

ISSN 1815-1779



Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi
Ministry of Science and Education Republic of Azerbaijan
Министерство Науки и Образования Азербайджанской Республики



Azərbaycan Texniki Universiteti
Azerbaijan Technical University
Азербайджанский Технический Университет

ELMİ ƏSƏRLƏR

PROCEEDINGS

УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ



ELMİ ƏSƏRLƏR
Elmi-texniki jurnal

PROCEEDINGS
Scientific-technical journal

УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ
Научно-технический журнал

№2
2023

DOI: 10.61413/WQYK8792

Təsisçi: Azərbaycan Texniki Universiteti
Founder: Azerbaijan Technical University
Учредитель: Азербайджанский Технический Университет

Jurnal 1992-ci ildən nəşr olunur. Şahadətnamə №305.
The journal is published since 1992. Certificate No. 305.
Журнал издается с 1992 года. Сертификат №305.

REDAKSIYA HEYƏTİ

Baş redaktor:

prof. V.M.Vəliyev

Baş redaktorun müavinləri:

prof. N.A.Yusifbəyli

prof. S.N.Namazov

Məsul katib:

t.f.d. X.M.Nəbiyev

Redaksiya heyətinin üzvləri:

akademik A.M.Paşayev

(Azərbaycan)

akademik T.A.Əliyev (Azərbaycan)

AMEA-nın müxbir üzvü

A.Z.Məlikov (Azərbaycan)

prof. V.Mixaylov (Almaniya)

prof. S.Təkəli (Türkiyə)

prof. S.Simon (Almaniya)

prof. İ.A.Babayev (Azərbaycan)

prof. M.Güdəm (Türkiyə)

prof. Z.D.Kovalyuk (Ukrayna)

prof. N.V.Zik (Rusiya)

prof. İ.A.Balova (Rusiya)

prof. H.N.Nəcəfov (Türkiyə)

prof. M.İsmayilov (Türkiyə)

prof. E.Ə.Məsimov (Azərbaycan)

prof. P.D.Lazzaro (İtaliya)

prof. Z.A.Cahangirli (Azərbaycan)

prof. E.M.Qocayev (Azərbaycan)

prof. V.Ə.Qasimov (Azərbaycan)

prof. F.V.Yusifov (Azərbaycan)

prof. V.İ.Nəsirov (Azərbaycan)

prof. A.N.Məmmədov

(Azərbaycan)

prof. R.M.Rzayev (Azərbaycan)

prof. A.Y.Yerşov (Rusiya)

prof. İ.İ.Əliyev (Azərbaycan)

prof. Ə.Q.Əlirzayev (Azərbaycan)

prof. F.Ə.Qənbərov (Azərbaycan)

dos. A.N.Eminov (Azərbaycan)

dos. H.B.Quliyev (Azərbaycan)

i.e.f.d. N.V.Namazova (Azərbaycan)

EDITORIAL BOARD

Chief editor:

prof. V.M.Valiyev

Deputy chief editors:

prof. N.A.Yusifbayli

prof. S.N.Namazov

Senior secretary:

PhD Kh.M.Nabiyev

Member of the editorial board:

academician A.M.Pashayev

(Azerbaijan)

academician T.A.Aliyev

cor.member of ANAS A.Z.Melikov

(Azerbaijan)

prof. V.Mikhailov (Germany)

prof. S.Tekeli (Turkey)

prof. S.Simon (Germany)

prof. İ.A.Babayev (Azerbaijan)

prof. M.Guden (Turkey)

prof. Z.D.Kovalyuk (Ukraine)

prof. N.V.Zik (Russia)

prof. İ.A.Balova (Russia)

prof. H.N.Najafov (Turkey)

prof. M.Ismailov (Turkey)

prof. E.A.Masimov (Azerbaijan)

prof. P.D.Lazzaro (Italy)

prof. Z.A.Jahangirli

(Azerbaijan)

prof. E.M.Godjayev (Azerbaijan)

prof. V.A.Gasimov (Azerbaijan)

prof. F.V.Yusifov (Azerbaijan)

prof. V.İ.Nəsirov (Azerbaijan)

prof. A.N.Mammadov

(Azerbaijan)

prof. R.M.Rzayev (Azerbaijan)

prof. A.Y.Yershov (Russia)

prof. İ.İ.Aliyev (Azerbaijan)

prof. A.G.Alırzaev (Azerbaijan)

prof. F.A.Ganbarov (Azerbaijan)

ass.prof. A.N.Eminov (Azerbaijan)

ass.prof. H.B.Guliyev (Azerbaijan)

PhD N.V.Namazova (Azerbaijan)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор:

проф. В.М.Валиев

Зам. гл. редактора:

проф. Н.А.Юсифбейли

проф. С.Н.Намазов

Ответственный секретарь

д.ф.т. Х.М.Набиев

Члены редакционной коллегии:

академик А.М.Пашаев

(Азербайджан)

академик Т.А.Алиев

(Азербайджан)

член-корреспондент НАНА

А.З.Меликов (Азербайджан)

проф. В. Михайлов (Германия)

проф. С.Текели (Турция)

проф. С.Симон (Германия)

проф. И.А.Бабаев (Азербайджан)

проф. М.Гюден (Турция)

проф. З.Д.Ковалюк (Украина)

проф. Н.В.Зик (Россия)

проф. И.А.Балова (Россия)

проф. Х.Н.Наджафов (Турция)

проф. М.Исмаилов (Турция)

проф. Е.А.Масимов (Азербайджан)

проф. П.Д.Лаззаро (Италия)

проф. З.А.Джахангирли

(Азербайджан)

проф. E.M.Годжаев (Азербайджан)

проф. В.А.Гасымов (Азербайджан)

проф. Ф.В.Юсифов (Азербайджан)

проф. В.И.Насиров (Азербайджан)

проф. А.Н.Мамедов

(Азербайджан)

проф. Р.М.Рзаев (Азербайджан)

проф. А.Е.Ершов (Россия)

проф. И.И.Алиев (Азербайджан)

проф. А.Г.Алирзаев (Азербайджан)

проф. Ф.А.Ганбаров (Азербайджан)

доц. А.Н.Эминов (Азербайджан)

доц. Х.Б.Гулиев (Азербайджан)

д.ф.э. Н.В.Намазова (Азербайджан)

Redaksiyanın ünvanı: AZ1073, Bakı ş., H.Cavid prosp., 25. AzTU.

Tel.: (+99412)5391452; <https://proceedings.aztu.edu.az>; E-mail: elmieserler@aztu.edu.az

Azərbaycan Texniki Universitetinin “Elmi əsərlər” jurnalında fizika, riyaziyyat, kimya, mexanika, avtomatika, informatika, telekommunikasiya, maşınqayırma, elektrotexnika, metallurgiya, maşınşünaslıq, energetika, iqtisadiyyat, nəqliyyat, ekologiya bölmələri üzrə məqalələr və qısa məlumatlar dərc edilir.

Articles and brief information on physics, mathematics, chemistry, mechanics, automatics, informatics, telecommunications, machine-building, electrical engineering, metallurgy, theoretical engineering, energetics, economics, transport, ecology are published in the journal “Proceedings” of Azerbaijan Technical University.

В журнале «Ученые записки» Азербайджанского Технического Университета публикуются статьи и краткие сообщения по физике, математике, химии, механике, автоматике, информатике, телекоммуникациям, машиностроению, электротехнике, металлургии, машиноведению, энергетике, экономике, транспорту, экологии.

Jurnal Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının təsdiq etdiyi elmi dərəcə iddiaçılarının əsərlərinin çap edildiyi dövrü elmi nəşrlərin siyahısına daxil edilmişdir.

The journal is included in the list of periodical scientific publications approved by the Higher Attestation Commission under the President of the Republic of Azerbaijan where the works of scientific degree candidates are published.

Журнал включен в перечень периодических научных изданий, в которых публикуются работы соискателей ученых степеней, утверждаемый Высшей аттестационной комиссией при Президенте Азербайджанской Республики.

MÜNDƏRİCAT * CONTENTS * ОГЛАВЛЕНИЕ

Heybətulla Mabud oğlu Əhmədov, Qəzənfər Nəsrulla oğlu Axundov – Diaqnostik tədqiqatların köməyi ilə dəmir yolunun üst quruluşunun texniki vəziyyətinin müəyyən edilməsinin metodiki ardıcılığının işlənməsi.....	5-9
Əsgər Həbib oğlu Tağızadə, Fərid Seymur oğlu Tağıyev – İctimai şəhər sərnişin nəqliyyatında sərnişinlərə xidmət göstəriciləri və transnaviqasiya texnologiyası.....	10-14
Elnurə İlqar qızı Ziyalı – Xarici ölkə vətəndaşlarının Azərbaycanda işlə təmin olunmasının mövcud vəziyyəti.....	15-22
Sevinc Rafiq qızı Hacıyeva, Elgül Əliağa qızı Abdullayeva, Yeganə Qiyas qızı Quliyeva – Lay sularının ion-nəqəltmə üsulu ilə radioaktiv stronsiumdan təmizlənməsi.....	23-27
Гульнар Кудайбергеновна Сыдыкова, Кара Абдулазим оглы Гасанов, Абдурахим Сулайманович Бердышев – Об использовании озонной технологии: обзор последних разработок	28-34
Yadigar Nəsisib oğlu İmamverdiyev, Adil Elçin oğlu Əliyev – Azərbaycan dili üçün linqvistik korpusların formalaşdırılması problemləri	35-41
Abdülhüseyn Vəfadar oğlu Ağayev – Blokçeyn şəbəkəsinin komponentlərinin işlənməsi ilə informasiya mübadiləsinin təhlükəsizliyi	42-45
Rahib Rəsul oğlu Ağababayev – Mobil kiber kriminalistikaya hazırlıq metodologiyalarının tədqiqi.....	46-51
Жанна Сексенбаевна Асанова, Вагиф Алиджавад оглы Касумов, Айнур Нышанбеккызы Жакиш – Перспективы внедрения технологий искусственного интеллекта для построения смарт-учебной среды в сфере высшего образования.....	52-59
Ababil Fəxrəddin qızı Nağıyeva – Məxfi informasiyanın ötürülməsində informasiya gizlədilmə metodu	60-66
Nigar Ziya qızı İbrahimova, Gülanə Natiq qızı Şükürlü, Qəzənfər Müzəffər oğlu Cəfərov, İltifat Urşan oğlu Lətifov – Bis-(tsiklopentadienildikarbonildəmir(I)) kompleksinin metil homoloqlarının sintezi, İQ- və ¹ H NMR-spektroskopiya üsulları ilə tədqiqi	67-72
Fuad Mikayıl oğlu Sadıqov, Nərmin Şahin qızı Məmmədova, Teymur Məmməd oğlu İlyash – Ho-Sb-Te üçlü sistemində qarşılıqlı təsirin Sb ₂ Te ₃ -Ho kəsiyi üzrə tədqiqi.....	73-77
Nağı İbrahim oğlu Yaqubov, Aytən Nizami qızı Sultanova, İmir İlyas oğlu Əliyev – Ga-SrSe sistemində kimyəvi qarşılıqlı təsirin tədqiqi	78-82

DİAQNOSTİK TƏDQİQATLARIN KÖMƏYİ İLƏ DƏMİR YOLUNUN ÜST QURULUŞUNUN TEXNİKİ VƏZİYYƏTİNİN MÜƏYYƏN EDİLMƏSİNİN METODİKİ ARDICILLIĞININ İŞLƏNMƏSİ

Heybətulla Mabud oğlu Əhmədov, Qəzənfər Nəsrulla oğlu Axundov

Azərbaycan Texniki Universiteti, Bakı, Azərbaycan

DEVELOPMENT OF THE METHODOLOGICAL SEQUENCE OF DETERMINING THE TECHNICAL CONDITION OF THE RAILWAY SUPERSTRUCTURE WITH THE HELP OF DIAGNOSTIC RESEARCH

Heybatulla Mabud Ahmedov, Gazanfar Nesrulla Akhundov

Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan: heybetahmed@aztu.edu.az, qezenfer.axundov@aztu.edu.az

<https://orcid.org/0009-0001-2798-6477>

Abstract. The article mentions the characteristics of the technical conditions of the railway superstructure, as well as the characteristics of corresponding diagnostic signals, and states that it is possible to diagnose the technical condition of any element of the railway by using the possibility of any transmitter. For example, it is possible to predict its collapse limit through a diagnostic signal transmitted from a transmitter that registers the value of the acceleration placed at the crossroads. However, since this example is typical of one element of the road superstructure, it would be good to be able to obtain a multidimensional signal through a single transmitter during diagnostic studies of the road superstructure. This condition can be provided by the oscillations that occur in the track superstructure during the movement of trains. Thus, each $x(t)$ function that can be recorded on the screen of the oscillography, which has the ability to record signals corresponding to these oscillations, has the ability to be presented with the help of a trigonometric polynomial, which is widely used in the study of the technical conditions of the road superstructure elements in the form of dividing the mentioned function into the Fourier series can be used. During the examination of the technical condition of the road superstructure with such diagnostic studies conducted on the railway, taking into account certain conditions characterizing the processes of all its elements and the set of situations of these elements, determining the set of diagnostic signals equivalent to them, designing a special diagnostic system, it is proposed to determine the exact reasons for their technical condition.

Keywords: operational conditions, railway, road superstructure, diagnostic signal, rail, sleeper.

© 2023 Azerbaijan Technical University. All rights reserved.

Giriş. Dəmir yolu süni tikililərdən, alt və üst hissələrdən ibarətdir. Süni tikililərə körpülər, tunneller, viaduklar, estakadalar və borular aid edilir. Alt hissə isə torpaq yatağından ibarət olur. Dəmir yolunun üst hissəsi əsasən şpallardan, ballast qatından, relslərdən, əksqaçıcılardan, bağlayıcılardan və yoldəyişənlərdən ibarətdir. İstismar prosesində yolun üst hissəsinin elementləri hərəkət tərkiblərinin təkərlərindən ötürülən qüvvələri və zərbələri qəbul etdiyindən, müəyyən zaman ərzində onun hər bir elementində müxtəlif qüsurlar yaranır. Bu elementlərin vəziyyətlərinin qiymətləndirilməsi üçün diaqnostikanın imkanlarından istifadə edilir. Bu zaman qeyd edilən elementlərin texniki vəziyyətləri onların xarici əlamətlərinə və ya diaqnostik sınaqlar zamanı əldə edilən siqnallara görə fərqlənirlər.

Məsələnin qoyuluşu. Elementlərin vəziyyətləri aşağıdakı ifadə ilə xarakterizə olunan müəyyən vəziyyətlər çoxluğu ilə səciyyələnir:

$$W(f) = \{\omega_i^{(f)}\}; \quad i = 1, 2, \dots, \quad (1)$$

burada $\{\omega_i^{(f)}\}$ - elementlərin sərbəst ani vəziyyətləridir.

Elementlərin ikinci vəziyyətlər çoxluğu kimi $V(f)$ göstəricisini qəbul edək. Bu iki çoxluq göstəricilərinin hər birini müəyyən diaqnostik siqnallar əks etdirir.

Yolun elementlərinin mövcud vəziyyətlər çoxluğu ilə onlara aid olan diaqnostik siqnallar çoxluğu ekvivalent olmalıdır. Əgər yolun elementlərinin müəyyən vəziyyətlər çoxluğunun sayı əldə olunmuş diaqnostik siqnallar çoxluğunun sayından artıqdırsa, onda hansısa elementin texniki vəziyyəti

yətini müəyyən etmək mümkün olmur. Əksinə, əgər, yolun elementlərinin əldə edilən diaqnostik siqnallar çoxluğu vəziyyətlər çoxluğundan artıqdırsa, onda diaqnostik siqnalların sayının artıqlığından yenə də elementlərin vəziyyətlərini təyin etmək çətinləşir [1].

Məsələnin həlli. Diaqnostik sistemlərin tərtib edilməsində yuxarıda qeyd edilən şərtlər mütləq nəzərə alınmalıdır. Bunun üçün ilk növbədə yolun üst quruluşunun və ya onun elementlərinin vəziyyətlər çoxluğunu müəyyən etmək lazımdır. Qeyd edilən vəziyyətlər aşağıdakı iki şərti təmin etməlidir:

1) biri digərinə zidd olmalıdır (onların törəməsi sıfıra bərabərdir); buradan, əgər, məsələn, dəmir yolunun üst quruluşu aşağıdakı 3 vəziyyətdə olarsa: tam iş qabiliyyətli – $E^{(1)}$; məhdud iş qabiliyyətli – $E^{(2)}$; iş qabiliyyətsiz (nasaz) – $E^{(0)}$, onda:

$$E^{(1)} \cap E^{(2)} \cap E^{(0)} = 0;$$

2) fərqli olmalıdır; dəmir yolunun üst quruluşunun və ya onun elementlərinin sonsuz sayda $E_1, E_2, \dots, E_i, \dots$ vəziyyətlərinin yuxarıda göstərilən 3 vəziyyətlər çoxluğundan hər hansı birinə aid edilməsinin əsasını, qatarların texniki vəziyyətindən asılı olaraq tədqiq edilən yol hissəsində onların hərəkət edə biləcəyi v_i sürətinin yolun bu hissəsi üçün nəzərdə tutulan maksimum sürətə v_{\max} olan nisbəti təşkil edir. $v_i \leq v_{\max}$ şərtinə əsasən yolun üst quruluşunun aşağıdakı fərqli vəziyyətlərini qeyd etmək olar:

$$\frac{v_i}{v_{\max}} = 1 \Rightarrow E_1 \in E^{(1)};$$

$$0 < \frac{v_i}{v_{\max}} < 1 \Rightarrow E_i \in E^{(2)};$$

$$\frac{v_i}{v_{\max}} = 0 \Rightarrow E_i \in E^{(0)}.$$

Yolun üst quruluşunun vəziyyətlərinin təsnifatında vəziyyətlər çoxluğunun ümumi təsnifat qaydalarına əməl olunmalıdır [2].

Dəmir yolunun üst quruluşunun hər hansı vəziyyətinin müəyyən edilmə tələbi aparılan tədqiqatların məqsədindən asılı olur. Məsələn, yoldəyişənlərin vəziyyətinin tədqiqi zamanı onun aşağıda göstərilən 5 cür texniki vəziyyəti təyin edilməlidir:

- 1) yoldəyişən texniki cəhətdən saz vəziyyətdədir və heç bir təmirə ehtiyacı yoxdur (W_1);
- 2) yoldəyişən texniki cəhətdən saz vəziyyətdədir və ancaq yaxın bir neçə gün ərzində təmir olunmalıdır (W_2);
- 3) yoldəyişən texniki cəhətdən istismara yararlı deyil və təcili təmirə ehtiyacı var (W_3);
- 4) yoldəyişən texniki cəhətdən hələ istismara yararlıdır, ancaq hissələrin çox yeyilməsi səbəbindən o, bütünlüklə dəyişdirilməlidir (W_4);
- 5) yoldəyişən, onun üzərilə hərəkət sürətinin azaldılması şərtilə hələ istismara yararlıdır (W_5).

Calaqsız relslər quraşdırılmış dəmir yolunun üst quruluşunun çox isti hava şəraitində vəziyyətlər çoxluğu tamamilə başqa cür təyin edilir. Burada calaqsız yolun üst quruluşunun 2 vəziyyəti mümkündür: dayanıqlı və dayanıqsız.

Yolun üst quruluşunun vəziyyəti təyin edildikdən sonra diaqnoz qoymaq üçün lazım olan diaqnostik siqnallar seçilməlidir. Daha sonra isə vəziyyətlər və diaqnostik siqnal çoxluqları arasında birmənalı uyğunluğu müəyyən etmək lazımdır.

Sadə halların hər bir üçün, artıq qeyd edildiyi kimi, bir vəziyyətə bir diaqnostik siqnal uyğun gəlməlidir. Məsələn, yoldəyişənin tiyəsində çatın yaranması, onu birmənalı olaraq W_3 vəziyyəti xarakterizə edir. Ancaq yolun üst quruluşunun diaqnostikası zamanı onun vəziyyəti ilə bir neçə diaqnostik siqnalların birgə təsirinin qarşılıqlı münasibətini müəyyən etmək kimi hallara tez-tez rast gəlinir. Belə hallarda məsələnin həlli üçün, bir qayda olaraq, şüurlu şəkildə diaqnostik siqnallar çoxluğuna müraciət olunur.

Calaqsız yolun dayanıqlığının araşdırılması ilə bağlı tədqiqatlara nəzər salsaq, bu tədqiqatların qısa müddət ərzində havanın hərərəti çox yüksək olan böyük bir ərazidə həyata keçirilməsi tələbi ortaya çıxır. Burada, yolun vəziyyətinin əlaməti kimi diaqnostik cihazların siqnallarından yox, yolun üst quruluşuna daimi olaraq nəzarət edən işçilərin biliyindən və təcrübəsindən istifadə etmək lazımdır. Beləliklə, bu hal üçün aşağıdakı siqnallar seçilməlidir:

- 1) ballastın lazımı miqdarda olmaması;
- 2) relslərin şpallara zəif bərkidilməsi (məsələn, araqatının sürüşməsindən, yaylı şaybanın sınımasından);
- 3) şpalların yeyilməsi;
- 4) yolun, icazə verilən həddən çox nahamarlığı;
- 5) relslərdə, keçmiş qış dövründə yaranan çatların olması;
- 6) relslərin temperatur gərginliklərinin çıxarılmaması;
- 7) son bir neçə gün ərzində yolun dayanıqlığını pozan işlərin görülməsi;
- 8) güclü günəş radiasiyası olan külək tutmayan sahələrdə yolun quraşdırılması.

