itkilər müqavilənin pozulması nəticəsində tərəflərdən birinin məruz qaldığı faktiki itkilərdir (həm real (müsbət) zərəri, həm də əldən çıxmış fayda ola bilər). Kommertiya əqdləri sahəsində itkilərin hesablanması sadələşdirilmiş üsulundan tez-tez istifadə olunur. Məsələn, müqavilə qiyməti ilə bazar qiyməti arasındakı fərqi hesablama buna misal ola bilər.

Zərərin bu cür hesablanmasına İngiltərə müvafiq qanunvericiliyində (İngiltərənin Malların Satışı Qanununun 50-ci (Qəbul edilməmə ilə bağlı dəyən zərəri) və 51-ci (Çatdırılmama ilə bağlı dəyən zərəri) maddələrində [17] rast gəlirik.

Zərərlərin miqdarının müəyyən edilməsi bəzən müəyyən çətinliklərə səbəb olur, buna görə də müqavilələr bağlanarkən mümkün itkilərin miqdarı çox vaxt müəyyən edilir və ya sabit məbləğdə itkilər adlanır. Hüquq müdafiə vasitələri haqqında tələblər irəli sürərkən iddiaçı müqavilənin bağlanması faktını, onun pozulmasını, dəymiş zərərin miqdarını, habelə iddiaçının tələb etdiyi müdafiə vasitəsinə hüququnu sübut etməlidir.

Altıncı bir istiqamət kimi son dövrlər müqavilənin ingilis-sakson hüquq sistemində olduğu kimi, roman-german hüquq sistemli ölkələrdə də hüququn mənbəyinə çevrilməsi ilə bağlı müzakirələrin getməsidir. Lakin, mövcud ədəbiyyatlara baxdıqda roman-german hüquq sistemli ölkələrdə hələ də hüququn mənbələri arasında müqaviləyə rast gəlmirik [18, s.18-20]. Bu istiqamətin gələcək inkişafı həmin ölkələrdə müqavilə əsaslı hüquqi tənzimləmənin əhəmiyyətini daha da artırardı.

Beləliklə, görürük ki, müasir iqtisadi dövriyyədə və sahibkarlıq münasibətlərində müstəsna rol oynayan müqavilə hüququ artan tələblərə və əhatə dairəsinə müvafiq olaraq, dinamik yenilənir və şaxələnir. Xüsusilə, hüquqi münasibətlərin ən dispoitiv sahələrindən biri olan sahibkarlıqla (kommersiya ilə) bağlı müqavilə münasibətləri sahəsində yeni institutlar, normalar və formalar meydana çıxır. Bir sıra (xüsusilə ingilis-sakson hüquq sistemində malik) ölkələrdə hüququn mənbələrindən biri sayılan müqavilələrin dinamik və innovativ inkişaf edən mülki dövriyyə proseslərinin hüquqi tənzimləməsi üçün çevik forma və mexanizmlər təqdim etməsi, onun rolunun və inkişaf istiqamətlərinin getdikcə daha da artaraq güclənəcəyinin göstəricisidir.

ƏDƏBİYYAT

1. Contracts Law and its Modern Trends: The Ecuadorian Case. -Universitas, -vol. -70, -2021. - p. 5. -Pontificia Universidad Javeriana.
<https://www.redalyc.org/journal/825/82569129010/82569129010.pdf>
2. Покровский И.А. Основные проблемы гражданского права. -М. -1998, -стр. 5, 251.
3. Кулагин М.И. Предпринимательство и право: Опыт Запада. -М. -1992, -стр. 31, 72,73,85,86.
4. Топорин Б.Н. Европейское право: учебник. М. 1999, -стр. 15,19,75-77.
5. Договор, учреждающий Европейское Сообщество (в редакции Ниццкого договора). - Статья 96. https://eulaw.ru/treaties/teuratom_edit/.
6. Council Directive 86/653/EEC of 18 December 1986 on the coordination of the laws of the Member States relating to self-employed commercial agents. Document 31986L0653. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A31986L0653> .
7. Richard Stone. The Modern Law of Contract. Eighth Edition. -2010. -p. 3. -Abingdon, UK.
8. Белых В.С. Качество товаров в английском договоре купли-продажи. -М. -2021, -стр. 37.
9. Шаблова Е.Г. Договор франчайзинга в американском праве // -Преобразования в управлении предприятиями в постиндустриальной экономике: сборник научных трудов. – Екатеринбург, -1999, -стр.116-121.