Göründüyü kimi, bu diaqnostik siqnallar çoxluğunda $n = 8$ element mövcuddur. Calaqsız yolun tədqiq olunan hissəsində bütün bu diaqnostik siqnalların mövcudluğunda yol dayanıqsız, mövcud olmamasında isə dayanıqlı sayılır. Beləliklə, alınan 8 sayda diaqnostik siqnalların $2^8=256$ sayda müxtəlif birgə təsirləri mövcud ola bilər. Bunların hər birini calaqsız yolun üst quruluşunun 2 vəziyyətindən birinə əvvəlcədən aid etmək olmaz. Bu, yalnız diaqnostik siqnalların təhlilindən, xüsusən də onlarla bağlı kəmiyyət meyarlarını nəzərə alandan sonra mümkün ola bilər. Aydın ki, bu misal ekvivalent olmayan çoxluqlara aid edilir.

Dəmir yolunun üst quruluşunun diaqnostik tədqiqatlarının nəticələrinin emalı zamanı onun vəziyyətini xarakterizə edən aşağıdakı şərtlərə uyğun parametrlər seçilməlidir:

a) hər bir y_i parametri y_j ($i \neq j$) parametrlərindən asılı olmadan dəyişir ki, bu da sərbəstlik dərəcəsi anlayışına uyğun gəlir. Məsələn, relslərə məsafəyə və relslərdən birinin digərinə nəzərən qaldırılmasına fərqli parametrlər kimi baxılsa da, relslərdən birinin həddən artıq çökməsi halında relslərə məsafə dəyişə bilər. Ancaq bu əlaqəyə də birmənalı yanaşmaq olmaz. Yolun üst quruluşunun vəziyyətini xarakterizə edən parametrlərə asılı olmayan parametrlər kimi onda baxmaq olar ki, y_i parametrini əks etdirən funksiyanın mövcud olmadığı halda, bu vəziyyəti xarakterizə edən digər parametrlərin məlum qiymətlərinin köməyi ilə onu təyin etmək mümkün olmasın;

b) $i = 1, 2, \dots, k$ olmaqla $\{y_i\}$ parametrlər çoxluğu tam olmalıdır, yəni bu halda diaqnostik məsələnin bir hissəsini təşkil edən və bunlardan asılı olmayan digər parametrlər olmamalıdır.

Yolun üst quruluşunun diaqnostika məsələləri əksər hallarda verilmiş istismar şəraitləri üçün etibarlılığın vəziyyətinin qiymətləndirilməsinə gətirib çıxarır. Bu, baxılan çoxlu sayda ümumi vəziyyətləri aşağıda göstərilən 2 vəziyyətə gətirib çıxarır:

- 1) işlək $E^{(1)}$;
- 2) işlək olmayan (nasaz) $E^{(0)}$.

Bu zaman parametrlərin əhatə dairəsi aşağıda qeyd edilən müəyyən hədlər daxilində olmalıdır:

$$\left. \begin{aligned} y_{1min} &\leq y_1 \leq y_{1max}; \\ y_{2min} &\leq y_2 \leq y_{2max}; \\ y_{3min} &\leq y_3 \leq y_{3max}. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

və ya nömrələnməni ümumiləşdirməklə aşağıda göstərilən ümumi ifadəni almaq olar:

$$y_{i \min} \leq y_i \leq y_{i \max}.$$

Əgər y_i parametrinin qiyməti icazə verilən hədlər daxilində yerləşirsə, onda yolun üst quruluşu saz (işlək) vəziyyətdədir. Əksinə, əgər hər hansı bir parametrin qiyməti icazə verilən hədlərdən kənara çıxırsa, onda yolun üst quruluşunu nasaz (işlək olmayan) vəziyyətə aid etmək lazımdır.

Buradan, praktiki əhəmiyyət kəsb edən aşağıdakı iki nəticə meydana çıxır:

1) əgər çoxlu sayda parametrlərdən hər hansı birinin qiymətinin icazə verilən hədlərdən kənara çıxması yolun üst quruluşunun nasaz vəziyyətini xarakterizə edirsə, onda icazə verilən hədlərin dəqiq təyin edilməsi çox vacib məsələlərdən biri sayılmalıdır. Bəzi tədqiqatçıların fikrincə hətta hərəkət sürətini artırıqda belə, yolun üst quruluşunun müəyyən parametrlərinin icazə verilən hədlərinin genişləndirilməsi üçün imkanlar mövcuddur. Sənaye sahəsində aparılan təcrübələr də göstərir ki, məhsulların istehsalı zamanı texniki nəzarətdə icazə verilən hədlərin genişləndirilməsi, bəzən məhsulun keyfiyyətinin yaxşılaşmasına gətirib çıxarır. Ancaq texnoloji çətinliklər səbəbindən texniki nəzarətdə icazə verilən hədlərin genişləndirilməsi yolverilməzdir. Bu tədbirin, həm yolun üst quruluşuna (məsələn, onun hissələrinin vaxtından tez yeyilməsinə), həm də yolun hərəkət tərkiblərinin təkərləri ilə qarşılıqlı əlaqəsinə (məsələn, hərəkətin səlisliyinin pisləşməsi formasında) təsirini mütəmadi aparılan tədqiqatlarla yoxlanılması vacib sayılır;

2) yolun üst quruluşunun vəziyyətinin təhlilindən belə məlum olur ki, onun bir vəziyyətdən digərinə keçməsi həmişə sonsuz sayda aralıq vəziyyətlərin baş verməsi ilə yaranır. Yolun üst quruluşunun tam işlək vəziyyəti $E^{(1)}$ və nasaz $E^{(0)}$ vəziyyəti arasında mövcud olan çoxlu sayda aralıq vəziyyətlərindən yaranan məhdud iş qabiliyyətinə malik $E^{(2)}$ vəziyyətlər çoxuğu xüsusi maraq doğurur. Yəni, tədqiq olunan yol hissəsinin bu vəziyyətlərində qatarların yolda nisbətən kiçik sürətlə və ya hərəkət tərkibində müəyyən məhdudiyətlər nəzərdə tutmaqla (məsələn, təkər cütündə oxa düşən qüvvəni müəyyən qədər məhdudlaşdırmaqla) hərəkətinə icazə verilir.

Alınan nəticələrin tətbiqi. Texniki diaqnostikanın əsaslarında göstərilir ki, texniki qurğulardakı sərbəstlik dərəcələrinin sayı ilə asılı olmayan diaqnostik siqnalların sayının bərabər olması şərti, bu qurğulara diaqnoz qoyulması üçün əsas şərti kimi qəbul edilə bilər. Bu halda dəmir yolunun üst quruluşunun bütün elementləri müasir diaqnostika vaqonlarında quraşdırılmış diaqnostika qurğuları ilə diqqət mərkəzində saxlanıldığı üçün diaqnostik tədqiqatlar zamanı yuxarıda qeyd edilən şərtin yerinə yetirilməsi heç bir çətinlik yaratmır.

Nəticə. Beləliklə aydın olur ki, dəmir yolunun üst quruluşunun texniki vəziyyətlərinin xarakteristikaları kimi, bunlara uyğun diaqnostik siqnalların da xarakteristikaları mövcuddur. Bu halda sübut etmək olar ki, hər hansı bir vericinin imkanından istifadə etməklə dəmir yolunun hər hansı elementinin texniki vəziyyətinə diaqnoz qoymaq mümkündür. Məsələn, yoldəyişənin çarpazında yerləşdirilmiş sürətlənmənin qiymətini qeydə alan vericidən ötürülən diaqnostik siqnal vasitəsilə onun çökmə həddini proqnozlaşdırmaq olar. Ancaq bu misal yolun üst quruluşunun bir elementi üçün xarakterik olduğundan, yaxşı olar ki, yolun üst quruluşunun diaqnostik tədqiqatları zamanı bir verici vasitəsilə çoxölçülü siqnal əldə etmək mümkün olsun. Bu şərti, qatarların hərəkəti zamanı yolun üst quruluşunda meydana çıxan rəqslər təmin edə bilər. Belə ki, bu rəqslərə uyğun siqnalları qeydə almaq imkanına malik olan ossilloqrafın ekranında qeyd oluna biləcək hər bir $x(t)$ funksiyası triqonometrik çöxləhdlinin köməyiylə təqdim olunmaq imkanına malikdir ki, bunun da qeyd edilən funksiyanın Furiye sırasına ayrılması formasında yolun üst quruluş elementlərinin texniki vəziyyətlərinin tədqiqində geniş istifadə edilməsi mümkündür. Dəmir yolunda aparılan bu cür diaqnostik tədqiqatlarla yolun üst quruluşunun texniki vəziyyətinin araşdırılması zamanı istismar şəraitlərində onun bütün elementlərində gedən prosesləri səciyyələndirən müəyyən şərtləri və bu elementlərin vəziyyətlər çoxluğunu nəzərə almaqla, onlara ekvivalent olan diaqnostik siqnallar çoxluğunu müəyyən edib, xüsusi diaqnostik sistem tərtib etməklə, onun bu cür texniki vəziyyətlərinin dəqiq səbəblərinin müəyyən edilməsi, həmçinin bu səbəblərin vaxtında aradan qaldırılması ilə yolun texniki cəhətdən saz vəziyyətinin təmin olunması mümkün olar.

ƏDƏBİYYAT

1. Əhmədov, H.M., Manafov, E.K. Dəmir yolunun üst quruluşunun texniki vəziyyətinin qiymətləndirilməsi. Bakı, AR-in Təhsil Nazirliyi yanında Peşə təhsili üzrə Dövlət Agentliyinin "Peşə təhsili və insan kapitalı" jurnalı, 2021. cild 4, № 3, s. 62-66.
2. Konopaci G. Opewnym modelu klasyfikacji. Księga referatów. Drugiej Krajowej Konferencji Informatyków. Poznań, 2013, c.130-134.

DİAQNOSTİK TƏDQİQATLARIN KÖMƏYİ İLƏ DƏMİR YOLUNUN ÜST QURULUŞUNUN TEXNİKİ VƏZİYYƏTİNİN MÜƏYYƏN EDİLMƏSİNİN METODİKİ ARDİCİLLİĞİNİN İŞLƏNMƏSİ

H.M.Əhmədov, Q.N.Axundov

Xülasə. Məqalədə dəmir yolunun üst quruluşunun texniki vəziyyətlərinin xarakteristikaları kimi, bunlara uyğun diaqnostik siqnalların da xarakteristikalarının mövcud olduğu qeyd edilir və bildirilir ki, hər hansı bir vericinin imkanından istifadə etməklə dəmir yolunun hər hansı elementinin texniki vəziyyətinə diaqnoz qoymaq mümkündür. Məsələn, yoldəyişənin çarpazında yerləşdirilmiş sürətlənmənin qiymətini qeydə alan vericidən ötürülən diaqnostik siqnal vasitəsilə onun çökmə həddini proqnozlaşdırmaq olar. Ancaq, bu misal yolun üst quruluşunun bir elementi üçün xarakterik olduğundan, yaxşı olar ki, yolun üst quruluşunun diaqnostik tədqiqatları zamanı bir verici vasitəsilə çoxölçülü siqnal əldə etmək mümkün olsun. Bu şərti, qatarların hərəkəti zamanı yolun üst quruluşunda meydana çıxan rəqslər təmin edə bilər. Belə ki, bu rəqslərə uyğun siqnalları qeydə almaq imkanına malik olan ossilloqrafın ekranında qeyd oluna biləcək hər bir $x(t)$ funksiyası triqonometrik çöxhədlinin köməyilə təqdim olunmaq imkanına malikdir ki, bunun da qeyd edilən funksiyanın Furiye sırasına ayrılması formasında yolun üst quruluş elementlərinin texniki vəziyyətlərinin tədqiqində geniş istifadə edilməsi mümkündür. Dəmir yolunda aparılan bu cür diaqnostik tədqiqatlarla yolun üst quruluşunun texniki vəziyyətinin araşdırılması zamanı istismar şəraitlərində onun bütün elementlərində gedən prosesləri səciyyələndirən müəyyən şərtləri və bu elementlərin vəziyyətlər çoxluğunu nəzərə almaqla, onlara ekvivalent olan diaqnostik siqnallar çoxluğunu müəyyən edib, xüsusi diaqnostik sistem tərtib etməklə, *onun bu cür texniki vəziyyətlərinin dəqiq səbəblərinin müəyyən edilməsi təklif olunur.*

Açar sözlər: *istismar şəraiti, dəmir yolu, yolun üst quruluşu, diaqnostik siqnal, rels, şpal.*

Accepted: 22.11.2023

İCTİMAİ ŞƏHƏR SƏRNIŞİN NƏQLİYYATINDA SƏRNIŞİNLƏRƏ XİDMƏT GÖSTƏRİCİLƏRİ VƏ TRANSSNAVİQASIYA TEXNOLOGİYASI

Əsgər Həbib oğlu Tağızadə¹, Fərid Seymur oğlu Tağıyev²

¹Azərbaycan Texniki Universiteti, Bakı, Azərbaycan

²Azərbaycan Texniki Universiteti nəzdində Bakı Dövlət Rəbitə və Nəqliyyat Kolleci

INDICATORS OF PASSENGER SERVICE AND TRANSSNAVIGATION TECHNOLOGIES IN URBAN PASSENGER TRANSPORT

Asker Habib Taghizade¹, Farid Seymur Taghiyev²

¹Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan: abdulhuseyn.aghayev@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0008-0359-2386>

²Azerbaijan Technical University at Baku State Communications and Transport College: tagiyevfarid88@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0007-2492-0222>

Abstract. This is information that passengers can easily and quickly obtain using telephones, electronic displays, and information equipment. The presence of such a system creates a positive impression among passengers. Quality assessment refers to the procedure for comparing the actual level of indicator values with the standard level, identifying inconsistencies and determining their causes. Today, there are many tools and equipment available to manage both passenger and freight transportation. For a small city, it is important to choose a system that allows you to control the work of carriers of various forms of ownership. Effective organization of mobilization activities through automated determination of the locations of road accidents, emergencies and critical situations, visualization of the location and movement of individual or groups of vehicles on an electronic map.

Keywords: transport, transnavigation, transport service, passenger, quality.

© 2023 Azerbaijan Technical University. All rights reserved.

Tədqiqatın məqsədi sərnişinlərə göstərilən xidmət səviyyəsinin yüksəldilməsi üçün keyfiyyət göstəricilərinin logistik yanaşma ilə göstəricilərini araşdırmaqdır.

Aparılmış tədqiqatlar içərisində SERVQUAL modeli də vardır ki, bu xidmət səviyyəsinin göstəricilərini özündə əks etdirir. Bu mödəldə xidmət keyfiyyətinin 10 göstəricisi mövcuddur [2].

Əlçatanlıq – Sərnişinlərin telefon, elektron lövhələr, məlumatlandırıcı avadanlıqlarla ehtiyaclarını asanlıqla və daha tez bir zamanda əldə edə biləcəkləri informasiyalardır. Belə sistemin olması sərnişinlərdə müsbət təəssürat yaradır.

Ünsiyyət – Sərnişinlərin istəkləri, gözləntiləri və tələblərinin ən uyğun ünsiyyət üsulu, onlara anlayışlıq və ehtiyacların qarşılınması bacarığını təmsil etməkdir. Sərnişin rəylərinin tez qiymətləndirilməsi onların tələblərinin ödənilməsi deməkdir [4,5].

Bacarıq – Xidmət göstərmək üçün kifayət qədər bilik, infrastruktur və təcrübəyə sahib olmaq deməkdir.

Nəzakət – Sərnişin münasibətlərində müvafiq işçilərin sərnişinlərə münasibəti, həmçinin ikitərəfli münasibətdən istifadə etmək mehribanlılığı və yaxınlığını ifadə edir.

Dəqiqlik – xidmət istəyənlərə (uşaqlar, qocalar, qüsurlu insanlar və s.) müsbət qavrayış, xidmət zamanı və xidmətdən sonra daşımaların imici və etibarlılığını artırır.

Etibarlılıq – Daşımalarda xidmət göstərəkən keyfiyyətdə ardıcılıq və keyfiyyət səviyyəsini ifadə edir. O, təhvil verilən xidmətlərin tam çatdırılmasını və vaxtını ifadə edir [4-6].

Həssaslıq – Sərnişinlərlə təmasda olan işçilər ünsiyyətdə maraq, həvəs və müsbət təəssürat yaratmalıdır.

Təhlükəsizlik – Sərnişinlər təklif etdiyi xidmətdən faydalanarkən mənfi düşüncələrə qapılmaq, arxayın olmaq və təhlükəsizlik riskləri ilə qarşılaşmaq hissini ifadə edir və özünü təhlükəsiz hiss edir.

Xüsusiyyətlər – fiziki mühitə əlavə olaraq, işarələr, nəqliyyat vasitələrinin dizaynı, işçilərin görünüşü, forma və loqoların olması ictimai şəhər sərnişin nəqliyyatının daşıma keyfiyyətini artırır.(sərnişinlərdə maraq, cazibə yaradır.)

Sərnişini başa düşmək – Sərnişin tələblərinin düzgün müəyyən edilməsi onların tələblərini ödəmək üçün ən uyğun şəkildə xidmətlərin göstərilməsidir.

Oxşarlıq təşkil edən xidmət göstəricilərini birləşdirsək onda A.Parasuraman, L. Berry və A.Zeithamlın dediyi kimi 5 göstərici şəklində olar (Şəkil 1) [4].

1. **Təhlükəsizlik;**
2. **Həssaslıq;**
3. **Əlçatanlıq;**
4. **Etibarlılıq (Bacarıq, Nəzakət, Dəqiqlik);**
5. **İstifadə rahatlığı (Ünsiyyət, Xüsusiyyətlər, Sərnişini başa düşmək).**

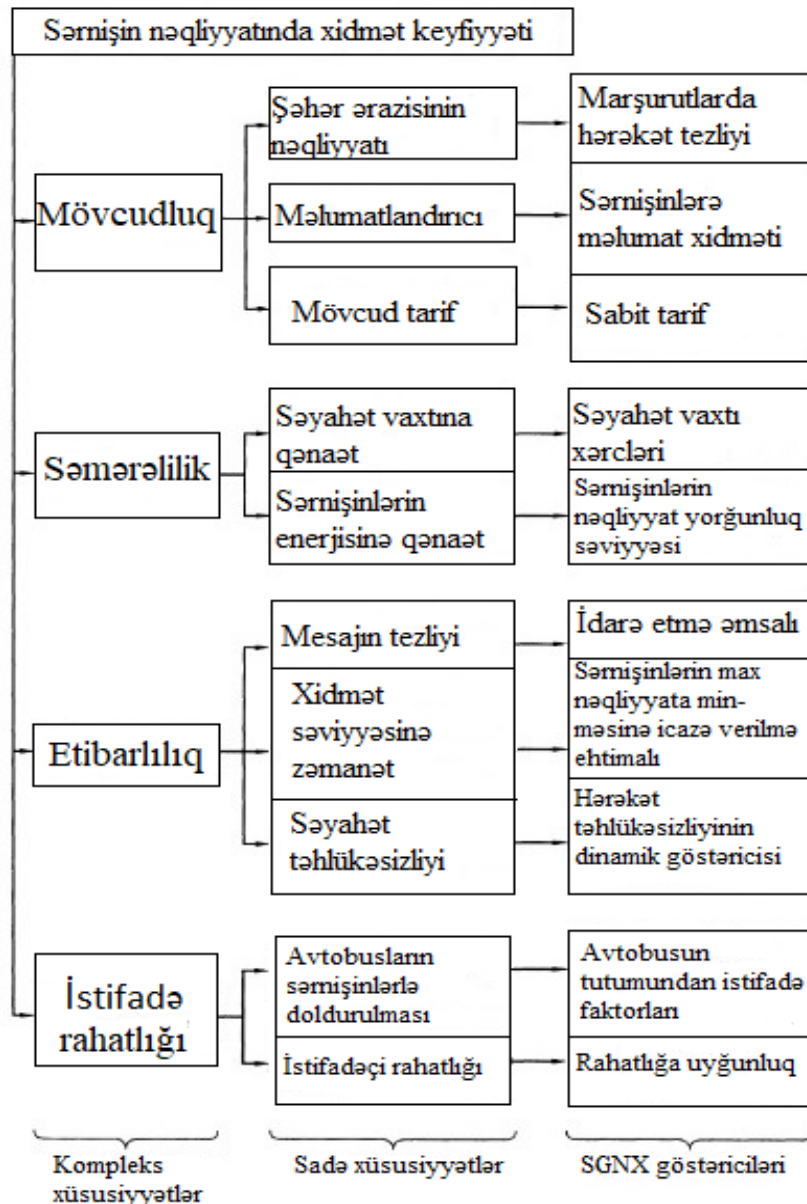


Şəkil 1. Xidmət keyfiyyətinin göstəriciləri (SERVQUAL modelinə görə).

Sərnişinlərin daşınması və sərnişinlərin nəqliyyat ehtiyaclarının ödənilməsində özünü göstərir. Bu xüsusiyyətlər sadə və mürəkkəb bölünür. Sonuncular funksional xüsusiyyətə görə birləşdirilmiş sadə xassələr qrupudur. Sadə xüsusiyyətlər keyfiyyət göstəriciləri ilə xarakterizə olunur. Keyfiyyət göstəricisi əmlakın təzahür dərəcəsinin obyektiv ölçüsüdür. Əmlakın təzahür dərəcəsindən asılı olaraq göstərici müəyyən bir dəyər alır. Keyfiyyət göstəricisinin standartı onun iki müxtəlif keyfiyyət qiymətləndirməsinin (məsələn, yaxşı və əla və ya qeyri-qənaətbəxş və qənaətbəxş) sərhədinə uyğun olan dəyəridir. Limitlər və miqyas standartları var. Keyfiyyət göstəricilərinin məhdudlaşdırıcı standartları qiymətləndirilən obyektləri iki sinifə ayırır: yaxşı və ya pis. Şkala standartları müxtəlif qiymətləndirmələrə uyğun gələn keyfiyyət göstəricilərinin dəyərlərini müəyyən edir (bal prinsipinə uyğun olaraq). Keyfiyyəti qiymətləndirmək üçün müxtəlif məhdudlaşdırıcı standartlar, göstəricinin müəyyən edilmiş dəyərlər diapazonuna düşməsi üçün şərtləri müəyyən edən göstəricinin yuxarı və aşağı qiymətləri üçün standartlardır. İctimai nəqliyyat cəmiyyətdə yaşayan hər bir fərd üçün

əvvəlcədən müəyyən edilmiş ödəniş və ya pulsuz, müəyyən marşrut üzrə, müəyyən vaxt qrafikinə uyğun olaraq, müəyyən dayanacaqlarda dayanan, digər nəqliyyat vasitələri ilə birlikdə fəaliyyət göstərən nəqliyyat sistemidir [1].

İctimai nəqliyyatda xidmət keyfiyyəti anlayışı qısaca olaraq sərnişinlərini ən uyğun şərtlər altında istədikləri istiqamətlərə təhlükəsiz şəkildə çatdırmaq üçün ictimai nəqliyyat təmin edən şirkət və ya təşkilatlar olaraq təyin edilə bilər. Sərnişin ehtiyacları və gözləntilərinə uyğun olaraq, ictimai nəqliyyat idarəçiliyində dəyişikliklər oldu və qurumlar öz xidmət standartlarını yaradaraq sərnişinlərinə yüksək səviyyədə xidmət göstərməyə başladılar. Keyfiyyətin qiymətləndirilməsi dedikdə, göstərici dəyərlərinin faktiki səviyyəsini normativ səviyyə ilə müqayisə etmək, uyğunsuzluqları müəyyən etmək və onların səbəblərini müəyyən etmək proseduru başa düşülür. Hər bir fərdi göstərici üzrə keyfiyyətin qiymətləndirilməsi (diferensial keyfiyyətin qiymətləndirilməsi) əsasında ümumi (mürəkkəb, inteqral) keyfiyyət qiymətləndirməsi müəyyən edilir. Keyfiyyət qiymətləndirmələri keyfiyyətin idarə edilməsi üçün, yəni nəqliyyat sisteminin inkişafı üçün müəyyən edilmiş standartlara və məqsədlərə uyğun olaraq göstəricilərin dəyərlərinin məqsədyönlü şəkildə dəyişdirilməsi üçün istifadə olunur (Şəkil 2) [1].



Şəkil 2. Sərnişinlərə xidmət keyfiyyət göstəricilərinin strukturu.

Sərnişin nəqliyyatı hər bir ölkənin iqtisadiyyatının inkişafında mühüm rol oynayır. Azərbaycan Respublikası Cənubi Qafqaz regionunda öz nəqliyyat sistemini təkmilləşdirmək üçün səylər göstərən inkişaf etməkdə olan ölkədir. Bu illər ərzində Azərbaycanda əsas diqqət avtomobil nəqliyyatı, aviasiya və dəmir yollarına yönəldilmişdir. Ölkədə yaxşı qurulmuş nəqliyyat şəbəkəsi inkişaf etmişdir. Azərbaycan Respublikasında sərnişin daşımalarının əhəmiyyətini böyükdür. Azərbaycan Avropa və Asiyanın kəsişməsində yerləşən və onu beynəlxalq ticarət üçün mühüm tranzit mərkəzinə çevirən ölkədir. Ölkənin strateji yerləşməsi onun iqtisadiyyatının kritik tərkib hissəsi olan nəqliyyat sektorunun böyüməsinə öz töhfəsini verib. Ona görə də Azərbaycanda sərnişindaşıma sahəsində mövcud vəziyyəti öyrənmək bir neçə səbəbə görə vacibdir. Azərbaycan Respublikasında əsasən yalnız sərfəli marşrutlara və onlar üçün əlverişli vaxtda xidmət göstərən bir çox özəl daşıyıcılar yaranıb. Sərnişinlərin rifahının yaxşılaşdırılması üçün şiddətli rəqabət ölkəmizdə hökm sürür.

Şəxsi daşıyıcıların parkı əsasən kiçik tutumlu avtobuslardan və stasionar taksilərdən ibarətdir ki, bu da ətraf mühitin çirklənməsinə səbəb olur. Yerli idarələr daşıma prosesini idarə etmir. Müəyyən irəliləyişlər bütün mülkiyyət formalarının daşıyıcılarının ölkə qanunvericiliyinə bərabər şəkildə əməl etdiyi bazar mexanizmlərinin istifadəsi ilə əlaqələndirilə bilər.

Hazırda həm sərnişin və yük daşımalarını idarə etmək üçün çoxlu alət və avadanlıqlar mövcuddur. Kiçik bir şəhər üçün müxtəlif mülkiyyət formalarının daşıyıcılarının işinə nəzarət etməyə imkan verən bir sistem seçmək vacibdir. Bunun üçün **transnaviqasiya** sistemi mövcuddur. Transnaviqasiya sistemi aşağıdakı məsələləri həll edir [6]:

- Nəqliyyat vasitəsində olan peyk naviqasiya qəbuledicilərindən istifadə edərək nəqliyyat vasitələrinin yeri haqqında dəqiq məlumatların toplanması.
- Nəqliyyat vasitələrinin istismarında daşınma prosesinin planlaşdırılmış parametrlərindən (hərəkət qrafiklərinin pozulması, nəzərdə tutulan marşrutdan çıxma, avadanlıqların nasazlığı və s.) bütün kənarlaşmaları barədə məlumatların dispetçer proqramının “vahid pəncərə”də avtomatik aşkarlanması və yaradılmasını bildirir. Nəqliyyat proseslərinin tənzimlənməsi üçün dispetçerin nəzarət tədbirlərinin həyata keçirilməsini nəzarətdə saxlayır. Yəni hərəkət intervallarının dəyişdirilməsi, başqa marşruta keçid, hərəkət rejimlərinin dəyişdirilməsi, səbəblərdən relsdən çıxmaların qeydə alınması və hərəkətə nəzarətin bərpası, iş əməllərinin dəyişdirilməsi və s. Digər məlumatları avtomatik bildirir [5,6].
- Dispetçer və avtomobil sürücüləri arasında səsli rabitənin təmin edilməsi.
- Real vaxt rejimində şəhərin, rayonun videoqramında və ya nəqliyyat marşrutu diaqramında nəqliyyat vasitələrinin yerləşdiyi yerin vizual göstərilməsi. Avtonəqliyyat vasitələrinin hərəkəti haqqında məlumatların kompüter məlumat bazasına yazılması və sorğu əsasında istənilən keçmiş dövr üçün nəqliyyat vasitələrinin qeydə alınmış hərəkətinin elektron videoqrammada vizual nümayişi ilə təkrar istehsalını özündə cəmləndirir.
- Yol-nəqliyyat hadisələrinin, fəvqəladə halların və kritik vəziyyətlərin yerlərinin avtomatlaşdırılmış şəkildə müəyyən edilməsi, ayrı-ayrı və ya avtonəqliyyat vasitələri qruplarının yerinin və hərəkətinin elektron xəritədə vizuallaşdırılması ilə səfərbərlik tədbirlərinin səmərəli təşkilini.
- Dayanacaq displeylərində nəqliyyat vasitələrinin hərəkəti haqqında məlumatları real vaxt rejimində göstərməklə sərnişinlərin məlumatlandırılmasını və s. göstərir.

Nəticə

Elmi tədqiqatda aparılmış araşdırmalara əsasən SERVQUAL modeli və transnaviqasiya sistemində aiddir. Həmçinin sərnişinlərə xidmət keyfiyyət göstəricilərinin strukturu və xidmət keyfiyyətinin göstəriciləri SERVQUAL modelinə uyğun səkillər verilmişdir. Transnaviqasiya sisteminin həll etdiyi məsələlər araşdırılmışdır.

ƏDƏBİYYAT

1. <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-otsenki-kachestva-obslyzhivaniya-klienta-model-servqual> .
2. https://www.researchgate.net/publication/274835389_The_SERVQUAL_model_in_measuring_service_quality_of_public_transportation_evidence_from_Russia.
3. <https://www.redalyc.org/journal/496/49663345008/49663345008.pdf>.
4. <https://cyberleninka.ru/article/n/pokazateli-otsenki-kachestva-transportnogo-obslyzhivaniya-passazhirov>
5. https://studref.com/556410/tehnika/kachestvo_obslyzhivaniya_passazhirov
6. https://navi-trans.ru/info/history_gps.

İCTİMAİ ŞƏHƏR SƏRNIŞİN NƏQLİYYATINDA SƏRNIŞİNLƏRƏ XİDMƏT GÖSTƏRİCİLƏRİ VƏ TRANSSNAVİQASIYA TEXNOLOGİYASI

Ə.H.Tağızadə, F.S.Tağiyev

Xülasə. Sərnişinlərin telefon, elektron lövhələr, məlumatlandırıcı avadanlıqlarla ehtiyaclarını asanlıqla və daha tez bir zamanda əldə edə biləcəkləri informasiyalardır. Belə sistemin olması sərnişinlərdə müsbət təəssürat yaradır. Keyfiyyətin qiymətləndirilməsi dedikdə, göstərici dəyərlərinin faktiki səviyyəsini normativ səviyyə ilə müqayisə etmək, uyğunsuzluqları müəyyən etmək və onların səbəblərini müəyyən etmək proseduru başa düşülür. Hazırda həm sərnişin və yük daşımaqlarını idarə etmək üçün çoxlu alət və avadanlıqlar mövcuddur. Kiçik bir şəhər üçün müxtəlif mülkiyyət formalarının daşıyıcılarının işinə nəzarət etməyə imkan verən bir sistem seçmək vacibdir. Yol-nəqliyyat hadisələrinin, fəvqəladə halların və kritik vəziyyətlərin yerlərinin avtomatlaşdırılmış şəkildə müəyyən edilməsi, ayrı-ayrı və ya avtonəqliyyat vasitələri qruplarının yerinin və hərəkətinin elektron xəritədə vizuallaşdırılması ilə səfərbərlik tədbirlərinin səmərəli təşkilini.

Açar sözlər: *nəqliyyat, transnavigasiya, nəqliyyat xidməti, sərnişin, keyfiyyət.*

Accepted: 21.11.2023

XARİCİ ÖLKƏ VƏTƏNDAŞLARININ AZƏRBAYCANDA İŞLƏ TƏMİN OLUNMASININ MÖVCUD VƏZİYYƏTİ

Elnurə İlqar qızı Ziyalı

SOCAR Qaz İxrac İdarəsi, Bakı, Azərbaycan

CURRENT SITUATION OF EMPLOYMENT OF FOREIGN CITIZENS IN AZERBAIJAN

Elnura Ilgar Ziyali

SOCAR Gas Export Department, Baku, Azerbaijan: elnura.huseynova@socar.az, elnuraziyali@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0009-2938-1154>

Abstract. The purpose of the study is to determine the current situation of employment of foreign citizens in Azerbaijan against the background of the analysis of the international mobility of labor resources. During the research, the theoretical and practical approaches to this problem were analyzed, and the study of international experience in this field was set as the main task. Analysis, comparison, grouping and analogy methods are used in the research work. **In the study**, the system of statistical indicators used by the author to interpret the characteristics of the international mobility of labor resources and the sources of their formation were compared and clarified and analyzed and systematized. Determining the deficiencies in the statistical indicators used to determine the positive and negative impact of the international mobility of labor resources on the socio-economic development of Azerbaijan reflects the scientific novelty of the research. **As a result of the research**, suggestions were made on the regulation of the international mobility of labor resources of practical importance, and the improvement of statistical indicators in the regulation of this problem in our country was noted.

Keywords: mobility of labor resources, migration, labor market, foreign citizen, regulation.

© 2023 Azerbaijan Technical University. All rights reserved.

Giriş

İntensiv şəkildə davam edən əmək resurslarının miqrasiyası və mobilliyi ölkələrin iqtisadi, siyasi, sosial, demoqrafik və mədəni inkişafının aparıcı amilinə çevrilir. Dünya səviyyəsində nəinki konkret ölkələr, hətta regionlar iş yerlərinin, “ağılların” əldə edilməsi üçün beynəlxalq rəqabətə qoşulmaqla bu prosesi strateji hədəfə çevirib. Əmək resurslarının beynəlxalq mobilliyi prosesində udan və uduzan tərəflərin olması halı ölkə səviyyəsində bu problemə daha həssas yanaşmanı tələb edir. Xarici işçi qüvvəsi ölkənin əmək qabiliyyətli əhalisinin tərkibində əhəmiyyətli çəkiyə malik olmadığına, konkret əmək bazarına onun cəlb edilməsi ilə bağlı qərarın qəbulunda xüsusi ixtisaslı, peşəli xarici işçi qüvvəsinin cəlb edilməsində selektiv seçimin mövcudluğu iqtisadi səmərənin əldə edilməsi, əməyin məhsuldarlığının yüksəldilməsi baxımından mühüm rol oynayır. Əmək bazarının beynəlmilləşməsi, yeni texnoloji nailiyyətlər əsasında beynəlxalq ixtisaslaşma və kooperasiyanın inkişafı kombine edilmiş şəkildə beynəlmilləl əmək prosesinin icra edən “beynəlmilləl məcmu işçi” kateqoriyasının formalaşmasına səbəb olur. İşçi beynəlxalq istehsal amilləri ilə birgə beynəlxalq istehsal və xidmətə qoşulur. Nəticədə işçi qüvvəsinin beynəlxalq dəyəri və qiyməti formalaşır, təhsilə, ixtisaslaşmaya olan tələbin unifikasiyası prosesi baş verir. Əmək şərtləri və şəraitinin beynəlxalq standartları, işçi qüvvəsinin cəlbi müqavilələri təkmilləşdirilir.

Azərbaycanın beynəlxalq əmək bazarının iştirakçısı olması, ölkə üzrə əmək resurslarının mobilliyinə təsirsiz ötüşür. “Azərbaycan Respublikası Dövlət Miqrasiya Məlumat Sistemi” haqqında Əsasnamə (04 iyun 2010-cu il, 276 sayılı Fərman); “Azərbaycan Respublikası Miqrasiya Məcəlləsinin təsdiq edilməsi, qüvvəyə minməsi və bununla bağlı hüquqi tənzimlənməsi” haqqında Azərbaycan Respublikasının Qanunu (02 iyul 2013-cü il, 713-IVQ sayılı); AR Nazirlər Kabinetinin “Əmək miqrasiyası kvotasının müəyyən edilməsi Qaydası” və “Əcnəbi işçi qüvvəsinin cəlb olunması və ondan istifadə edilməsinə xüsusi razılıq (lisenziya) verilməsi Qaydalarının təsdiq edilməsi barədə” Qərarları bu istiqamətdə tədbirlərin davam etdiyini göstərir. Buna baxmayaraq ölkəmizin əmək bazarında miqrasiya proseslərinin öyrənilməsinə, xarici əmək resurslarının yerli bazarda istifadəsinin tənzimlənməsi və təhlili indiki mərhələdə kifayət görünür ki, bu da məqalənin mövzusunun seçimini müəyyənləşdirmişdir.

Məqalənin əsas hissəsi immiqrasiya siyasətinin milli əmək bazarına təsirinin təhlilinə, milli əmək bazarını miqrantların nəzarətsiz axınından qorumaq, onların əməyindən səmərəli istifadəni təmin etmək istiqamətində zəruri tədbirlərin müəyyən edilməsinə həsr edilib. Düşünürük ki, 33 il ərzində ölkəyə gələnlərin sayında olan tendensiyaların, haqqı ödənilən əmək fəaliyyəti ilə məşğul olmaq üçün verilmiş və müddəti uzadılmış iş icazələri olan əcnəbilərin və vətəndaşlığı olmayan şəxslərin iqtisadi fəaliyyət növləri üzrə bölgüsünün təhlili əmək bazarında rəqabətin səviyyəsini təyin etməyə və bir çox digər məsələlərə aydınlıq gətirə bilər. Ona görə xarici ölkə vətəndaşlarının Azərbaycanda işlə təmin edilməsinə təsirinin qiymətləndirilməsi aktual hesab edilir və bizim məqalədə qarşımıza qoyduğumuz əsas məqsəddir. Məqalədə aşağıdakı vəzifələri qarşımıza qoymuşuq:

– dövlət tərəfindən həyata keçirilən immiqrasiya siyasətinin milli əmək bazarına təsirini təhlil etmək;

– milli əmək bazarını miqrantların nəzarətsiz axınından qorumaq, onların əməyindən səmərəli istifadəni təmin etmək üçün təkliflər irəli sürmək.

Ədəbiyyat xülasəsi

Əmək resurslarının beynəlxalq mobilliyi daim diqqət mərkəzindədir. Belə ki, ingilis alimi Ernest Georg Ravenşteynin əmək resurslarının miqrasiyası ilə bağlı təklif etdiyi 11 qanun, əhəmiyyətli həcmli əmək resurslarının axınlarının hərəkəti və uyğunlaşmasını anlamaq və sistemləşdirmək üçün klassik nəzəriyyədə ilk cəhd idi [1-3]. O qeyd etmişdir ki:

1. Miqrasiyanın əksəriyyəti qısa məsafələrdə həyata keçirilir.
2. Miqrasiya tədricən, addım-addım baş verir.
3. Böyük məsafəli miqrasiya əsasən böyük ticarət və sənaye mərkəzlərinə yönəlir.
4. Hər bir miqrasiya axınına uyğun əks axın var.
5. Şəhər sakinləri miqrasiya məsələsində daha az meyllidir.
6. Qadınlar daxili miqrasiyada, kişilər isə beynəlxalq miqrasiyalarda daha fəaldırlar.
7. Miqrantların əksəriyyəti tək adamlardır, ailələr nadir hallarda vətənlərindən kənara miqrasiya edirlər.
8. Böyük şəhərlərin böyüməsi, təbii artımdan daha çox əhalinin miqrasiyası ilə əlaqədardır.
9. Miqrasiya miqyası sənayenin və ticarətin, xüsusilə də nəqliyyatın inkişafı ilə artır.
10. Kənd yerlərindən miqrantların əksəriyyəti böyük sənaye və ticarət mərkəzlərinə yönəlir.
11. Miqrasiyanın iqtisadi səbəbləri üstünlük kəsb edir.

Lakin gördüyümüz kimi bu qanunların heç də hamısı günün tələblərinə cavab vermir və reallığa uyğun gəlmir.

Digər tədqiqatçı alim Samuel Stouffer, miqrasiya axınlarına mane olan yerdəyişmə xərcləri, qanunvericilik, məlumatın olmaması və digər amilləri qeyd edərək bildirir ki, hərəkət edən insanların sayı perspektivlərin (onlar üçün yaradılan imkanların) sayı ilə düz və maneə (müdaxilə olunma) hallarının sayı ilə tərs mütənəsidir [3,4]. Corc K. Zipf miqrasiyanın cazibə modelini nəşr etdirərək qeyd edir ki, "ən az səy prinsipi"nə görə seçim olarsa, insanlar ən az müqavimət və xərc tələb edən davranışı seçirlər [3,4]. Qeyd etməliyik ki, hər iki müəllifin – Stouffer və Zipfin işləri, müasir miqrasiya tədqiqatlarında mühüm rol oynayan riyazi modelləşdirmə metodlarının inkişafına zəmin yaratdı. Miqrasiyanı qlobal miqyasda təhlil edən V.Zelinskiy tədqiqatlarını ayrı-ayrı ölkələrin meylləri əsasında qurur. Onun "mobil keçid konsepsiyası", tarixi yanaşma ilə yanaşı, ərazi mobilliyi ilə əlaqələndirilən demoqrafik, sosial-iqtisadi amilləri də əhatə edir. Üstəlik, onun yanaşmasında qloballaşma proseslərinə daha çox diqqət yetirilir [3,5]. Lakin bu tədqiqatda son onilliklərdə son dərəcə güclənən qloballaşma proseslərinin miqrasiya axınlarının dinamikasına yüksək təsiri təhlil edilmir.

Bir çox müasir tədqiqatçılar (D. Yurkov, G. Bıçkov) artıq miqrasiyadan təsirlənən prosesləri araşdırmır, miqrantın özü ilə bağlı prosesləri araşdırırlar, köçmək və ya köçməmək seçimini edə bilən şəxsi iqtisadi sistemin rəasional agentini hesab edirlər [6]. Miqrasiyanı müşayiət edəcək fayda və xərclərin kəmiyyət göstəricilərinə əsaslanaraq fərdin qərar qəbul etməsi araşdırılır. Əhali hərəkətlərinin

təhlili metodologiyasında inkişaf edən ölkələrdə və struktur dəyişikliyi olan ölkələrdə əhalinin hərəkətini həvəsləndirən struktur amillərin hərtərəfli təhlilində və yeni işçi qüvvəsinə tələbatın səbəblərinin müəyyənləşdirilməsində beynəlxalq miqrasiyanın çoxşaxəli modelinə əsaslanan Amerika sosioloqu D. Masseyin miqrasiya sintetik nəzəriyyəsi mühüm yer tutur. D. Massey miqrasiya motivlərini və beynəlxalq miqrasiya hərəkətinin yaranma amillərini müəyyənləşdirmək, qiymətləndirmək və təhlil etməyə çalışmışdır [7].