10. Баяндин Д.И. Договор как основание возникновения дочерного общества (зависимого предприятия) по законодательству России и Германии. -Вестник ЮурГУ, -№27, -2011, -стр. 81. https://cyberleninka.ru/viewer_images/14231794/f/1.png
11. World Trade Organization. International legal materials. -1994. -Vol. 33. -Number 1. January, -p. 49.
12. The International Institute for the Unification of Private Law (UNIDROIT). <https://www.unidroit.org/about-unidroit/> .
13. UNIDROIT Principles of International Commercial Contracts - 2016. <https://www.unidroit.org/wp-content/uploads/2021/06/Unidroit-Principles-2016-English-bl.pdf>.
14. Shershenevich G.F. Uchebnik russkogo grazhdanskogo prava – М. Statut, -2015. -т.2, -p. 462.
15. Uniform Commercial Code of USA. § 1-201. General Definitions. -201 (36). <https://www.law.cornell.edu/ucc/1/1-201>.
16. Azərbaycan Respublikasının Mülki Məcəlləsi. <https://e-qanun.az/framework/46944>.
17. Sale of Goods Act 1979. UK Public General Acts -1979. -с.54. <https://www.legislation.gov.uk/ukpga/1979/54>.
18. Ершова И. В. Предпринимательское право: Правовое сопровождение бизнеса. -Москва. -2018, -стр. 18-20.

REFERENCES

1. Contracts Law and its Modern Trends: The Ecuadorian Case. -Vniversitas, -vol. -70, -2021.- p.5.-Pontificia Universidad Javeriana. <https://www.redalyc.org/journal/825/82569129010/82569129010.pdf>
2. Pokrovskiy I.A. Osnovnye problemy grazhdanskogo prava. -М. -1998,-str.5,251.
3. Kulagin M.I. Predprinimatelstvo i pravo: Opyt Zapada. М. 1992, -str.31,72,73,85,86.
4. Toporin B.N. Evropeyskoe pravo: uchebnik. М. 1999, -str.15,19,75-77.
5. Dogovor, uchrezhdayushiy Evropeyskoe Soobshestvo (v redaktsii Nitsstskogo dogovora). - Statya 96. https://eulaw.ru/treaties/teuratom_edit/ .
6. Council Directive 86/653/EEC of 18 December 1986 on the coordination of the laws of the Member States relating to self-employed commercial agents. Document 31986L0653. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A31986L0653>.
7. Richard Stone. The Modern Law of Contract. Eighth Edition. -2010. -p.3.- Abingdon, UK.
8. Belyh V.S. Kachestvo tovarov v angliyskom dogovore kupli-prodazhi. -М. -2021, -str.37.
9. Shablova E.G. Dogovor franchayzinga v amerikanskom prave.//- Preobrazovaniya v upravlenii predpriyatiyami v postindustrialnoy ekonomike: sbornik nauchnykh trudov. - Ekaterinburg, -1999, -str.116-121.
10. Bayandin D.I. Dogovor kak osnovanie vznikoveniya dochernogo obshestva (zavisimogo pridpriyatiya) po zakonodatelstvu Rossii Germanii.-Vestnik YuurGU,-№27,-2011,-str.81. https://cyberleninka.ru/viewer_images/14231794/f/1.png
11. World Trade Organization. International legal materials. -1994. -Vol. 33. -Number 1. January, -p.49.

12. The International Institute for the Unification of Private Law (UNIDROIT).
<https://www.unidroit.org/about-unidroit/> .
13. UNIDROIT Principles of International Commercial Contracts - 2016.
<https://www.unidroit.org/wp-content/uploads/2021/06/Unidroit-Principles-2016-English-bl.pdf> .
14. Shershenevich G.F. Uchebnik russkogo grazhdanskogo prava – M. Statut, -2015. t.2., -p.462
15. Uniform Commercial Code of USA. § 1-201. General Definitions.-201 (36).
<https://www.law.cornell.edu/ucc/1/1-201>.
16. Azərbaycan Respublikasının Mulki Mejllesi. <https://e-qanun.az/framework/46944>.
17. Sale of Goods Act 1979. UK Public General Acts -1979. -s.54.
<https://www.legislation.gov.uk/ukpga/1979/54>.
18. Ershova I. V. Predprinimatelskoe pravo: Pravovoe soprovozhdenie biznesa. -Moskva. - 2018, -str.18-20.