Eyni zamanda, immiqrantların keyfiyyət meyarları müxtəlif təsirlərin altında dəyişə bilər. Ancaq yaş, peşə, ixtisas sertifikatı və peşə hazırlığı kimi bir sıra xüsusiyyətlərə tələblər olduqca sabitdir və demək olar ki dəyişməyə bilər. Qeyd edək ki, inkişaf etmiş ölkələrdə məhdudlaşdırıcı immiqrasiya tədbirləri kütləvi miqrasiyanın qarşısını alan amillərdən biri olmuşdur. Əmək miqrasiyası prosesi özünün kütləvi xarakterli olması ilə fərqlənir. Bu baxımdan əmək miqrasiyası dövlət orqanlarının və beynəlxalq təşkilatların diqqət mərkəzindədir [8]. Nəticədə dünya dövlətlərində miqrantın hüquqi, siyasi və peşə statusu ilə bağlı qanunvericilik də daxil olmaqla, ölkələrarası əmək miqrasiyasını tənzimləmək üçün tədbirlər sistemi formalaşdırılmışdır.

İmmiqrasiya siyasətinin milli əmək bazarına təsirinin təhlili

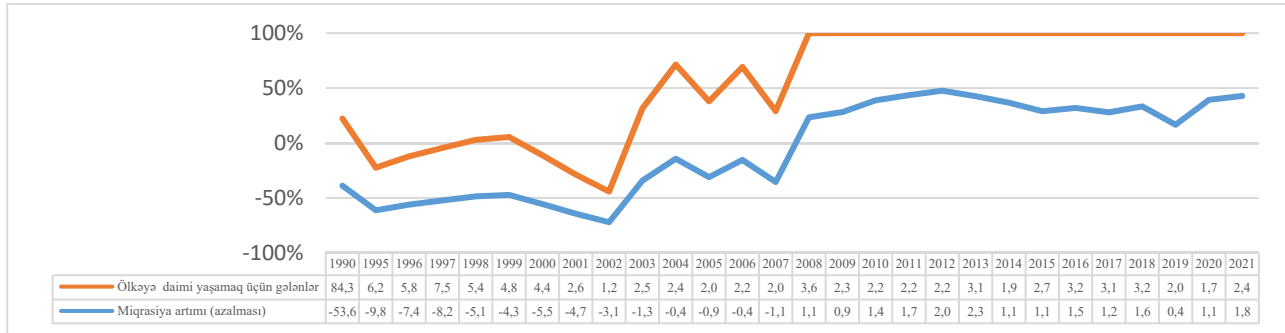
1999-cu ildə təsdiq edilmiş Nazirlər Kabinetinin “Əcnəbi işçi qüvvəsinin cəlb olunması və ondan istifadə edilməsinə xüsusi razılıq (lisenziya) verilməsi Qaydalarının təsdiq edilməsi barədə” qərarı ilə əcnəbilərə əmək fəaliyyəti ilə məşğul olmaq üçün 5 il müddətinə lisenziya verildi. Amma Nazirlər Kabineti tərəfindən 2002-ci il 7 noyabrda Azərbaycan Respublikası Nazirlər Kabinetinin qərarı ilə təsdiq edilmiş "Əcnəbinin Azərbaycan Respublikası ərazisində haqqı ödənilən əmək fəaliyyətini həyata keçirməsi üçün fərdi icazənin verilməsi Qaydaları"na (2000-ci il 6 dekabr tarixli, 214 nömrəli) edilən dəyişiklik əsasında lisenziya ləğv edilmişdir. Nəticədə 2008-2023-cü illər ərzində respublikaya gələn əcnəbilər və vətəndaşlığı olmayan şəxslərin ölkəmizdə müvəqqəti olma müddətlərinin uzadılması, müvəqqəti və ya daimi yaşamaq üçün icazənin verilməsi, vətəndaşlığa qəbul, xitam, bərpa, o cümlədən statusun müəyyən edilməsi, iş icazəsinin verilməsi və onun müddətinin uzadılması ilə bağlı qanunvericiliyin təkmilləşdirilməsi həyata keçirilmişdir. Miqrasiya Məcəlləsinə edilmiş dəyişikliklər nəticəsində 15 gün (əvvəllər 10 gün idi) müddətində əcnəbi və ya vətəndaşlığı olmayanlar müvəqqəti qeydiyyat yerləri haqda məlumat təqdim etməlidirlər [9, s.10]. Digər məsələ iş icazəsi ilə bağlıdır ki, bu da iş icazəsinin ləğv edilməsinə səbəb olan hallar aradan qaldırıldığı təqdirdə əmək mühaciri yenidən ölkəmizə gəlib fəaliyyət göstərə bilər. Əvvəllər isə belə hal olduqda onlara 5 il müddətində ölkəyə giriş qadağan edilirdi. Hazırda hər hansı bir miqrasiya qanunvericiliyini pozan əcnəbi bunu cərimə və ya inzibati tənbehlə cəza tədbirini ödədikdən sonra ölkəyə giriş edib, fəaliyyət göstərə bilər. Cəza tətbiq edilən hal kimi ölkəni tərk etmə müddəti 30 gün müəyyən edilib və bu müddət ərzində əcnəbi Dövlət Miqrasiya Xidmətinə müraciət edə bilər. Ölkədə müvəqqəti olma hallarının sayı 4-dən beşə qaldırılmışdır. Belə ki, ölkə iqtisadiyyatına 500 000 manat investisiya qoyan və sahibkarlıq fəaliyyəti həyata keçirən şəxslərin ailə üzvlərindən heç bir əlavə vəsait tələb edilmir. Həmçinin bu yatırımı edən şəxslər bir sıra məhdudiyyətlərdən azad edilirlər. Əmək fəaliyyəti ilə məşğul olmaq istəyən əcnəbilər 1 illik iş icazəsi və ya onun uzadılması üçün 1400 manat rüsum ödəməklə 10 iş günü ərzində bu icazəni əldə edə bilər. İş icazəsinin verilmə müddəti artdıqca rüsum azalır, məsələn 15 iş günü ərzində icazə verilsə 1200 manat, 20 iş günü ərzində isə 1000 manat rüsum ödəmiş olur.

Ümumiyyətlə Azərbaycan dövləti tərəfindən həyata keçirilən immiqrasiya siyasəti milli əmək bazarını miqrantların nəzarətsiz axınından qorumaq, onların əməyindən səmərəli istifadəni təmin etməyi nəzərdə tutur. İmmiqrasiya siyasəti aşağıdakı tədbirlərin tətbiqi ilə formalaşır:

- xarici işçilərə keyfiyyət tələbləri: yaş xüsusiyyətləri; sağlamlıq vəziyyəti; fərdi məhdudiyyətlər, yəni sosial təmizlənmə tədbirləri;
- əmək idxalı üçün birbaşa kvotalar;
- maliyyə məhdudiyyəti;
- vaxt məhdudlaşdırıcıları;

- milli coğrafi prioritetlər;
- qeyri-qanuni miqrant işçilərə, qeyri-qanuni əmək idxalı ilə məşğul olan şəxslərə, miqrant işçiləri qanunsuz istifadə edən işəgötürənlərə tətbiq olunan sanksiya sistemləri;
- miqrant işçilərin getməsinə stimullaşdırmaq üçün hazırlanmış repatriasiya proqramları.

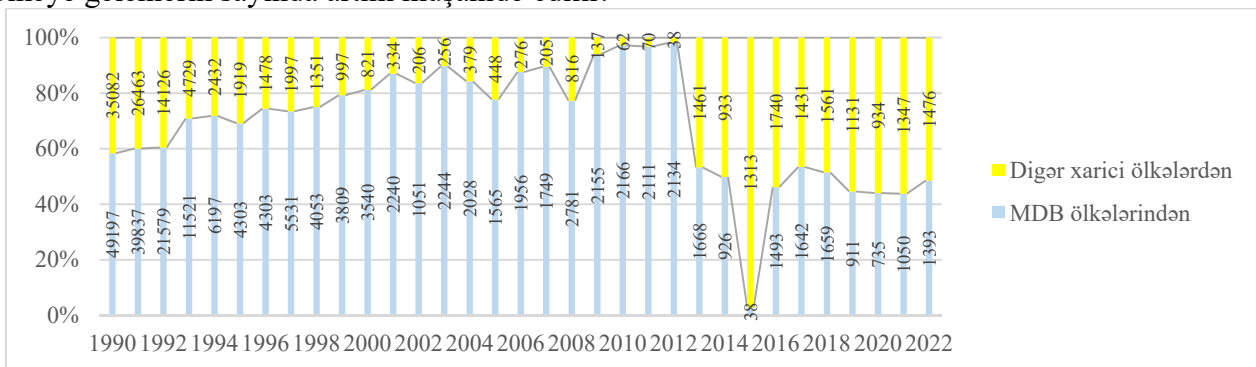
Beləliklə, 28 il müddətində həyata keçirilən dövlətin tənzimləmə tədbirləri nəticəsində ölkəyə gələnlərin sayında da dəyişikliklər baş vermişdir.



Mənbə: <https://www.stat.gov.az/source/demography/> 28.06.2023 tarixə

Şəkil 1. Əhalinin beynəlxalq miqrasiyası (gələnlər əsasında), min nəfər

Şəkil 1-in məlumatlarından görünür ki, ölkəyə daimi yaşamaq üçün gələnlərin sayı 1990-2018-ci illər üzrə (28 il ərzində) 289,9 min nəfər etmişdir. Ən yüksək axın 1990-cı ilə dəlalət edir və onda ölkədən gedənlər cəmi gələnlərin 29 % təşkil etmişdir. Bu müstəqilliyin əldə edilməsi və sərhədlərin açılması ilə, həm də dünyada baş verən iqtisadi, siyasi-hərbi vəziyyətlə bağlı idi. Həmin il bazar iqtisadiyyatının qurulmasına başlanılması və iqtisadiyyatda iş adamlarına yeni imkanların verilməsi insanları bu ölkəni seçib gəlməsinə sövq etmişdi. Ən aşağı göstərici 2002-ci ilə düşür ki, bu da 1200 nəfərin ölkədən getməsinə göstərir. Ümumiyyətlə 1990-cı ildə 2018-ci ilə qədər ölkəyə gələnlərin sayında qalxma və enmələr müşahidə olunur. Bu prosesdə bir mənalı artım və ya enmə olmamışdır. 2014-cü ildən ölkəyə daimi yaşamaq üçün gələnlərdə tədricən artımın olması (Şəkil 2) dünyadakı qeyri-sabitlik fonunda ölkəmizin sosial-iqtisadi cəhətdən inkişaf etməsi məsələləri ilə bağlıdır. Ümumən pandemiya ilə əlaqədar olaraq 2018-2020-ci illər ərzində azalma olsa da, 2021-ci ildən ölkəyə gələnlərin sayında artım müşahidə edilir.

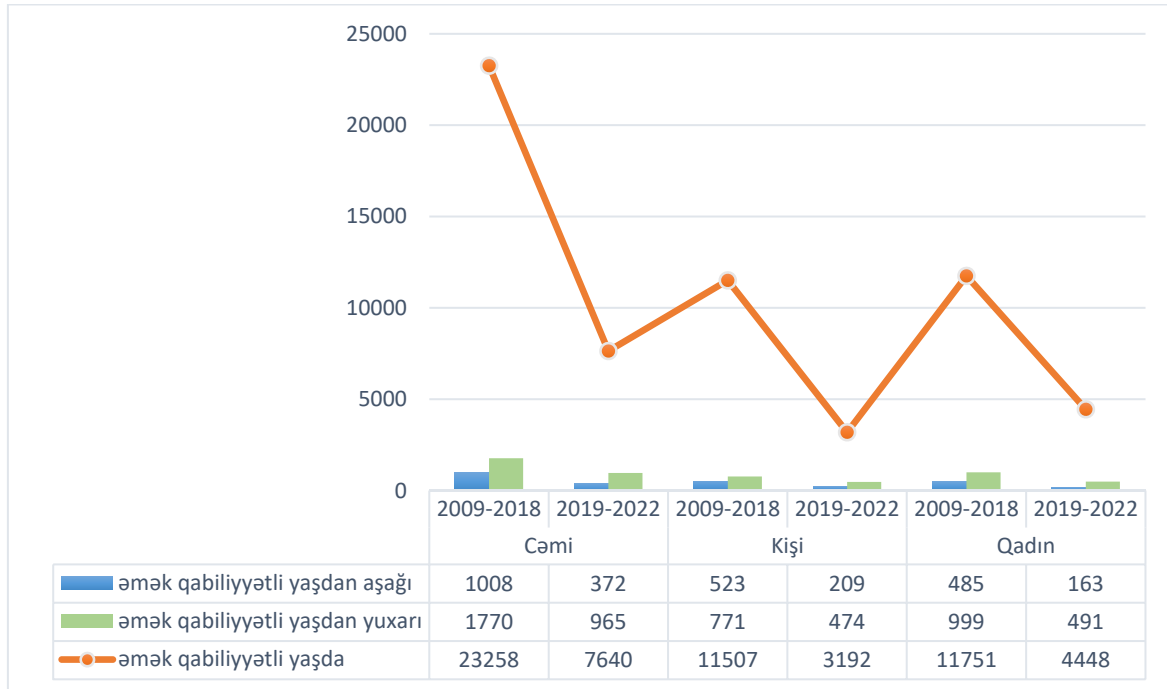


Mənbə: <https://www.stat.gov.az/source/demography/> 28.06.2023 tarixə

Şəkil 2. Daimi yaşamaq üçün Azərbaycana gələnlər, nəfər

Azərbaycana MDB dövlətlərindən gələnlərin sayı 2018-ci ildə 1990-cı ilə nisbətən 29,6 dəfə, digər xarici dövlətlərə isə 22,5 dəfə azalmışdır. Lakin təhlil edilən zaman kəsiyində MDB ölkələrindən Respublikamıza axında sabit artım və ya enmə müşahidə olunmamışdır. Yəni 2015-ci ilə kimi proses dəyişkən olaraq qalmışdır. Artıq 2015-ci ildə MDB ölkələrindən gələnlərin artması baş vermişdir ki, bu da həmin ölkələrin özlərində iqtisadi vəziyyətin çətinləşməsi ilə bağlıdır. Eyni

proses digər xarici ölkələrə axında da müşahidə olunur və burada proses qalxma-enmələrlə davam etmişdir. 2019-2020-ci illərdə pandemiya səbəbindən azalma müşahidə edilmiş, 2022-ci ildə yenidən artım müşahidə edilmişdir (Şəkil 3).



Mənbə: <https://www.stat.gov.az/source/demography/> 17.11.2023 tarixə

Şəkil 3. 2009-2022-ci illər üzrə Azərbaycan Respublikasına daimi yaşamaq üçün gələnələr, nəfər

Təhlil göstərir ki, ölkəyə gələnələrin arasında 20-49 yaş qrupuna daxil olanlar 21432 nəfər təşkil edir ki, bu da cəmi gələnələrin 61,2% təşkil edir. Ümumi gələnələrin arasında əmək qabiliyyətli yaşda olanlar 88,2% təşkil etmişdir. Bu ölkəyə gələnələrin arasında işçi qüvvəsinin çoxluq təşkil etdiyini göstərir.

Digər tərəfdən təhlil göstərir ki, 2018-ci ildə 2016-cı illə müqayisədə ölkəyə gələnələrin sayının artması ancaq kənd təsərrüfatı, meşə təsərrüfatı, balıqçılıq (19 nəfər) və əhaliyə səhiyyə, sosial xidmətlərin göstərilməsi (50 nəfər) sahələrində baş vermişdir. Digər sahələrdə əksinə azalma olmuşdur. Onların arasında xüsusilə mədəncixarma sənayesini (1,8 dəfə azalma) qeyd etmək olar.

Məhz Azərbaycan Respublikasının enerji sektoru ölkəmizin inkişafı baxımından uzun müddət perspektivli sahə hesab edilmiş və bu sahəyə xarici əmək resurslarının axını müşahidə olunmuşdur. 1994-2017-ci illər ərzində Azərbaycanda 2 milyard ton neftin hasil olunması milli əməyin təcəssümüdür. 2013-cü ildən beynəlxalq neft-qaz layihələrinin həyata keçirildiyi müəssisələrdə, həmçinin partnyor şirkətlərin Bakı üzrə müəssisələrində milli əmək resurslarına üstünlüyün verilməsinə başlanılmışdır. Bu kimi layihələrin ilkin mərhələlərində işçilərin cəmi 10%-i ölkə vətəndaşları, 90% isə əcnəbidirlərdən ibarətdir. Lakin hazırda Azərbaycanda fəaliyyət göstərən xarici şirkət işçilərinin 90%-i yerli vətəndaşlardır. Məsələn, BP Azərbaycan şirkətində 2005-ci ildə milli işçilər 58%, 2013-cü ildə 77%, 2017-ci ildə 89% olmuşdur. 2001-ci ilin 3-cü rübünün sonunda adı keçən şirkətin əməkdaşları olan Azərbaycan vətəndaşlarının sayı 2557 nəfər olmuşdur. 2018-ci ilin sonlarında isə milli işçilərin sayı 90% təşkil edib. SOCAR-ın ixtisaslı işçilərinin 90%-ni Azərbaycan vətəndaşları təmsil edir və onların çoxu rəhbər vəzifələri tutur. “Şahdəniz-2” layihəsinin milliləşdirmə hədəfləri mühəndis-texniki işçilər üçün 30-50%, fəhlə heyəti üçün 70% olmuşdur və bu layihə çərçivəsində tədricən ümumi işçilərin 91%-i yerli kadrlardan ibarət olub [10,11]. Azərbaycanda neft-qaz sektorunda fəaliyyət göstərən xarici şirkətlərdə, firmalarda 17 mindən artıq Azərbaycan vətəndaşı işləyir [12]. Hazırda ölkəmizdə xarici şirkətlərin əksəriyyətində ixtisas tələb olunan işlərdə çalışanların çox hissəsi, ixtisas tələb olunmayan işlərdə isə hamısı yerli vətəndaşlardan komplektləşdirilir [13].

Postpandemiya dövrü olan 2021-2022-ci illərdə işə ölkəyə gələnlərin sayının artması əsasən tikinti sektorunda olmuşdur (2,5 dəfə).

Haqqı ödənilən əmək fəaliyyəti ilə məşğul olmaq üçün verilmiş və müddəti uzadılmış iş icazələri olan əcnəbilərin və vətəndaşlığı olmayan şəxslərin iqtisadi fəaliyyət növləri üzrə bölgüsü, (nəfər)

İqtisadi fəaliyyət növləri	2016	2017	2018	2019	2020	2021
İqtisadiyyat üzrə – cəmi	9480	6602	5048	5466	5287	7698
K/T-1, meşə təsərrüfatı və balıqçılıq	90	90	109	120	204	189
Mədəncixarma sənayesi	3000	2518	1622	1736	1226	988
Emal sənayesi	600	597	499	587	504	543
Elektrik enerjisi, qaz və buxar istehsalı, bölüşdürülməsi və təchizatı	60	52	31	38	29	36
Su təchizatı, tullantıların təmizlənməsi və emalı	60	44	15	13	16	17
Tikinti	4000	2000	1547	1667	1544	3969
Ticarət, nəqliyyat vasitələrinin təmiri	150	149	150	150	301	311
Nəqliyyat və anbar təsərrüfatı	100	96	89	100	121	110
Turistlərin yerləşdirilməsi və ictimai iaşə	300	200	200	200	326	397
İnformasiya və rabitə	200	142	95	124	113	142
Maliyyə və sığorta fəaliyyəti	100	65	61	51	63	70
Daşınmaz əmlakla əlaqədar əməliyyatlar	10	5	5	5	9	50
Peşə, elmi və texniki fəaliyyət	80	45	13	8	10	18
İnzibati və yardımçı xidmətlərin göstərilməsi	75	60	60	60	103	130
Təhsil	400	300	304	-	-	-
Əhaliyə səhiyyə və sosial xidmətlərin göstərilməsi	100	113	150	353	297	307
İstirahət, əyləncə və incəsənət sahəsində fəaliyyət	80	60	60	150	202	213
Digər sahələrdə xidmətlərin göstərilməsi	60	58	37	60	114	108
Ev təsərrüfatı, fərdi istehlak üçün ev təsərrüfatlarının istehsal etdiyi mal və xidmətlərə dair fəaliyyət	15	8	1	40	103	96

Mənbə: <https://www.stat.gov.az/source/demography/>

Əlbəttə, iqtisadiyyatın perspektivli sahələri üçün mütəxəssislərin, nadir peşə nümayəndələrinin, elm, mədəniyyət, incəsənət və idman sahəsində dünyaca məşhur adamların, ölkənin iqtisadiyyatına sərmayə qoyan iş adamlarının mühacirəti təşviq edilir.

Milli əmək bazarını miqrantların nəzarətsiz axınından qorumaq, onların əməyindən səmərəli istifadəni təmin etmək istiqamətində zəruri tədbirlər

Azərbaycan Respublikasının enerji təhlükəsizliyinin təmini və bu sahədə həyata keçirilən siyasət əsasında neft-qaz sənayesi işçi heyətinin milliləşdirilməsi aparılmışdır, 2014-cü il fevralın 11-də SOCAR ilə Əmək və Əhalinin Sosial Müdafiəsi Nazirliyinin imzaladıqları əməkdaşlıq haqqında memorandum, SOCAR (AR Dövlət Neft Şirkəti) və BP şirkəti arasında 2013-cü il noyabrın 14-də imzalanmış 5 illik (2014-2018-ci illər) “Milliləşdirmə sahəsində əməkdaşlığa aid” protokol imzalanmış, milliləşdirmə sahəsində həyata keçirilən maarifləndirmə tədbirlərinin effektivliyinin artırılması məqsədilə Nazirlər Kabinetinin 14 mart 2016-cı il tarixli qərarı ilə əmək miqrasiyası kvotasının müəyyən edilməsi üzrə komissiya təyin edilmişdir [13].

Hal-hazırda Azərbaycanda əmək ehtiyatlarının beynəlxalq hərəkətinin monitorinqi, həmçinin statistikanın aparılması məqsədilə üç dövlət orqanının birgə fəaliyyət göstərməsi nəticəsində əldə edilmiş məlumatlar analiz edilir. Əmək ehtiyatlarının ölkəmizlə əcnəbi ölkələr arasında miqrasiyası ilə bağlı məlumatlarla Daxili İşlər Nazirliyi Baş Pasport və Qeydiyyat şöbəsi vasitəsilə ölkəyə gələn (gedən) miqrantların statistik uçotunun arayışına əlavə edilmiş kəsim vərəqələrində tanış olmaq olar. Daimi yaşayış yeri üzrə qeydiyyat alınma zamanı “Azərbaycan Respublikasında Dövlət Miqrasiya Xidmətinin təmsil etdiyi xaricilər, həmçinin vətəndaşlıq hüququ olmayanlar” 1 nömrəli (Miqrasiya) [14] hesabatı alırlar. Statistika ölkəyə gələn və gedən şəxslərlə bağlı müvafiq təhlil aparılır.

Başqa bir statistik təqvim ili ərzində gələn və gedənlər arasındakı fərqi göstərən miqrasiya qazancının və ya itkisinin tərifidir. Həmçinin istifadə olunan göstəricilərdən biri də miqrasiyanın qazanc və ya azalma əmsəlidir. Ümumi əmsallar şəklində hər min nəfərə hesablanmış miqrasiyanın artıb-azalması ölkənin daimi məskunlaşmış insanların orta illik say nisbəti kimi qəbul edilir. Bu o deməkdir ki, miqrasiyanın artıb-azalmasını təqvim ilinə görə orta illik əhali sayına bölməklə tapmaq mümkün olur [15].

Ən vacib diqqət çəkən əlamətlərdən biri kimi əmək ehtiyatlarının beynəlxalq hərəkət göstəricisi – iş yerinin dəyişdirilməsi, yəni xaricə rotasiya. İstənilən halda adıçəçən proses ƏƏSMN-nin, həmçinin ƏM qanunvericiliyinin qaydalarına müvafiq olaraq elektronlaşdırılmış formada “Əmək Müqaviləsi ilə bağlı bildirişlərin verilməsi və işəgötürən tərəfə məlumat verilməsi” Xidmət sektorunda “vəzifədən çıxarılma” kimi qeyd edilir (Elektron sistem – e-gov.az). Statistik məlumatlar cəmiyyətində işdən çıxarılan işçilər işdən çıxarılma səbəblərindən asılı olmayaraq (başqa müəssisələrə köçürülmə, təhsilə qəbul, orduya çağırış, təqaüdə çıxma ilə əlaqədar işdən çıxanlar, habelə işdən çıxarılanlar siyahısına daxil edilir, qanunvericilikdə nəzərdə tutulmuş digər səbəblərə görə işdən çıxanlar), bu müəssisədə işləməklə işdən çıxmışlar və işdən çıxarılmasına icazə verilməyən bütün işçilər [14,15].

Dövlət Statistika Komitəsi tərəfindən uzunmüddətli iş icazəsi verilmiş əcnəbilərin və vətəndaşlığı olmayan şəxslərin, əsasən, ölkəmiz ərazisində ödənişli əməklə məşğul olmaları üçün onların iqtisadi fəaliyyətlərinin növləri, daimi yaşayış ölkələri, cinsiyyət qrupları və yaş qrupları barədə məlumat verilir [15].

Nəticə

Daimi yaşamaq üçün ölkəyə gəlməyə icazə almış şəxslər “gələn”, ölkədən getmək üçün icazə almış şəxslər “gedən” hesab olunur (o cümlədən, ölkədə daimi yaşamaq hüququ olan xaricilər və vətəndaşlığı olmayanlar da). Buna baxmayaraq, hər iki göstərici statistikada ayrıca qeyd olunur.

Statistik məlumatları nəzərdən keçirdərkən görünür ki, əmək ehtiyatlarının müəssisə səviyyəsində autorsingilə əlaqədar ixtisarlara uçotu aparılmır. İşdən çıxarılma səbəbi kimi yalnız könüllü ixtisarlara və ixtisarlara göstərilir [15].

Həmçinin bu sahədə təhlili çətinləşdirən amillərdən biri də bəzi statistik məlumatların ictimai istifadəyə verilməməsi və ya ilkin məlumatların ümumiyyətlə olmamasıdır [15].

Beləliklə, beynəlxalq əmək miqrasiyası ilə bağlı toplanmış məlumatlarla bağlı aşağıdakılar nəzərə alınmalıdır:

– işçi qüvvəsinin beynəlxalq və milli əmək bazarlarına daxil olmasını, çıxmasını, gəlirlərini, xərclərini və iqtisadiyyatda iştirak payını özündə ehtiva edən hərtərəfli statistik məlumatları əks etdirən hesabatların ictimaiyyətə təqdim edilməsi məqsədilə hazırlanması;

– beynəlxalq əmək miqrasiyası üzrə ilkin məlumatların kağızdan elektron formata köçürülməsinin sürətləndirilməsi işçilərin vaxtına qənaət etməsini, həmçinin əl əməyinə olan tələbatın azaldılmasını, ilkin informasiyanın işlənməsini sürətləndirəcək [15].

ƏDƏBİYYAT

1. Ravenstein E. The Birthplace of the People and the Laws of Migration (1976) // The Geographical Magazine. 2010, p. 173–233. <https://www.amazon.com/Birthplaces-People-Laws-Migration/dp/1166419746>
2. Адедиран А.М. Ключевые вехи становления современной теории миграции в работах западных ученых XX в. // А.М.Адедиран. Вестник РУДН, серия Социология, 2015, №1, с.30-40.
3. Яковлева Е.Б. Западные теории внешней трудовой миграции (критический анализ на основе европейских и российских реалий) // ПСЭ. 2017. №1 (61), с.67-70.
4. Stouffer S. Intervening Opportunities: A Theory Relating Mobility and Distance // American Sociological Review. <https://www.jstor.org/stable/2084520>, p. 845-867.
5. Zelinsky W. The Hypothesis of the Mobility Transition // Geographical Review. 1971, p. 219–249.
6. Юрков Д., Бычков Г. «Неоклассические» теории экономики миграции // Экономист. 2017. № 10. с.92-95.
7. Massey D.S. International migration and economic development in comparative perspective // Population and Development Review. 1989. p. 383-414. <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2906051>

8. Massey D.S. The Social and Economic Origins of immigration // The Annals of the American Academy of Political and Social Science, Vol 510. World Population: Approaching the Year 2000 July, p. 60-72. <https://ideas.repec.org/a/sae/annname/v510y1990i1p60-72.html>
9. Azərbaycan Respublikasının Miqrasiya Məcəlləsi. Bakı, “Hüquq Yayın Evi”, 2018. 55 s.
10. Sadıqlı F. Neft sektorunda milliləşdirmə proqramının müəyyən etdiyi hədəfə nail olunub. Azərbaycan qəzeti, 01.10.2023. <https://www.azerbaijan-news.az/view-161401/Neft-sektorunda-millil%C9%99%C5%9Fdirn%C9%99-proqram%C4%B1nC4%B1n-m%C3%BC%C9%99yy%C9%99n-etdiyi-h%C9%99d%C9%99f%C9%99-nail-olunub>
11. Neft-qaz sənayesində milliləşdirmə strategiyasına həsr olunmuş tədbir keçirilmişdir.05.12.2018. https://www.bp.com/az_az/azerbaijan/home/news/press-releases1/staff_nationalization_strategy_in_og_industry0.html
12. Azərbaycan Respublikasının Dövlət Statistika Komitəsinin məlumatları. 17.11.2023. <https://www.stat.gov.az/source/demography/>
13. Hüseynova, E. “Azerbaijan’s energy security policy and the problem of using labor resources” – Ponto-Caspian and the Caucasus Region: changes in the conditions of merging and isolation of ecosystems, phylogeny, geology, ecology and geography of life, article published – 27-28 November 2020, Bakı, ISSN:2227-5118, p. 47-48. https://www.geo.uni-bremen.de/geomod/staff/mprange/Ponto-Caspian_Caucasus.pdf
14. DSK metodoloji izahları <https://www.stat.gov.az/source/demography/>
15. Hüseynova, E. Əmək resurslarının beynəlxalq mobilliyinin statistik göstəricilər sistemi və onların formalaşma mənbələri // “AUDİT” elmi praktiki jurnal, Bakı: AUDİT 2020, 4 (30), s.23-34. <https://audit-journal.az/files/articles/76.pdf>

XARİCİ ÖLKƏ VƏTƏNDAŞLARININ AZƏRBAYCANDA İŞLƏ TƏMİN OLUNMASININ MÖVCUD VƏZİYYƏTİ

E.İ.Ziyalı

Xülasə. Məqalədə əmək resurslarının beynəlxalq mobilliyinin təhlil fonunda xarici ölkə vətəndaşlarının Azərbaycanda işlə təmin olunmasının mövcud vəziyyəti təhlil edilmişdir. Hazırda bu problemə dair geniş nəzəri - praktiki yanaşmalar və beynəlxalq təcrübə mövcuddur. Təhlil zamanı MDB və digər xarici ölkələrdən gələnlər müqayisə edilir və qruplaşdırma metodlarından istifadə olunur. Əmək resurslarının beynəlxalq mobilliyinin Azərbaycanın sosial-iqtisadi inkişafına müsbət və mənfi təsiri müəyyən edilmişdir. Nəticədə əmək resurslarının beynəlxalq mobilliyinin tənzimlənməsində önəmli olan statistik göstəricilərin təkmilləşdirilməsi qeyd edilmişdir.

Açar sözlər: əmək resurslarının mobilliyi, miqrasiya, əmək bazarı, xarici vətəndaş, tənzimləmə.

Accepted: 12.12.2023

LAY SULARININ İON-NƏQLETMƏ ÜSULU İLƏ RADIOAKTİV STRONSIUMDAN TƏMİZLƏNMƏSİ

Sevinc Rafiq qızı Haciyeva, Elgül Əliağa qızı Abdullayeva, Yeganə Qiyas qızı Quliyeva
Bakı Dövlət Universiteti, Bakı, Azərbaycan

PURIFICATION OF PLASTIC WATER FROM RADIOACTIVE SRONTON BY ION-TRANSPORT METHOD

Sevinj Rafik Hajiyeva, Elgul Aliaga Abdullayeva, Yegane Giyas Guliyeva

Baku State University, Baku, Azerbaijan: s.hajiyeva-bsu@mail.ru, elgulabdullayeva@bsu.edu.az, zakir-51@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0005-3444-9038>, <https://orcid.org/0009-0006-7459-9708>,
<https://orcid.org/0009-0007-2432-4826>

Abstract. The proposed method is based on ion transport. As a result of research, it was determined that dibenzo-18-crown-6 forms a complex compound by being located between the radioactive strontium ion and the macrocyclic ring. The complex compound formed by crown ether with strontium on the surface of the chloroform layer breaks down due to contact with hydrochloric acid and turns into strontium cation and dibenzo-18-crown-6 compound. The Sr²⁺ ion released from the decomposition remains in the hydrochloric acid layer.

It was determined that as the number of halogen atoms in the molecule of the solvent included in the composition of the liquid membrane increases, the ion transport capacity of the membrane increases. The mechanism of its action is due to the fact that the halogen atoms in the solvent increase the hydrophobicity of the liquid membrane.

Keywords: ion transport, ether, radioactive, solvent, heavy metal, complex, solution.

© 2023 Azerbaijan Technical University. All rights reserved.

Giriş

Lay suları radioaktiv fona malikdir və bu radioaktiv fonun yaranmasının əsasında Sr ionu daşınır [1,2]. Texnoloji proseslərdə bu radioaktiv elementin qatılmasına imkanı artır və ekologiya üçün böyük təhlükə yaranır [3]. Məsələn, yod istehsalında xammal kimi lay suları götürüldükdə adsorbentlərdən istifadə olunur. Adsorbent (məs., kömür) yod istehsalı prosesində radioaktiv stronsiumu uzun müddət udaraq onu qatılaşdırır. Bu da öz növbəsində istehsalat obyektində fonu kəskin artırır. Buna misal olaraq Bakının Suraxanı yod-brom zavodunu göstərmək olar. Hal-hazırda bu zavod fəaliyyətdə olmasa da onun ətrafında yüz tonlarla stronsiumla zəngin radioaktiv kömür adsorbenti yığılıb qalmışdır. Elə bu səbəbdən radioaktiv fon 800 milli rentgen saat-dan çoxdur. Bu isə ətraf mühitin ekologiyasına böyük zərər vurur [4,5]. Yığılıb qalmış kömürü yandırmaqla və ya başqa üsullarla da ləğv etmək olmur, belə ki, yandırılmış kömürdən əmələ gələn radioaktiv stronsium ya torpağı, ya da yaxında olan su hövzələrini çirkləndirir. Mövcud üsullarla adsorbenti radioaktiv elementdən təmizləmək üçün çoxlu xərclər tələb olunur.

Tədqiqatın məqsədi

Tədqiqatın məqsədi, lay sularının ion-nəqletmə üsulu ilə radioaktiv stronsiumdan təmizlənməsi

Eksperimental hissə

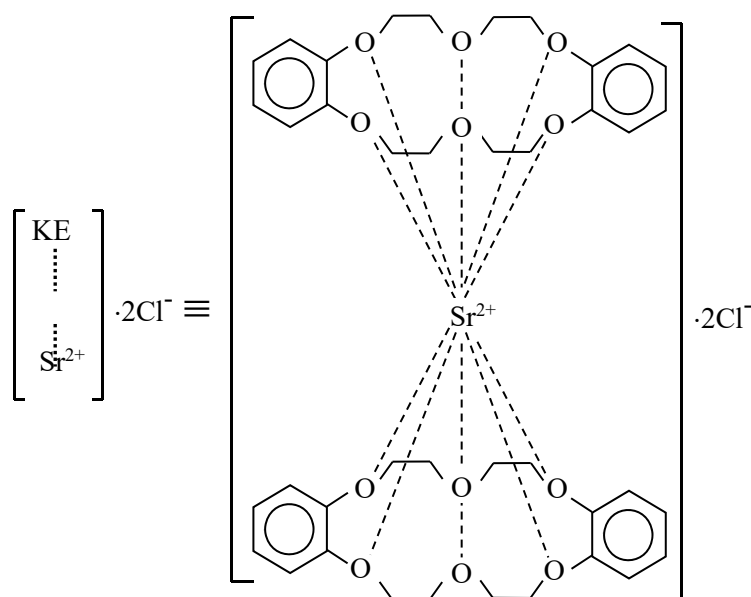
Tərəfimizdən ilk dəfə olaraq sənayedə istifadə olunan adsorbentlərin və digər maşın hissələrinin radioaktiv elementlərdən təmizlənməsi üsulu təklif edilmişdir. Təklif olunan üsulda ion-nəqletməyə əsaslanır. U-şəkilli reaktorda siqnallar aşağıda verilən ardıcılıqla həyata keçirilir: U şəkilli reaktora 0,05 m qatlıqlı dibenzo-18-kraun-6-nın xloroform məhlulu tökülür. Reaktorun sağ və sol qollarına 20 %-li xlorid turşusu tökülür. Sonra reaktorun sağ qolundakı xlorid turşusuna xüsusi kağız filtdə pudra halına salınmış və özündə radioaktiv stronsium ionları saxlayan kömür adsorbenti salınır. Burada kömürdən xlorid turşusuna keçən stronsium ionu xloroform məhlulunun səthində dibenzo-18-kraun-6 tərəfindən kompleks əmələ gətirmə yolu ilə tutularaq xloroform təbəqəsinə keçirilir. Reaktorun sağ qolunda xloroform təbəqəsinin səthində kraun efirin stronsiumla əmələ gətirdiyi kompleks birləşmə

xlorid turşusu ilə təmasda olduğuna görə parçalanaraq stronsium kationuna və dibenzo-18-kraun-6 birləşməsinə çevrilir.

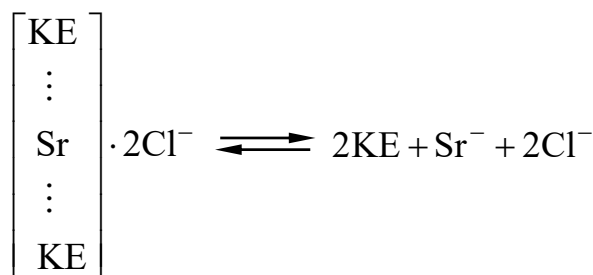
Parçalanmadan ayrılan Sr^{+2} ionu sağ tərəfdəki qolda xlorid turşusu təbəqəsində qalır, dibenzo-18-kraun-6 isə yenidən geri qayıdaraq Sr^{+2} ionunu yenidən kompleks halına keçirərək sağ qola daşıyır. Bu proses kömürdən Sr^{+2} ionları praktiki olaraq tam ayrılana qədər davam etdirilir. Prosesin başa çatması sağ qolda olan kömürdə radioaktiv fonun kəskin azalması (3 milli rentgen saata qədər) ilə müəyyən edilir.

Eksperimental nəticələr və onların müzakirəsi

Biz belə hesab edirik ki, dibenzo-18-kraun-6 radioaktiv stronsium ionu ilə makrotsilik həlqənin arasında yerləşməklə aşağıdakı kimi sendviç tipli kompleks birləşmə əmələ gətirir.



Sendviç tipli kompleks birləşmənin quruluşunu təyin etmək üçün onun elektron spektri öyrənilmişdir. Göstərilmişdir ki, bu kompleksin elektron spektri ədəbiyyatda göstərilənlə üst-üstə düşür [3]. Bundan başqa sendviç tipli, kompleks birləşmənin molekulyar kütləsi argentometrik titrləmə üsulu ilə təsdiq edilmişdir. Göstərilən sendviç tipli kompleks birləşmənin praktiki üstünlüyü ondan ibarətdir ki, o, dibenzo-18-kraun-stronsium (II) kompleksindən fərqli olaraq lipofildir, xloroformda, efirlərdə və çoxhalogenəvəzli üzvi həlledicilərdə yaxşı həll olur. Elə buna görə onun ion nəqləmə qabiliyyəti yüksəkdir və reaktorun sağ qolunda sürətlə parçalanır.

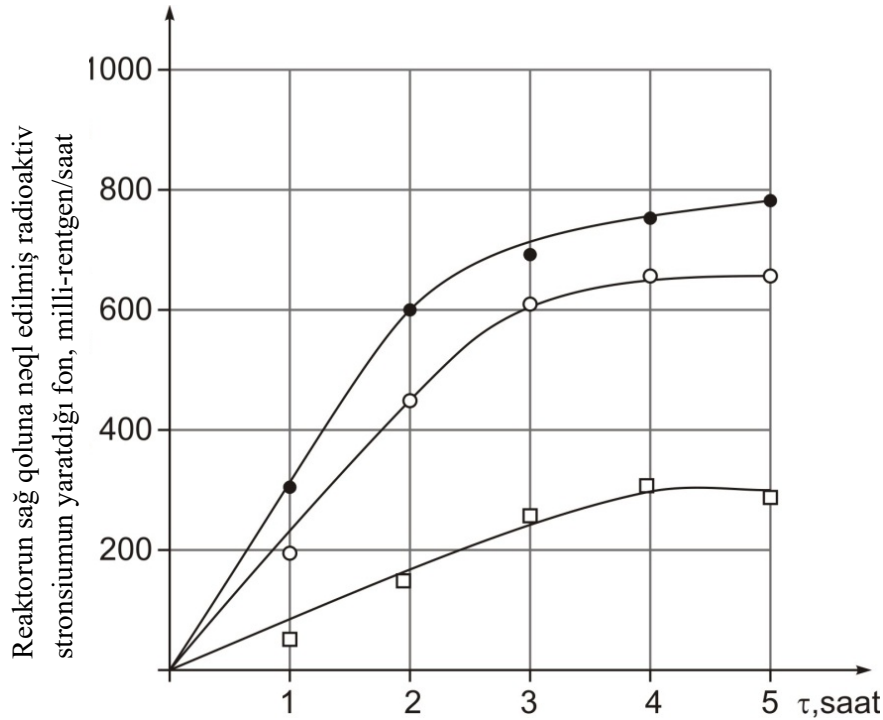


Kraun efir yenidən başlanğıc vəziyyətə qayıdaraq prosesi davam etdirir. Beləliklə sendviç kompleksinin həm yüksək lipofilliyə, həm də yüksək parçalanma qabiliyyətinə malik olması ion-nəqləmə prosesində mühüm amildir. Bundan başqa ion nəqləmə prosesinə başqa amillərin də təsiri

öyrənilmişdir. Bu amillərdən xüsusilə maye membranda dibenzo-18-kraun-6-nın qatılığını və həlledicinin təbiətini qeyd etmək lazımdır. Təcrübələrlə müəyyən edilmişdir ki, maye membran təbəqəsində daşıyıcı komponentin qatılığı yüksək olduqca ion-nəqləmə prosesinin sürəti yüksək olur. İstifadə olunan kömürdə başlanğıc radioaktiv fon 870 mq/saat təşkil edir.