MODERN DEVELOPMENT DIRECTIONS OF CONTRACT LAW

Gojayev E.A.

National Aviation Academy

The article discusses the modern development directions of contract law at the international level, its features, specific aspects in individual legal systems and countries. In the process of development of contract law of various legal systems, a number of issues (directions) of legal-theoretical and practical importance have arisen. Understanding these directions has not only broadened the views and ideas on modern contract law, but also helps to more competently solve existing problems in the conclusion and implementation of economic transactions. As one of the most important elements of free economic relations, the contract and the mechanism of legal regulation related to it are also constantly developing. The study discusses the emergence of new types of contracts and their examples reflected in international acts, precisely in accordance with the dynamic development and diversification of modern economic (entrepreneurship) activity.

References are made to international and foreign experience and legislative examples in connection with the study of the topic. Thus, during the research, international documents such as the Principles of International Commercial Contracts (UNIDROIT Principles), the Vienna Convention on Contracts for the International Sale of Goods, documents on the European Union (EU), the General Agreement on Trade in Services of the World Trade Organization (WTO), and relevant legislation of countries such as the USA, Azerbaijan, England, and Russia were reviewed.

Key words: *Contract law, freedom of contract, new types of contracts, restriction, Civil Code, directions, entrepreneurship, commerce, UNIDROIT, Anglo-Saxon, USA, Europe.*

Rəyçilər: *h.e.d., dos. Əsgərova M.P.*

h.e.d., dos. Qarayev R.M.

Müəllif haqqında məlumat

Soyadı, adı, atasının adı	İş yeri	Vəzifəsi, elmi dərəcəsi, elmi adı	Əlaqə
Eldar Adıgözəl oğlu Qocayev	Milli Aviasiya Akademiyası	“Hüquqşünaslıq” kafedrasının baş müəllimi, h.f.d.	egojaye@gmail.com ; eldar.gojayev@naa.edu.az mob: (+994) 050 325-41-25

MÜNDƏRİCAT

AVİASIYA VƏ RAKET-KOSMİK TEXNİKASI

1. Ərazisində yerüstü nəqliyyat vasitələrinin hərəkət intensivliyinə nəzarət üsulu.
Həsənov A.R., Ağayev E.A., Əhmədov R.Ə. 1
2. Təyyarə şassisinin amartizatorunun drosse dəliyiindən maye axınının hidrodinamik müqavimətinin hesablanması nəzəri əsasları.
Mustafayev M.R., Pənahova N.C., Rəhimova S.M. 9

CİHAZQAYIRMA

3. Polianilin-təkqat karbon nanoboru əsaslı hibrid qaz sensorunun sintezi və xarakteristikaları 19
Zeynalova Ş.H., Mustafayev M.M.

İNFORMASIYANIN EMALI

4. Virtual texnologiyaların təhsilin keyfiyyətinə təsirinin informasiya və sistemli analiz əsaslı intellektual qiymətləndirilməsi üçün metod və alqoritmlər. 31
Əhmədov L.N., Osmanlı T.E.

İNFORMASIYA TEXNOLOGİYALARI

5. Kollektiv fəaliyyətin qiymətləndirilməsində multi- agent sistemlərinin tədqiqinin və tətbiqinin problemləri. 46
Ağayev N.B., Əmirxanlı D.Ş, Amanov R.Ş.

HÜQUQ

6. Cinayət prosesində çəkişmə prinsipinin konstitusion-hüquqi təhlili. Qədirov A. X. 59
7. Mülki hava gəmilərinə lazer hücumu. Nağıyev N.T., Əhmədov H.Ə. 67
8. Müqavilə hüququnun müasir inkişaf istiqamətləri. Qocayev E.A. 73

CONTENTS

AVIATION AND ROCKET SPACE TECHNOLOGY

1. A method for controlling ground transport vehicles traffic intensity in airport area.
Hasanov A.R., Aghayev E.A., Ahmadov R.A. 1
2. Theoretical basis for calculating hydrodynamic resistance of fluid flow through the throttle of the shock absorber hole of the aircraft landing gear.
Mustafaev M.R., Panahova N.S., Rahimova S.M.
(Теоретические основы расчета гидродинамического сопротивления перетока жидкости через дроссель отверстия амортизаторов шасси самолета.
Мустафаев М.Р., Панахова Н.С., Рагимова С.М.) 9

INSTRUMENTATION

3. Synthesis and characteristics of a polyaniline-single walled carbon nanotubes based hybrid gas sensor. Zeynalova Sh.H., Mustafayev M.M. 19

INFORMATION PROCESSING

4. Methods and algorithms for information and systematic analysis-based intellectual assessment of the impact of virtual technologies on the quality of education
Ehmedov L.N., Osmanli T.E. 31

INFORMATION TECHNOLOGY

5. Modern problems of research and application of multi-agent systems in assessment of collective activity.
Aghayev N.B., Amirkhanli D.Sh., Amanov R. Sh. 46

LAW

6. Constitutional-legal analysis of the adversarial principle in criminal procedure. Gadirov A.X. 59
7. Laser attack on civil aircraft. Nagiyev N.T., Ahmadov H.A. 67
8. Modern development directions of contract law. Gojayev E.A. 73

Məqalələrin təqdim olunma qaydaları

Məqalələr Azərbaycan, rus və ingilis dillərində qəbul olunur. Hər bir məqaləyə Azərbaycan, rus və ingilis dillərində xülasə və açar sözlər verilməlidir. Çapa təqdim olunan məqalələr A4 formatda, 12 ölçülü şriftlə (cədvəllər, şəkillər və şəkilaltı yazılar 11 ölçülü şriftlə), ağ kağızda bir intervalla çap olunmalıdır. Boşluqlar: vərəqin bütün kənarlarından 2 sm. Məqalənin həcmi: orijinal məqalələr üçün 10, icmal məqalələr üçün 15 səhifədən artıq olmamalıdır. Məqalələr 2 nüsxədə çap və elektron variantda (WORD) təqdim olunur. Əlyazmalar müəlliflərə qaytarılmır. Digər təşkilatlardan olan müəlliflərin məqalələri onların işlədiyi təşkilatın məktubu ilə birlikdə təqdim olunmalıdır.

Məqalələrə müsbət rəy verildikdən sonra redaksiya heyətinin qərarı ilə çap olunur.

1. Hər bir məqalə onun UOT-u və ya PACS-ı, DOI-si, adı, müəlliflərin adı, ata adı, soyadları, elektron ünvanları, təşkilatın adı, məqalənin yazıldığı dildə bir intervalla çap olunmalı, qısa annotasiya və açar sözlərlə başlanmalıdır.

2. Ədəbiyyata istinad (References):

- ədəbiyyata istinad məqalədə rast gəlinəni ardıcılıqla işlənməlidir.

Sitat gətirmə qaydası:

- dövrü jurnallardakı məqalələr: müəlliflərin A.A. Soyadları, məqalənin adı, dövrü jurnalın adı, çap olunma ili, cildi, nömrəsi, səhifə nömrəsi;

- konfrans materialları və tezislər: müəlliflərin A.A. Soyadları, konfrans materialları və ya tezisnin adı, konfransın adı, keçirildiyi yer və il, çap materialının cildi, nömrəsi və səhifələri;

- kitablar: müəlliflərin soyadları, kitabın adı, çap olunduğu nəşriyyat, il və yer, səhifələrin sayı, təkrar istinadlarda isə səhifə nömrəsi verilir.

References - ədəbiyyatın orijinal dildə ingilis əlifbası ilə verilmiş variantıdır.

3. Annotasiya.

Annotasiya digər iki dildə 200-250 sözdən az olmayaraq, ayrıca vərəqdə çap olunmalıdır.

4. Açar sözlər.

Azərbaycan, rus və ingilis dillərində 8-10 söz.