İon nəqləmə sürəti Sr^{2+} ionunun nəql edildiyi hissədə (reaktorun sağ qolunda) radioaktiv fonun dəyişməsi ilə müəyyən edilir.

Şəkil 1-də dibenzo-18-kraun efinin müxtəlif qatılıqlarında reaktorun sağ qoluna nəql edilmiş radioaktiv stronsiumun yaratdığı radioaktiv fonun dəyişməsinin zamandan asılılıq qrafiki verilmişdir.



Şəkil 1. Radioaktiv Stronsiumun maye membranda nəql olunma sürətinin dibenzo-18-Kraun efinin qatılığından asılılığı.

- – Maye membranda Kraun efinin qatılığı – 0,05 m
- – Maye membranda Kraun efinin qatılığı – 0,10 m
- – Maye membranda Kraun efinin qatılığı – 0,20 m

Verilmiş şəkildən göründüyü kimi dibenzo-18-kraun-6-nın qatılığı artdıqca reaktorun sağ qolunda radioaktiv fon yüksəlir. Bu onun nəticəsidir ki, sol qolda xlorid turşusu təbəqəsində təmizlənməyə qoyulmuş kömürdən keçən radioaktiv stronsium kraun efinlə ion-dipol rabitəsi yaratmaqla sağ qola daşınır. Proses radioaktiv ionun kömür təbəqəsinə tam keçməsinə qədər davam edir. Daşıyıcının (kraun efin) bu prosədə optimal qatılığı 0,2 M sayıla bilər.

Bu qatılıqda sağ qolda kömürün təmizlənməsindən ayrılan radioaktiv elementin sağ qola keçməsi tam təmin olunur. Onu da qeyd etmək vacibdir ki, verilmiş optimal qatılıqda (0,2 M) ion-nəqləmə prosesi 4 saat müddətində başa çatır.

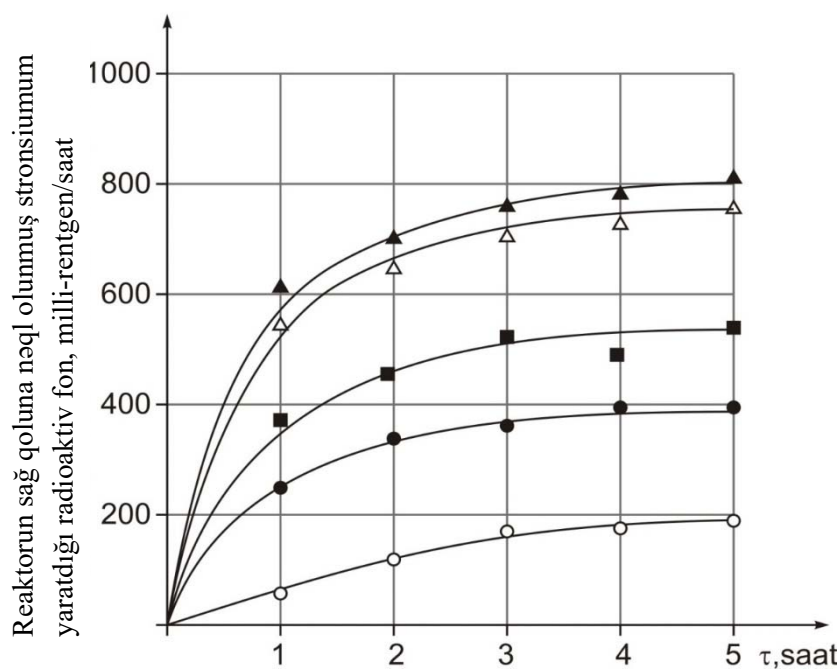
Əgər daşıyıcının qatılığı 0,05 M-dan aşağı olarsa radioaktiv stronsiumun nəqli praktiki olaraq dayanır.

Müəyyən edilmişdir ki, kömür adsorbentinin narınlaşdırılması bu adsorbentin ion-nəqləmə üsulu ilə təmizlənməsini stimullaşdırır. Əgər adsorbent 150 mkM ölçüyə qədər narınlaşdırılırsa onun radioaktiv stronsiumdan təmizlənməsi ion-nəqləmə yolu ilə 1 saat müddətində tam başa çatır.

Maye membranın tərkibinə daxil olan həlledicinin təbiəti ion-nəqləmə prosesində böyük əhəmiyyət kəsb edir. Müəyyən edilmişdir ki, di- və çoxhalogen əvəzli C_1-C_4 karbohidrogenlər ion-

nəqlətmədə ən əsas həlledicilərdir. Bu birləşmələr içərisindən 1,2-dixlorpropan, 1,2-dixlorbutan və 1, 1,2-trixlorretan, etilənxlorid və xloroform ion-nəqlətmədə mühüm üstünlüklərə malikdirlər. Ən mühüm xüsusiyyət ondan ibarətdir ki, çoxhalogen əvəzli karbohidrogenlərin törəmələri stronsiumun dibenzo-18-kraun-6 komplekslərini kifayət qədər özlərində yaxşı həll edirlər. Komplekslərdən fərqli olaraq stronsiumun xlorid duzu bu həlledicilərlə qızdırıldıqda belə həll olurlar.

Radioaktiv stronsiumun daşıyıcıları (dibenzo-18-kraun-6) bu tip həlledicilərdə ideal həll olurlar. Şəkil 2-də ion-nəqlətmə qabiliyyətinin həlledicilərdə olan xlor atomlarının miqdarından asılı olması verilmişdir.



Şəkil 2. Stronsiumun nəql olunma qabiliyyətinin həlledicilərdə olan xlor atomlarının sayından asılılığı.

○ – amilxlorid; ● – 1,2-dixlorretan; ■ – xloroformu;
Δ – 1,2,3,4-tetraaxlorbutan; ▲ – 1,1,1,2,2-pentaaxlorretan

Burada verilmiş şəkildən görünür ki, maye membranın tərkibinə daxil olan həlledicinin molekulunda halogen atomunun sayı artdıqca membranın ion-nəqlətmə qabiliyyəti yüksəlir. Bunun təsir mexanizmi onunla bağlıdır ki, həlledicidə olan halogen atomları maye membranın hidrofobluğunu artırır.

Nəticə

Tədqiqatlar nəticəsində müəyyən olunub ki, dibenzo-18-kraun-6 radioaktiv stronsium ionu ilə makrotsilik həlqənin arasında yerləşməklə kompleks birləşmə əmələ gətirir. Aşkar edilmişdir ki, maye membranın tərkibinə daxil olan həlledicinin molekulunda halogen atomunun sayı artdıqca membranın ion-nəqlətmə qabiliyyəti yüksəlir.

Təcrübələrlə müəyyən edilmişdir ki, maye membran təbəqəsində daşıyıcı komponentin qatılığı yüksək olduqca ion-nəqlətmə prosesinin sürəti də yüksək olur.

ƏDƏBİYYAT

1. Пареного О.П., Давыдова С.Д. Экологические проблемы химии нефти. //Нефтехимия, 1999, т.39, № 1, с.3-13.
2. Бембель В.М., Сафонов Г.А., Петренко Т.В., Коваль Е.О. Проблемы классификации нефтепоглощающих материалов для сбора нефти с поверхности воды// Материалы III международной конференции по химии нефти. Томск, 1997, т.2, с.98.

3. Антипенко В.Р. Металлы в нефтях. Основные аспекты исследования и способы удаления. //Нефтехимия, 1999, т.39, № 6, с.403-413.
4. Гаджиева С.Р., Кулиева Е.Г., Абдуллаева Э.А. Влияние природы макроциклических колец на скорость транспорта пикрата щелочных металлов через жидкие мембраны. // Чита, 2010, № 5, том 1, с. 110-112.
5. Давыдова С.Л. Органический анализ в решении экологических проблем //Нефтехимия, 1995, т.35, №3, с.273.

LAY SULARININ İON-NƏQLETMƏ ÜSULU İLƏ RADIOAKTİV STRONSIUMDAN TƏMİZLƏNMƏSİ

Sevinc Rafiq qızı Hacıyeva, Elgül Əliağa qızı Abdullayeva, Yeganə Qiyas qızı Quliyeva

Xülasə. Təklif olunan üsulda ion-nəqletməyə əsaslanır. Tədqiqatlar nəticəsində müəyyən olunub ki, dibenzo-18-kraun-6 radioaktiv stronsium ionu ilə makrotsilik həlqənin arasında yerləşməklə kompleks birləşmə əmələ gətirir. Xloroform təbəqəsinin səthində kraun efirin stronsiumla əmələ gətirdiyi kompleks birləşmə xlorid turşusu ilə təmasda olduğuna görə parçalanaraq stronsium kationuna və dibenzo-18-kraun-6 birləşməsinə çevrilir.

Parçalanmadan ayrılan Sr^{+2} ionu xlorid turşusu təbəqəsində qalır. Müəyyən edilmişdir ki, maye membranın tərkibinə daxil olan həlledicinin molekulunda halogen atomunun sayı artdıqca membranın ion-nəqletmə qabiliyyəti yüksəlir. Bunun təsir mexanizmi onunla bağlıdır ki, həlledicidə olan halogen atomları maye membranın hidrofobluğunu artırır.

Bundan başqa ion nəqletmə prosesinə başqa amillərin də təsiri öyrənilmişdir. Bu amillərdən xüsusilə maye membran-da dibenzo-18-kraun-6-nın qatılığını və həlledicinin təbiətini qeyd etmək lazımdır. Təcrübələrlə müəyyən edilmişdir ki, maye membran təbəqəsində daşıyıcı komponentin qatılığı yüksək olduqca ion-nəqletmə prosesinin sürəti də yüksək olur.

Açar sözlər: ion-nəqletmə, efiri, radioaktiv, həlledici, ağır metal, kompleks, məhlul.

Accepted: 30.11.2023

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ОЗОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ: ОБЗОР ПОСЛЕДНИХ РАЗРАБОТОК

Гульнар Кудайбергеновна Сыдыкова¹, Кара Абдулазим оглы Гасанов²,
Абдурахим Сулайманович Бердышев³

¹Кызылординский университет имени Кorkyt Ata, Кызылорда, Казахстан

²Азербайджанский технический университет, Баку, Азербайджан

³НИУ «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства», Ташкент, Узбекистан

ABOUT THE USE OF OZONE TECHNOLOGY: A REVIEW OF RECENT DEVELOPMENTS

Gulnar Kudaibergenovna Sydykova¹, Kara Abdulazim Hasanov², Abdurakhim Sulaymanovich Berdyshev³

¹Kyzylorda University named after Korkyt Ata, Kyzylorda, Kazakhstan: sydykova77@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-6841-028X>

²Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan: qhasanov@beu.edu.az

³National Research University "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers", Tashkent, Uzbekistan: berdishev66@bk.ru

<https://orcid.org/0009-0003-1781-4924>

Abstract. In the context of increasing anthropogenic load on the environment and, as a result, deterioration of the environmental situation in the world, there is growing interest in the use of ozone for the purification of toxic emissions, drinking water treatment, and in technological processes of various industries. Modern ozone technologies have high application efficiency, relatively low costs for implementation and operation of installations, as well as environmental safety.

During the research, the factors influencing the impact of ozonation processes on the environment were studied, modern technological developments and solutions for minimizing the risks associated with the dosage of ozone were analyzed, the possibilities of effective use of ozone technology in various fields of industry were studied, and examples of successful adaptation of innovative developments in the field of ozonation were considered. The results of the study have significant practical significance for increasing the level of criteria for the success of purification processes that are inextricably linked with production, as well as the living conditions of modern society against the backdrop of the growing need to green the processes of purification and neutralization of harmful substances.

Keywords: ozone, disinfection, application dosage, sterilization, deodorization.

© 2023 Azerbaijan Technical University. All rights reserved.

Введение

Современные озонные технологии соответствуют таким требованиям, и поэтому приобретают прогрессирующую популярность как в мировом сообществе, в том числе и в странах с развивающейся экономикой. Для генерации озона требуются минимальные ресурсы, поэтому процессы озонирования доступны, достаточно безопасны в применении, и получают широкий спектр применения в производстве, быту, сельском хозяйстве.

Озон – мощное противомикробное средство, которое широко применяется для обеззараживания во многих отраслях промышленности, включая продовольственную сферу, водоподготовку, фармацевтику, медицину. Озон способен очищать, дезинфицировать и стерилизовать материалы и поверхности, в зависимости от дозировки применения и особенностей используемой среды.

Проблематике применения озонной технологии и поиску решений, позволяющих уменьшить риски, возникающие из-за нерационального использования озона, посвящено много современных научных трудов и исследований, в частности Epelle E., Macfarlane A., Cusack M., [1], а также Лунина В.В., Бахтаева Ш.А. [2, с. 197], [3, с. 14]. Озонирование воды привлекает больше внимания исследователей, по сравнению с газообразным применением озона. Объясняется такое положение вещей тем фактом, что очистка воды с помощью озонной технологий есть пионером в области использования озона в целом. Проблема поиска оптимальных решений для обеспечения чистоты питьевой воды, а также сточных вод, особенно актуальна в свете экологически нестабильных водных систем современности.

Многие ученые современности занимаются исследованием вопросов разработки и внедрения механизмов озонирования в пищевой промышленности, так как этот аспект применения озонной технологии очень востребована и перспективен. Этой проблематике посвящены труды Botondi R., Barone M., Grasso C, Xue W., Macleod J., Blaxland J. [4,5].

Недавняя пандемия COVID-19 стимулировала новые разработки в области внедрения различных технологий на основе озона для обеззараживания поверхностей, материалов, внутренней среды, а также высветила терапевтический потенциал озона. Этот вопрос поднимается в работах ученых Cristiano L., Valdenassi L., Franzini M., Thill S., Spaltenstein M. [6,7,8].

Несмотря на достаточно высокую популярность тематики озонной технологии в современных научных кругах мирового сообщества, неоспорим факт ее довольно хаотической систематизации и группирования, для дальнейшего изучения и практического применения.

Цель исследования: изучение и обобщение последних достижений в сфере использования озонных технологий и аппаратов в различных отраслях промышленности, а также определение оптимальных инженерных соображений, необходимых для крупномасштабного внедрения систем дезактивации озона, с акцентированием внимания на ключевых параметрах, которые влияют на эффективность и стабильность озона при длительном воздействии, а также выделение приоритетных направлений дальнейшего изучения исследуемой проблематики, разработка рекомендаций по практическому применению озонных технологий в актуальных направлениях деятельности.

Материалы и методы

В основу проведенного исследования положено гипотетико-дедуктивный метод. Использование данного метода позволило сформулировать научную теорию, которая учитывает результаты, выведенные в ходе экспериментальной деятельности ученых, а также использует логические выводы, что в комплексе дало возможность сформулировать выводы о подтверждении гипотезы об универсальности озонирования как современного и доступного способа обработки различных сред. Кроме того, в процессе исследования использовался метод восхождения от абстрактного к конкретному, в виде последовательного перехода от общих абстрактных данных о процессах и аппаратах озонной технологии и свойств озона как химического вещества к конкретным примерам использования озонирования в различных процессах производства, сельского хозяйства, медицинской отрасли, обеспечения благоприятных условий для жизни и деятельности общества.

Для определения эффективности, особенностей и преимуществ определенных технологических решений в исследуемом процессе использован системный подход. С его помощью исследование сориентировано на раскрытие целостности объекта изучения, комплексного поиска решений. Разработаны основные направления оптимизации синергии ресурсной и экологической составляющих процессов озонной технологии.

Метод синтеза использовано для формирования выводов на счет целесообразности использования озонных технологий в отдельных отраслях производства и быта.

Результаты

Озон (O_3) являет собой газ – высокоактивную аллотропную форму кислорода с характерным резким запахом [9]. Газообразный озон при комнатной температуре обладает голубоватым цветом, хотя этот факт остается малозаметным при обычно производимых концентрациях. Озон более нестабилен, чем атмосферный кислород, и это подразумевает, что он не накапливается в значительной мере и должен производиться при необходимости с помощью систем генерации озона [10]. Значительные окислительные способности и быстрое разложение из-за нестабильности соединения делают его эффективным против широкого спектра микроорганизмов, обеспечивая более быструю кинетику микробной инактивации по сравнению с другими типами окислителей [11]. Соединения озона вступают в реакцию с органическими

веществами в 3000 раз быстрее и является более безопасным, чем хлор [12]. Кроме обеззараживания, озон обладает дезодорирующими, отбеливающими свойствами, что расширяет возможности его применения в различных отраслях промышленности. Но на сегодняшний день наиболее распространенной причиной его применения все же является потребность в обеззараживании. Широкое применение его в этих целях обусловлено высокой активностью озона как в воде, так и в воздухе, что позволяет использовать его в зависимости от конкретных характеристик процесса или субстрата, подлежащего обеззараживанию. В то же время, чувствительность озона к органическим веществам, присутствующим в среде, повышает его расход, тем самым снижая концентрацию для целевого воздействия. Генерация озона в воздухе проводится с помощью ультрафиолетового излучения (185 нм) и методов коронного разряда [13]. Второй при этом считается более эффективным, особенно для масштабных производств. В водной среде озон генерируется с помощью электролитических методов или путем барботирования газа через воду [14]. Оба способа образования озона стимулируют образование пузырьков озона разных размеров, что позволяет достичь определенной стабильности соединений озона в водной среде. Кроме того, разрушение таких пузырьков на поверхности обрабатываемого субстрата повышает противомикробную эффективность всего процесса.

Общая эффективность микробной инактивации с помощью озона может быть увеличена за счет оптимизации условий. Например, низкие температуры повышают стабильность озона в воздухе и воде, тем самым снижая скорость самопроизвольного разложения до кислорода. Использование добавок (например, карбонатных солей) улучшает стабильность водного озона для длительной микробной инактивации. Кроме того, применение нанопузырьков озона также обладает огромным потенциалом для улучшения антимикробной эффективности и стабильности озона [13].

Свойство озона вступать в активное взаимодействие с органическими соединениями находит применение в химической отрасли. Взаимодействие озона и ароматических углеводородов позволяет разрабатывать новые методы дезодорации воздуха и воды. В то же время, реакция озона с серосодержащими соединениями лежит в основе современных методов очистки отходящих газов и сточных вод, что является особенно важным для производственных процессов, сориентированных на внедрение принципов циркулярной зеленой экономики.

В промышленных условиях на сегодняшний день озон получают электролитическим методом, при помощи ультрафиолетового излучения, или способом электросинтеза с применением коронного разряда. Последний способ признан наиболее эффективным, отличаясь при этом оптимальным соотношением энергетических затрат к концентрации вырабатываемого озона. Коронный разряд образовывается в случае, когда электрическое поле вокруг проводника характеризуется высокой степенью неоднородности. Стоит отметить, что коронный разряд с тонко-проволочным катодом дает возможность образовывать протяжный разряд вдоль катода, что значительно снижает плотность разрядного тока, а также более равномерно распределяет выделение энергии в газе и теплоотвод от него. Эта особенность способствует увеличению эффективности процесса генерации озона, учитывая его склонность к распаду при малейшем повышении температуры.

В свете сложившейся многогранности явления эффективного использования озона в современных технологических решениях, следует выделить некоторые приоритетные и целесообразные направления его функционального применения (рис. 1).

1. Очистка питьевой воды

Одним из самых распространенных применений озона в промышленности является очистка питьевой воды, в частности для удаления тяжелых металлов, дезинфекции, нейтрализации вкуса и запаха. Механизм влияния озона полагает в разрушении бактериальных белковых соединений. Осуществляется он явлением диффузии озона, при этом действие происходит быстро при поддержании необходимой концентрации озона.