5. Rəsmlər və şəkillər.

Rəsmlər və şəkillər yazıları və izahatları ilə ayrıca təqdim olunmalıdır. Ölçülər: 6 sm x 6 sm-dən az və 23sm x 16 sm-dən çox olmayaraq. Qrafiklərin koordinat oxları minimum rəqəm tərkibli olmalıdır. Koordinat oxlarının adları çox aydın yazılmalıdır. Qrafiklərdəki hər bir xətt nömrələnmiş və izahlı şəkildə olan yazılarla verilməlidir.

6. Cədvəllər.

Cədvəllər ayrıca vərəqdə çap olunmalıdır. Onlar nömrələnməli və başlıqla verilməlidir.

7. Məqalənin sonunda müəlliflər haqqında məlumat verilir: adı, soyadı və atasının adı; elmi dərəcəsi və adı; elektron ünvanı; iş yeri və ünvanı; işin icra olunduğu şöbə, laboratoriya və ya kafedra; maraq dairəsi.

Verilmiş tələblərə uyğun gəlməyən məqalələrə baxılmır!!!

Publication guidelines for articles in the Scientific Journal of National Aviation Academy

Articles are accepted in Azerbaijani, Russian or English. Each article should have an abstract and keywords in Azerbaijani, Russian and English. Articles submitted for publication should be printed with one interval on white A4 paper, font size 12 (tables, figures and captions for figures, font size 11). Margins: 2 cm on all edges page. Article length for original articles is no more than 10 pages, and 15 pages for review articles. Both articles should be submitted in 2 copies in printed and electronic version. The copies must be typed in the Microsoft Word text editor. Manuscripts of articles are not returned to the authors. For authors from other organizations, articles are accompanied by a letter and an examination certificate from the organization where they work. Articles are reviewed.

Only the articles received positive review of the Editorial Board are published.

1. Each article begins with UDC or PACS, DOI, title, information about the author(s), email address, name of the organization and a brief annotation in the original language of the article and keywords published in one interval.

2. References to literature (References):

- references should follow the order that are cited in the article
- Citation order:
 - articles in periodicals: Author's full name, title of the article, title of the periodical, year of publication, volume and page numbers;
 - conference publications and abstracts: Author's full name, title of the conference publication or abstract, conference title, place and year of the conference, volume number, page numbers.
 - books: Author's full name, title of the book, publisher, date and place, number of pages; when referring again, the page number is also given.

References – is the referred version of the original literature give with Latin script.

3. Abstract. The abstract of at least 200-250 words in two other languages printed on a separate paper.

4. Key words in Azerbaijani, Russian and English, 8-10 words.

5. Drawings and photographs with inscriptions and explanations are attached separately. Dimensions: not less than 6x6 cm and not more than 23x16 cm. The coordinate axes of the graphs must contain minimum numbers. The names of the coordinate axes must be written very clearly. Each line in the graphs should be given with numbered and well-explained figure captions.

6. Tables should be numbered, titled and printed on a separate sheet.

7. The author(s) information is given at the end of the article: full name; academic degree and academic title; place of work and address; department, laboratory or chair where the work was fulfilled; sphere of scientific interests; email address; contact numbers.

Articles that do not meet these requirements will not be considered!!!

Texniki redaktor

Q.C. Vəliyeva

Korrektorlar

k.f.d. L.N. Yüzbaşova, Z.A. Məmmədova, J.R. Əliyeva

Dizayner

T.V. Binnətəliyeva

“Elmi Məcmuə”nin redaksiya heyəti tərəfindən
nəşrə hazırlanmış və çapına icazə verilmişdir.

Technical editor

G.J.Valiyeva

Correctors

Phd (Chem.) L.N. Yuzbashova , Z.A. Mammadova, J.R.

Aliyeva **Designer**

T.V. Binnataliyeva

"Scientific Journal" prepared for publication by the
editorial board and permission to print

Çapa hazırlanmışdır: 16.07.2025

“Elmi Məcmuə”

“Azərbaycan Hava Yolları” Qapalı Səhmdar Cəmiyyəti

Hava Limanlarının İstismarı Baş İdarəsinin

Poliqrafiya Mərkəzində çap olunmuşdur.

Formatı - 60x84 ¹/₈.

Tiraj 50 nüsxə.