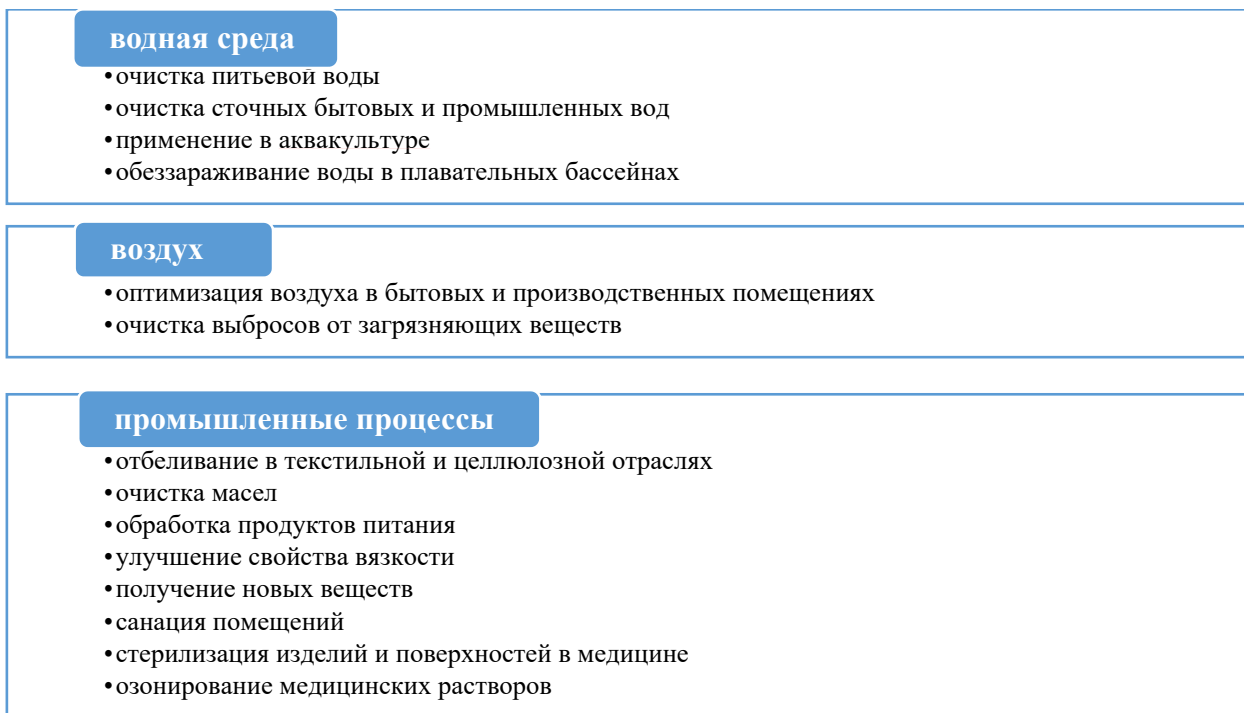


Рис. 1. Основные направления применения современных озонных технологий

Кроме того, озон окисляет присутствующие в воде соединения минерального и органического происхождения, с последующим их расщеплением. При этом наблюдается эффективное устранение различных запахов и привкусов. То есть можно утверждать, что с посредством озона происходит нейтрализация нежелательных веществ, в том числе устойчивых соединений. Особую эффективность озон показывает при очистке воды от фенолов, сероводорода, сернистых, цианистых и ряда других веществ, придающих воде неприятный запах.

Дополнительными преимуществами озонирования для очистки питьевой воды являются его способность минимизировать количество побочных продуктов дезинфекции, обеспечение должного уровня эстетики качества воды (цвет, вкус, прозрачность, запах), исключительную способность разлагать ряд возникающих загрязняющих веществ, которые угрожают водоснабжению [15].

2. Очистка сточных вод

Широкое применение озона для обработки питьевой воды послужило толчком для распространения озонирования в другие отрасли, включая очистку сточных вод. Использование озонных технологий в этих целях позволяет уменьшить образование шлама, эффективно удалять стойкие соединения, например, соединения фенолов, карбоновых кислот, синтетических красителей [16]. Растущее использование озонных технологий для очистки сточных вод в последние годы можно объяснить тенденцией снижения затрат на производство озона и его преимуществами для окружающей среды, по сравнению с хлором.

3. Применение в аквакультуре

Сегодня озонные технологии в аквакультуре широко используются для подготовки воды при выращивании различных гидробионтов (обеззараживание), для профилактики и ликвидации паразитических поражений, для очистки воды от токсических и вредных веществ (гербициды, тяжелые металлы, фенолы, пестициды) в условиях хозяйств интенсивного разведения рыб.

4. Обработка воды в спортивных и оздоровительных бассейнах

Процессы дезинфекции бассейнов в развивающихся странах базируются, в основном, на хлорировании, которое провоцирует негативные последствия для здоровья человека и понижение температуры воды. Такая методика водоподготовки давно не соответствует международным требованиям. Инновационной задачей является перевод плавательных бассейнов на озонирование, которое одновременно решает вопросы обеззараживания, улучшения органолептических показателей и физических свойств воды, дезодорации, соответствуя при этом актуальным нормам экологической безопасности (рис. 2).

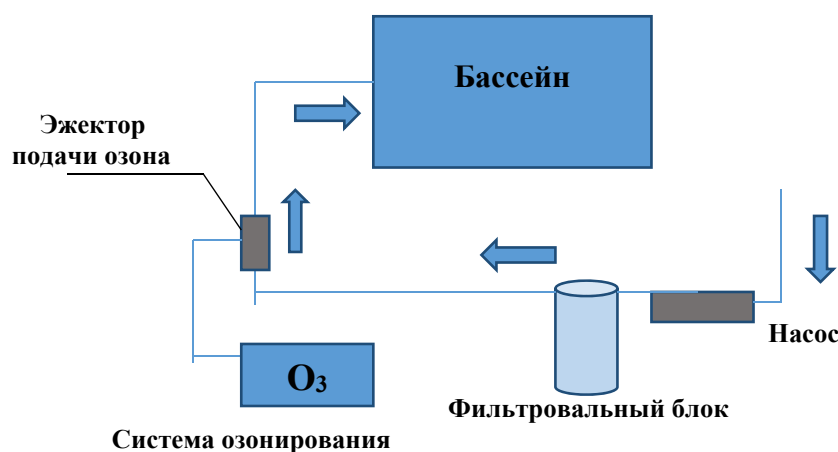


Рис. 2. Очистка водного бассейна с помощью системы озонирования

5. Продовольственная промышленность.

Особое внимание на сегодняшний день уделяется возможностям использования озонных технологий в продовольственной сфере, та как инактивация патогенных микроорганизмов имеет первостепенное значение для пищевой промышленности. Методы озонирования играют огромную роль в организации системы транспортировки и хранения продуктов питания [14,17].

6. Медицина

Некоторые современные исследования направлены на процесс озонной стерилизации средств индивидуальной защиты, а также на поиск других возможностей эффективного применения стерилизующих свойств озона на фоне пандемии COVID-19. Так как вирусы не способны восстанавливать окислительные повреждения, озонирование считается хорошим методом для их инактивации [8]. Кроме возможностей дезинфекции и стерилизации, предоставляемых современными озонными технологиями, необходимо изучать возможность терапевтического применения озона. Ведь несмотря на то, что озон является мощным окислителем, исследования демонстрируют, что он обладает парадоксальной активностью при взаимодействии с органическими молекулами, что создает выраженный противовоспалительный и антиоксидантный эффект [10].

7. Оптимизация количественных и качественных параметров воздуха

Проблема очистки и дезодорации воздуха является актуальной, требующей технических решений с обязательным учетом экологических требований. Уже при незначительной концентрации озона ($0,005-0,01 \text{ мг/м}^3$) воздух приобретает качество свежести. При этом безопасность системы обеспечивается за счет использования озоногенератора с ограничением уровня предельных концентраций озона на выходе устройства. При этом современное озонирование воздуха возможно производить сухим или влажным методом. В случае использования сухого метода озон поступает с помощью встроенных в систему приточной вентиляции генераторов озона. Принцип влажного метода заключается в том, что воздух обрабатывается озонированной водой в специальном отделе кондиционера или скруббера. Озонирование подавляет также и неприятные запахи (сульфаты, аммиак, сероводород). Процесс высокоэффективный (до

90%), происходит при малых дозах и в короткий промежуток времени. С помощью озонирования производится эффективная бактерицидная очистка воздуха от вирусов и бактерий, спор грибов и плесени. При этом эффективность процесса составляет 90–100%.

8. Очистка выбросов

Выбросы от производственных процессов содержат значительные концентрации окиси азота, серы, летучую органику и т.д. Эффективность процесса очистки отходящих газов сегодня повышают с помощью специальных растворов, насыщенных озоном. Особенно эффективным использование водных растворов озона является для очистки выбросов и отходящих газов с очень высоким содержанием загрязняющих веществ на предприятиях химической, нефтехимической, пищевой, биологической промышленности, фармпроизводствах.

9. Сельскохозяйственная деятельность

Современные озонные технологии, применяемые в различных сферах сельского хозяйства, за принципом воздействия можно разделить на два основных направления – стимуляция жизнедеятельности живых организмов (санация помещений) или же ее подавление (дезинфекция, очистка выбросов). Разница в эффекте обуславливается дозировкой озона, поэтому тщательный мониторинг предельно допустимых концентраций в этом случае является критическим фактором влияния озона.

Учитывая разнообразность направлений применения озонных технологий, можно утверждать, что свойства озона достойны максимального внимания к использованию не только для очистки питьевой воды, промышленных выбросов, стоков и специфической обработки воздуха. Важность и актуальность развития инфраструктуры применения озонной технологии для решения экологических проблем определяют необходимость проведения широкого круга фундаментальных и прикладных исследований в этом направлении и создания научно-технических основ озонной технологии для для всех отраслей народного хозяйства. В этой связи особую значимость приобретают вопросы разработки высокоэффективных генераторов озона для создания новых процессов и аппаратов озонной технологии [18, с. 194].

Выводы

В исследовании удалось проанализировать многофакторность существующей системы применения процессов и аппаратов озонной технологии, изучить возможности оптимизации существующих технологических решений и ликвидации факторов риска, связанных с дозировкой применения. Разработаны основные векторы дальнейших исследований, обоснована необходимость систематизации научно-исследовательской и практической информации в области современных озонных технологий. Доказано, что озонирование в различных формах самого процесса являет собой оптимальную альтернативу классическим способам обеззараживания, стерилизации и обработки водной и воздушной среды, а также поверхностей. Широкомасштабное применение технологий дезинфекции, связанных с озоном, на сегодняшний день ограничивается недостаточным прогрессом в разработке автоматизированных систем, способных сократить время цикла дезинфекции, определить оптимальные требования к дозировке озона, то есть концентрации и времени воздействия, а также производить контроль применения во время операций по обеззараживанию.

Таким образом, внедрение современных процессов озонной технологии является одним из наиболее прогрессивных технологических процессов, направленным на создание экологически благоприятных условий жизнедеятельности общества и производственных процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Epelle E., Macfarlane A., Cusack M. et al. 2023. Ozone application in different industries: A review of recent developments. *Chemical Engineering Journal*. Vol.454, Part 2. p. 1385-1397.
2. Лунин В.В. и др. Физическая химия озона. М., МГУ, 1998, 480 с.
3. Бахтаев Ш.А., Боканова А.А., Бочкарева Г.В., Сыдыкова Г.К. Физика и техника коронноразрядных приборов. - Алматы, 2007, 278 с.

4. Botondi R., Barone M., Grasso C. 2021. A Review into the Effectiveness of Ozone Technology for Improving the Safety and Preserving the Quality of Fresh-Cut Fruits and Vegetables. *Foods*, №10(4). p. 748-754.
5. Xue W., Macleod J., Blaxland J. 2023. The Use of Ozone Technology to Control Microorganism Growth, Enhance Food Safety and Extend Shelf Life: A Promising Food Decontamination Technology. *Foods*, №12(4). p. 1-24.
6. Cristiano L. 2020. Could ozone be an effective disinfection measure against the novel coronavirus (SARS-CoV-2)? *J Prev Med Hyg.*, №61(3). p. 301-314.
7. Valdenassi L., Franzini M. et al. 2020. Potential mechanisms by which the oxygen-ozone therapy could contribute to the treatment against the coronavirus COVID-19. *Eur. Rev. Med. Pharmacol. Sci.*, p. 4059-4061.
8. Thill S., Spaltenstein M. 2020. Toward Efficient Low-Temperature Ozone Gas Sterilization of Medical Devices. *Ozone Sci. Technol.*, №42. p. 386-398.
9. Guzel-Seydim Z., Greene A., Seydim A. 2004. Use of ozone in the food industry. *LWT – Food Sci. Technol.*, №37. p. 453-460.
10. Powell A., Scolding J. 2018. Direct application of ozone in aquaculture systems. *Rev. Aquac.*, №10. p. 424-438
11. Kim J., Yousef S. 1999. Application of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of foods: A review. *J. Food Prot.*, Vol. 62, № 9, p. 1071-1087.
12. Rosenblum J., Ge C. et al. 2012. Ozonation as a clean technology for fresh produce industry and environment: Sanitizer efficiency and wastewater quality. *J. Appl. Microbiol.*, p. 837-845.
13. Batagoda J., Hewage S., Meegoda J. 2018. Nano-ozone bubbles for drinking water treatment. *J. Environ. Eng. Sci.*, №14. p. 57-66.
14. Aslam R., Alam M., Saeed P. 2020. Sanitization Potential of Ozone and Its role in Postharvest Quality Management of Fruits and Vegetables. *Food Eng. Rev.*, p. 48-67.
15. Zhang T., Tao Y. et al. 2020. Study on the removal of aesthetic indicators by ozone during advanced treatment of water reuse. *J. Water Process Eng.*, № 36. p. 2-7.
16. Rekhate C., Srivastava J. 2020. Recent advances in ozone-based advanced oxidation processes for treatment of wastewater. *Chem. Eng. J. Adv.*, №3. p. 1-18.
17. Botondi R., Barone M., Grasso C. 2021. A review into the effectiveness of ozone technology for improving the safety and preserving the quality of fresh-cut fruits and vegetables. *Food*, №10. p. 748-775.
18. Бахтаев Ш.А., Сыдыкова Г.К., Коджабергенова А.К., Тойгожинова А.Ж. Коронный разряд на микроэлектродах. «Акмешіт Баспа үйі». 2019, 212 с.

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ОЗОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ: ОБЗОР ПОСЛЕДНИХ РАЗРАБОТОК

Г.К.Сыдыкова, К.А.Гасанов, А.С.Бердышев

Резюме. В условиях увеличения антропогенной нагрузки на окружающую среду и, как результат, ухудшения экологической обстановки в мире, растет интерес к применению озона для очистки токсичных выбросов, обработки питьевой воды, в технологических процессах различных отраслей промышленности. Современные озонные технологии обладают высокими показателями эффективности применения, относительно небольшими расходами на внедрение и эксплуатацию установок, а также экологической безопасностью.

В процессе исследования изучены факторы влияния процессов озонирования на среду воздействия, проанализированы современные технологические разработки и решения для минимизации рисков, связанных с дозировкой применения озона, изучены возможности эффективного применения озонной технологии в различных сферах промышленности, рассмотрены примеры успешной адаптации инновационных разработок в сфере озонирования. Результаты исследования имеют существенную практическую значимость для повышения уровня критериев успешности процессов очистки, неразрывно связанных с производством, а также условий жизнедеятельности современного общества на фоне растущей необходимости экологизации процессов очистки и нейтрализации вредных веществ.

Ключевые слова: озон, обеззараживание, дозировка применения, стерилизация, дезодорация.

Accepted: 12.12.2023

AZƏRBAYCAN DİLİ ÜÇÜN LİŦVİSTİK KORPUSLARIN FORMALAŞDIRILMASI PROBLEMLƏRİ

Yadigar Nəşib oğlu İmamverdiyev¹, Adil Elçin oğlu Əliyev²

¹Azərbaycan Texniki Universiteti, Bakı, Azərbaycan

²ÖzünÖyrən MMC, Bakı, Azərbaycan

PROBLEMS OF FORMATION OF LINGUISTIC CORPORA FOR AZERBAIJANI LANGUAGE

Yadigar Nasib Imamverdiyev¹, Adil Elchin Aliyev²

¹Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan: yadigar.imamverdiyev@aztu.edu.az

<https://orcid.org/0000-0002-3710-1046>

²OzunOyren LLC, Baku, Azerbaijan: adil@ozunoyren.com

<https://orcid.org/0009-0008-5312-0336>

Abstract. Currently, computational linguistics and natural language processing technologies are based on the extensive use of data – the corresponding linguistic corpora. Therefore, corpus linguistics, which studies the methods of creating and using such corpora, has become one of the leading directions in modern linguistics in a relatively short time. Ensuring the widespread use of the Azerbaijani language in the context of globalization is a state policy, and its implementation requires the development and application of appropriate computational linguistics technologies. One of the important prerequisites for the creation of such technologies is the availability of suitable linguistic corpora that meet modern requirements. For this reason, this article analyzes the existing linguistic corpora for the Azerbaijani language, identifies the scientific and practical problems of the formation of these corpora, and gives recommendations for solving them.

Keywords: *corpus linguistics, linguistic corpus, national corpus, parallel corpus, linguistic annotation.*

© 2023 Azerbaijan Technical University. All rights reserved.

Giriş

Azərbaycan dilinin qloballaşma şəraitində geniş istifadəsinin təmin edilməsi dövlət siyasətidir [1] və onun həyata keçirilməsi müvafiq kompüter linqvistikası texnologiyalarının işlənməsini və praktiki tətbiqini tələb edir. Belə texnologiyaların işlənməsi zamanı süni intellekt sahəsində əldə edilmiş elmi nailiyyətlər geniş istifadə edilir.

Son zamanlar dərin öyrənmə (ing. Deep Learning) üsulları geniş vüsət almış və süni intellekt sahəsinin inkişafında böyük bir sıçrayışa səbəb olmuşdur. Dərin öyrənmə bir neçə neyron şəbəkə layından ibarət olub, ənənəvi məşin təlimindən fərqli olaraq əlamətləri özü öyrənir. Burada hər bir növbəti lay daha abstrakt əlamətləri öyrənir. Neyron şəbəkə laylarını bu cür birləşdirməklə kifayət qədər mürəkkəb funksiyaları öyrənmək mümkün olur [2].

Dərin öyrənmə üsullarının ən uğurlu tətbiqlərindən biri də kompüter linqvistikası (ing. computational linguistics) sahəsindədir. Belə ki, dərin öyrənmə üsulları təbii dilin emalına (Natural Language Processing, NLP) aid olan, habelə sentiment analiz, dilin modelləşdirilməsi, nitq hissələrinin təyin edilməsi (ing. part of speech, POS tagging), xüsusi isimlərin tanınması (ing. named entity recognition) və s. kimi bir çox problemlərin həllində qənaətbəxş nəticələr göstərmişdir [3].

Bu məqalənin müəllifləri dərin öyrənmə üsullarını azərbaycandilli mətnlərin emalı sahəsində kiçik bir məsələyə tətbiq etməyə cəhd edərkən müvafiq dil korpusunun əlyətər olmaması problemi ilə qarşılaşmışlar. Azərbaycan dili sahəsində kompüter linqvistikasına aid işlərin analizi də bizi dilimiz üçün korpusların işlənməsi vəziyyətini analiz etməyə sövq etmişdir.

Ümumiyyətlə, kompüter linqvistikası ilə məşğul olarkən ən vacib elementlərdən biri də geniş mətn korpusunun olmasıdır. Tədqiq olunan dilə aid mətn korpuslarının olması, nəzəri və empirik tədqiqatlar üçün geniş imkanlar açır [4,5]. Bir çox nəzəri və tətbiqi məsələlərdə istifadə olunan korpusun keyfiyyəti də böyük önəm daşıyır. Keyfiyyəti aşağı olan korpuslarda tipoqrafik, orfoqrafik, sintaktik və bir çox digər xətalara tez-tez rast gəlinir [6,7]. Qənaətbəxş keyfiyyətə malik olmayan və yoxlanılmamış korpuslar tətbiqi məsələlərdə diskriminasiyaya, irqçiliyə, cinsi ayrı-seçkiliyə, siyasi yanlışlıqlara və digər xətalara yol açır [8-11].

Lakin korpusun yaradılması məsələsi heç də asan başa gəlmir. Belə ki, korpus yaradılmasının özünəməxsus prosedurları və onlarla bağlı problemləri vardır. Bəzi dillər üzrə linqvistik problemlər tədqiqatçılar tərəfindən geniş şəkildə araşdırılmış və onların müxtəlif korpusları hazırlanmışdır. Hazırda bu dillər üzrə tədqiqat aparmaq üçün kifayət qədər çoxsaylı linqvistik resurslar mövcuddur. Elə dillər də var ki, bu dillər üzrə linqvistik resursların qıtlığı və yetərli ilkin tədqiqatların aparılması (və ya dünya tədqiqatçılarına əlyetər olmaması) həm nəzəri, həm də praktik baxımdan çətinliklər yaradır. Tədqiqatçılar belə dilləri “az-resurslu dillər” (ing. low-resource languages) adlandırırlar. Təəssüf ki, bütün türk dilləri kimi Azərbaycan dili də bu kateqoriyaya aid edilir və bir çox digər dillər kimi onun üçün də linqvistik korpusların işlənməsinə böyük ehtiyac vardır. Bu məqalədə korpusların yaradılmasının texnoloji prosesləri analiz edilir və Azərbaycan dili üçün linqvistik korpusların formalaşdırılması zamanı meydana çıxan problemlər müəyyən edilir.

Linqvistik mətn korpusu nədir?

“Linqvistik mətn korpusu” anlayışının vahid tərifı yoxdur. Ümumiyyətlə, mətn korpusu dedikdə böyük həcmdə autentik mətn nümunələrinin toplusu başa düşülür [12] və eyni zamanda aid olduğu təbii dili ifadə edir [13]. Təbii dilin emalı və müxtəlif linqvistik araşdırmalarda, eləcə də tətbiqi sistemlərin işlənməsində və test edilməsində korpuslar mühüm rol oynayır və əsas alət kimi çıxış edirlər.

Korpusu mətnlərin sadə kolleksiyasından fərqləndirən əsas xarakteristikası korpusda ona daxil olan mətnlərin xassələri haqqında əlavə informasiyanın (markerlərin, nişanların, annotasiyanın) olmasıdır. Korpusda hər bir mətnin linqvistik və ekstra-linqvistik (metalingvistik) nişanı olur. Ekstra-linqvistik nişanda mətnin formatlanması xüsusiyyətləri (başlıq, abzas, sətirbaşı boşluq və s.) haqqında, müəllif haqqında və mətn haqqında məlumat olur (müəllif, ad, nəşr yeri və ili, janr, tematika və s.). Korpusun markerlənməsi ona istifadə sadəliyi və multi-funksionallıq kimi üstünlüklər qazandırır.

Yuxarıda deyilənləri və ədəbiyyat mənbələrini nəzərə alaraq, linqvistik korpuslara belə tərif vermək olar [14]: Linqvistik mətn korpusu – dilçiliyin konkret məsələlərinin həlli üçün nəzərdə tutulmuş, böyük həcmdə, strukturlaşdırılmış, nişanlanmış, representativ dil verilənlərinin elektron formada massividir.

Korpusların növləri

Korpusları müxtəlif əlamətlər (kriteriyalar) ilə təsnifatlaşdırmaq olar. Aydındır ki, klassifikasiya əlaməti mətnlərin dili (ingilis, alman, azərbaycan), istifadə (müraciət) forması (açıq, qapalı, kommersiya), ilkin materialın janrı (bədi, publisistik, sənədli, elmi) ola bilər.

Korpusların başqa təsnifatı da mövcuddur. Bütövlükdə, bütün məlum korpusların dörd variantı reallaşdırır:

- milli korpus – müxtəlif kommunikasiya sahələrində mətnləri əhatə edir (monolingvistik korpus);
- müqayisəli (kontrastiv) korpus – analoji təşkil edilmiş (representativliyi eyni və korpus meneceri ortaq olan) bir neçə milli korpus;
- paralel korpus – bir dildəki mətnləri və onların başqa dilə (dillərə) tərcüməsi olan korpus;
- danışıq nitqi korpusları – təkcə milli korpusun altkorpusu kimi deyil, ayrıca da mövcud ola bilən korpuslar.

Korpuslar həmçinin tematik və texnoloji baxımdan da təsnif etmək olar. Bu baxımdan tədqiqatlar zamanı heç də hazır korpuslar hər bir məsələ üçün işə yaramır. Müxtəlif hallarda müvafiq tədqiqatlar üçün yeni korpusların yaradılmasına ehtiyac duyulur.

Nümunə üçün maşın tərcüməsi üçün paralel korpuslardan istifadə olunur. Paralel korpusların yaradılması olduqca çətin işdir. Ona görə ki, açıq mənbələrdən paralel korpuslar kifayət qədər əlçatan deyil. Bəzi tədqiqatçılar müxtəlif dillərdə rəsmi tədbir protokolları [15], dini kitablar [16], elmi məqalə abstraktları [17] və bu kimi materiallardan istifadə etməklə paralel korpuslar yaratmışlar. Paralel korpuslar digər korpuslardan onunla fərqlənir ki, burada eyni mətnlərin hər iki dildə olan versiyaları olmalıdır. Bundan başqa, texnologiyadan asılı olaraq hədəf (tərcümədən sonra yekun) dilin ümumi korpusu, bəzən isə sözlərin lüğətləri və müəyyən qaydalar da bu korpusun hissəsi ola bilər.

Linqvistik korpusların yaradılması texnologiyası

Korpusun yaradılmasının texnoloji prosesini ümumi olaraq planlama və icra addımlarına bölmək olar. Planlama zamanı, bir qayda olaraq, korpusa qoyulan kriteriyalar və mənbələrin siyahısı müəyyənəşdirilir. İcra prosesi icazələrin əldə edilməsi (intellektual mülkiyyət baxımından), mətnlərin toplanması və rəqəmsallaşdırılması, mətnlərin ilkin emalı və kodlaşdırılması, mətnlərin linqvistik markerlənməsi (adətən, avtomatik yerinə yetirilir), avtomatik markerləmə nəticələrinin korreksiyası, mətnlərin saxlanması və sənədləşdirilməsi, istifadəçilərin korpusa girişinin təmin edilməsi, korpusun müntəzəm təkmilləşdirilməsi mərhələlərinə (addımlarına) bölünür [18,19]. Əlbəttə, hər bir konkret halda mərhələlərin tərkibi və sayı yuxarıdakından fərqlənə və real texnologiya daha mürəkkəb ola bilər.

Korpusun yaradılması zamanı qarşıya qoyulan ümumi kriteriyaları aşağıdakı kimi təyin etmək olar:

- Korpus böyük həcmdə mətndən ibarət olmalıdır. Burada “böyük” sözü nisbidir və korpusun həcmi onun istifadə olunacağı məqsədə bağlıdır. Bəzi korpuslar 30~40 min sözdən ibarətdir, bəziləri isə milyardlarla sözdən təşkil edilib.
- Korpus dili və ya mənsub olduğu janrı ifadə etməlidir. Başqa sözlə, reprezentativ olmalıdır. Buraya yazı tərzii, orada istifadə olunan lüğət tərkibi, dəsti-xətt və s. aiddir.
- Kompüterin oxuya biləcəyi formatda olmalıdır. Təbii ki, əgər söhbət mətnin kompüterdə emal edilməsindən gedirsə, uyğun formatda olmalı və vahid kodlaşdırmaya malik olmalıdır.
- Adətən, əlavə linqvistik məlumatlarla annotasiya olunur. Burada da məqsəddən asılı olaraq müxtəlif annotasiyalardan söhbət gedə bilər.

Korpusların markerlənməsi

Korpusu sadə mətnlər korpusundan fərqləndirən əsas xarakteristika korpusda ona daxil olan mətnlərin xassələri haqqında əlavə informasiyanın olmasıdır. Bu informasiya korpusa markerləmə (işarələmə) mərhələsində daxil edilir [14].

Markerləmə (ing. *tagging*, *annotation*) – mətnlərə və onların komponentlərinə xüsusi nişanların əlavə edilməsidir. Markerləmənin müxtəlif növləri vardır, onları mətnlərin avtomatik analizinin inkişafı mərhələlərinə uyğun təqdim etmək daha anlaşılıqdır:

Tokenizasiya (ing. *tokenization*): sonrakı analiz üçün mətndə minimal fraqmentlərin (tokenlərin) müəyyən edilməsi;

Lemmatizasiya (ing. *lemmatization*): morfoloji analiz metodudur, tokenlərin başlanğıc (lüğət) formalarına gətirilməsidir. Lemmatizasiya nəticəsində sözdən flektiv sonluqlar atılır və sözün əsas və ya lüğət forması alınır. İsimlər adlıq hala, fəllər məsdər formasına (bəzən məsdər formasından məsdər şəkili də atılır) və s. gətirilir. Qeyd etmək lazımdır ki, istənilən təbii dildə bəzi sözlərin lemmatizasiyası zamanı qeyri-müəyyənlik yarana bilər;

Nitq hissələrinin markerlənməsi (ing. *POS tagging*): sözün aid olduğu nitq hissəsinin müəyyən edilməsi. Hər bir söz müəyyən qrammatik əlamətləri olan nitq hissəsi kimi identifikasiya edilir;

Morfoloji markerləmə (ing. *morphological tagging*): söz-formasının morfoloji əlamətlərinin təyin edilməsi. Morfoloji analiz sonrakı analiz formaları – sintaktik və semantik analiz üçün əsas rolunu oynayır;

Sintaktik markerləmə (ing. *parsing*): sözlərə və sözlərin birləşmələrinə müəyyən sintaktik əlamətlər təyin edilməsi. Mətdə sözlərin qarşılıqlı əlaqələri – cümlələrdə mübtəda, xəbər, təyin, tamamlıq, müxtəlif nitq komponentləri müəyyən edilir;

Semantik markerləmə (ing. *semantic annotation*): sözün müəyyən leksik-semantik sinfə aid edilməsi. Semantik analiz zamanı sözə onun məna kateqoriyalarına və altkateqoriyalarına aidiyyətini əks etdirən teqlər verilir. Belə informasiya mətnlərin tonallığının analizi, avtomatik referatlaşdırma və digər məsələlər üçün çox qiymətlidir;

Bunlar markerləmə növlərinin tam siyahısı deyil. Anaforik, prosodik, struktur, diskurs və s. markerləmə növləri də vardır.

Linqvistik korpuslar sahəsində beynəlxalq standartlar

Korpusların təkrar istifadəsini, digər korpuslarla uyurluğunu, hamılıqla qəbul edilmiş elmi nəzəriyyəyə və təsnifatlara uyğunluğunu, ümumi linqvistik prosessorlardan istifadəni, standart proqram vasitələrinin tətbiqini mümkün etmək üçün korpuslar yaradılarkən müəyyən standartlara əməl edilmişdir. Linqvistik korpuslar sahəsində standartlar əsas etibarilə TEI (Text Encoding Initiative) və ISLE (International Standards for Language Engineering) layihələri və EAGLES (Expert Advisory Group on Language Engineering Standards) tövsiyələri əsasında formalaşmışdır. Korpus standartları sırasından ilk növbədə CES (Corpus Encoding Standard), XCES (Corpus Encoding Standard for XML) və CDIF (Corpus Document Interchange Format) standartlarını göstərmək olar.

TEI layihəsinə 1988-ci ildə start verilmişdi, əsas məqsədi humanitar sahədə verilənlərin mübadiləsi üçün formatların işlənməsidir. TEI çərçivəsində mətnlərin elektron nəşri üçün bir sıra tövsiyələr işlənmişdir (identifikasiya, təsvir, analiz və interpretasiya, təsvir və kodlaşdırma üçün metadil). Markerləmə vasitələrinin işlənməsi üçün SGML (Standard Generalized Markup Language) və onun alt-çoxluğu XML (eXtensible Markup Language) istifadə edilir.

Linqvistik markerləri SGML/XML-ə əsaslanan mövcud korpuslar ən müxtəlif kodlaşdırma sistemlərini istifadə edirlər. Məsələn, BNC korpusu CDIF; American National Corpus, Croatian National Corpus və s. XCES; ICE (International Corpus of English), Czech National Corpus və Hungarian National Corpus isə geniş yayılmış TEI standartını istifadə edirlər.

Linqvistik korpuslar üzrə standartlar ISO/TC 37 komitəsinin rəhbərliyi altında işlənilib hazırlanır. Ümumi "Language resource management" adına malik olan belə standartlardan aşağıdakıları göstərmək olar:

- ISO 24612:2012 – Linguistic Annotation Framework (LAF);
- ISO 24611:2012 – Morpho-syntactic annotation framework (MAF);
- ISO 24613:2008 – Lexical markup framework (LMF);
- ISO 24615-1:2014 – Syntactic annotation framework (SynAF);
- ISO 24617-1:2012 – Semantic annotation framework (SemAF) – Hissə 1 (SemAF-Time, ISO-TimeML);
- ISO 24617-4:2014 – Semantic annotation framework (SemAF) – Hissə 4: (SemAF-SR).

Azərbaycan dili üçün mövcud korpuslar

Kompüter linqvistikası sahəsində Azərbaycan dili ilə əlaqədar müxtəlif tədqiqatlar aparılmışdır [20-22]. Eyni zamanda kompüter linqvistikası sahəsində lazım olan texnologiyaların yaradılması barədə müvafiq normativ akt da təsdiq edilmişdir [1]. Azərbaycan dili üçün yaradılmış və istifadə edilən bəzi korpuslar barədə aşağıda məlumat verilir.

Dilmanc. Dilmanc Maşın Tərcümə sistemi Azərbaycan dilindən ingilis və əksinə tərcümə etmək imkanı verən proqram təminatıdır [23]. Dilmanc komandası tərcümə sistemi üçün Azərbaycan dili korpusu üzərində çalışmış və xüsusi korpus hazırlamışdır.

Bu korpus azərbaycandilli bir çox veb-saytlardakı mətnlərdən istifadə etməklə hazırlanmış və təqribən 300 milyon tokendən ibarətdir. Eyni zamanda Azərbaycan-ingilis paralel korpusunun hazırlanması üzərində də çalışmışlar.

AzBookCorpus. AzBookCorpus korpusu səkkiz klassik Azərbaycan ədəbiyyatı mənbələrindən istifadə edilməklə yaradılmış və 723055 tokendən ibarətdir.

AzWebCorpus. AzWebCorpus isə 500 Azərbaycan veb-saytından mətnlərin əldə edilməsi hesabına yaradılmış, 492842 tokendən ibarətdir [20].

AzWebCorpus veb-sayt mətnlərindən istifadə etdiyi üçün tərkibində digər dillərdə olan mətnlər də mövcuddur. Müəllifin məqalədə verdiyi cədvəllərə əsasən demək olar ki, korpusdakı tokenlər sözlərin başlanğıc forması kimi deyil, elə cümlədə olduğu kimi istifadə edilir [20]. Ona görə də 723055 token dedikdə, bu qədər söz deyil, sözlərin şəkildə (qrammatik şəkildə daxil olmaqla) birlikdə olan versiyaları başa düşülməlidir.

azWaC (Azerbaijani corpus from the web). Azərbaycan dilli müxtəlif internet resursların mətnlərindən istifadə edilməklə xarici müəlliflər tərəfindən yaradılmış azWaC korpusu 94000 tokendən ibarətdir [24]. Təəssüf ki, bu korpusa daxil olan mətnlərin xüsusiyyətləri barədə ətraflı məlumat verilmir.

Vikipediya. Vikipediya açıq internet ensiklopediyası müxtəlif dillərdə olduğu, eyni zamanda orada olan mətnlərin istifadəyə açıq olduğu üçün bir çox tədqiqatçı kompüter linqvistikası məsələlərində vikipediya mətnlərindən geniş istifadə edir. Buna görə də vikipediya mətnlərindən də xüsusi halda korpus kimi istifadə edirlər. Əsasən söz vektorlarının öyrənilməsində vikipediyadan istifadə geniş yayılmışdır [25,26].

Tanzil. OPUS layihəsi açıq mənbəli bir çox paralel korpuslar hazırlamışdır [16]. Bu layihədə Azərbaycan dili üçün də maraqlı bir korpus vardır.

Belə ki, OPUS layihəsi Tanzil adlı başqa bir layihənin hazırladığı kontentdən istifadə etmişdir ki, bu da Quranın üzərində qurulub. Quran, İncil, Tövrat və digər dini kitablarda müəyyən bir struktur vardır və həmin strukturlar tərcümə olunduğu istənilən dillərdə bir-biri ilə uyğun gəlir. Tanzil layihəsi Quranın bir çox dillərdə tərcümələrini toplamış, OPUS isə o tərcümələrdən istifadə edərək bir çox dillər üçün paralel korpuslar yaratmışdır (<http://opus.nlpl.eu/Tanzil.php>).

Apertium layihəsi. Apertium layihəsi açıq-kodlu maşın tərcümə sistemidir [27], bir çox dilləri dəstəkləyir. Bu layihənin eksperimental qollarından biri də Apertium-aze alt-layihəsidir ki, bunun üçün də korpus yaratmağa cəhd etmişlər. Hazırlanmış korpus 2012-ci ilə qədər dərc edilmiş bəzi qəzet materialları və Quran əsasında yaradılmışdır.

AZ-SRDat (Azerbaijani language Speaker Recognition DATa). Korpusa ofis şəraitində 86 şəxsdən (21 kişi və 65 qadın) toplanmış azərbaycandilli nitq nümunələri daxildir və səsə görə şəxsin tanınması sahəsində eksperimentlərin aparılması üçün yaradılmışdır [28]. Ondan nitqin tanınması, dilin və aksentin identifikasiyası üçün də istifadə etmək olar.

Azcorpus. Kitablar, jurnallar, mətbuatda dərc olunmuş məqalələr və vikipediya əsasında hazırlanmış korpusdur. Korpus 1.9 milyon sənəd və ümumilikdə 18 milyon cümlədən ibarətdir [29].

Digər korpuslar. Bir sıra tətbiqi məsələlərin həlli və tədqiqatı üçün də kiçik korpuslar yaradılmışdır [30,31]. Təbii ki, bizə məlum olmayan digər korpuslar da vardır. Şübhəsiz ki, Google Translate, Yandex Translate kimi maşın tərcümə sistemləri də Azərbaycan dilində tərcümə etdiyi üçün müəyyən korpuslara malikdir. Lakin bu barədə açıq mənbələrdən məlumat əldə edə bilməmişik.

Azərbaycan dili üçün korpusların formalaşdırılması problemləri

Mövcud linqvistik korpusların analizi nəticəsində Azərbaycan dilində linqvistik korpusların formalaşdırılmasında meydana çıxan aşağıdakı problemləri diqqətə çatdırmaq mümkündür:

- Azərbaycan dili üçün yaradılmış korpusların əksəriyyəti birinci tərtib – “çiy” korpuslardır, onların əksəriyyətində standartlara uyğun keyfiyyətli linqvistik nişanlanma aparılmayıb.
- Azərbaycan dili ilə bağlı NLP məsələləri üzrə tədqiqatlar yetəri qədər geniş deyil. Eyni zamanda, mövcud NLP alətlərinin azərbaycan dilinin xüsusiyyətlərinə uyğunlaşdırılması və ya yenilərinin yaradılması məsələsi də aktual olaraq qalır.
- Linqvistik tədqiqatlarda korpuslardan demək olar ki, istifadə edilmir.
- Linqvistik korpusların yaradılması təşəbbüsləri ilə çox zaman informasiya texnologiyaları üzrə mütəxəssislər çıxış edirlər və bu təşəbbüslər davamlı olmur.
- Linqvistik korpusların yaradılması sahəsində fəaliyyət koordinasiya edilmir.
- Azərbaycan dilinin milli korpusunun yaradılması üzrə hər hansı miqyaslı layihə həyata keçirilməyib.

Nəticə

Böyük həcmli verilənlərlə işləmək dilçilik sahəsində tədqiqatların avtomatlaşdırılmasını tələb edir. Buna görə də hazırda kompüter linqvistikası ilə korpus linqvistikasının sıx qarşılıqlı əlaqəsi gerçəkləşir. Hazırda bir çox dil üçün həcminə və əhəmiyyətinə görə çox mühüm korpuslar yaradılmışdır.

Onların bəzilərində milyardlarla söz vardır. Təəssüf ki, ayrı-ayrı tədqiqatçıların və tədqiqatçı qruplarının cəhdlərinə baxmayaraq, azərbaycan dili üçün representativ korpuslar hələlik mövcud deyil. Bunun bir çox səbəbləri vardır. Mətnlərin korpusa daxil edilməsi və emalı xüsusi səylər və bir sıra mürəkkəb məsələlərin, o cümlədən texniki və təşkilati məsələlərin həllini tələb edir. Azərbaycan dilinin müxtəlif funksional janrları əhatə edən 100 milyonlarla sözdən ibarət milli korpusunun yaradılması bu korpus üçün mətnlər, texnologiyalar, təşkilati və maliyyə resursları təqdim edən şəxslərin və təşkilatların yalnız əlaqələndirilmiş əməkdaşlığı şəraitində mümkündür.

ƏDƏBİYYAT

1. Azərbaycan dilinin qloballaşma şəraitində zamanın tələblərinə uyğun istifadəsinə və ölkədə dilçiliyin inkişafına dair Dövlət Proqramı. Azərbaycan Respublikası Prezidentinin 2013-cü il 9 aprel tarixli Sərəncamı, [Onlayn]. Available: <https://president.az/articles/7744>.
2. LeCun Y., Bengio Y. and Hinton G. Deep learning. *Nature*, vol. 521, 2015, no. 7553, pp. 436-444.
3. Xiao R.Z. Well-known and influential corpora. In *Corpus Linguistics: An International Handbook*. Handbooks of Linguistics and Communication Science, Berlin, Mouton de Gruyter, 2008, pp. 383-457.
4. Walker T., Weinreich U., Labov W., Herzog M.Y. Theory-driven and corpus-driven computational linguistics, and the use of corpora. In *Corpus Linguistics: An International Handbook*. Handbooks of Linguistics and Communication Science, Berlin, Mouton de Gruyter, 2008, pp. 68-96.
5. Wilks Y. Corpus linguistics and computational linguistics. *International Journal of Corpus Linguistics*, 2010, vol. 15, no. 3, pp. 408-4011.
6. Grouin C. Certification and Cleaning up of a Text Corpus: Towards an Evaluation of the "Grammatical" Quality of a Corpus. *LREC*, 2008.
7. Sekiguchi Y., Yamamoto K. Improving quality of the web corpus. *Proceedings of The First International Joint Conference on Natural Language Processing (IJCNLP-04)*, 2004, pp. 201-206.
8. Gumusel E., Malic V.Q., Donaldson D.R., Ashley K., Liu X. An Annotation Schema for the Detection of Social Bias in Legal Text Corpora. *Information for a Better World: Shaping the Global Future*, 2022, pp. 185-194.
9. Binns R. Fairness in machine learning: Lessons from political philosophy. *Conference on fairness, accountability and transparency*, 2018, pp. 149-159.
10. Bolukbasi T., Chang K.-W., Zou J.Y., Saligrama V., Kalai A.T. Man is to computer programmer as woman is to homemaker? debiasing word embeddings. *Advances in neural information processing systems*, 2016.
11. Nissim M., R. van Noord, R. van der Goot. Fair Is Better than Sensational: Man Is to Doctor as Woman Is to Doctor. *Computational Linguistics*, vol. 46, 2020, no. 2, pp. 487-497.
12. Manning C.D. *Computational Linguistics and Deep Learning*. *Computational Linguistics*, 2015, vol. 41, no. 4, pp. 701-707.
13. Bowker L., Pearson J. *Working with Specialized Language A Practical Guide to Using Corpora*. London, Routledge, 2002, p. 9.
14. McEnery T., Hardie A. *Corpus Linguistics: Methods, Theory and Practice*. *Yearbook of Corpus Linguistics and Pragmatics*, 2013, vol. 1, p. 275-277.
15. Koehn P. *Europarl: A Parallel Corpus for Statistical Machine Translation*. *Proceedings of Machine Translation Summit X: Papers*, 2005, pp. 79-86.
16. Tiedemann J. *Parallel Data, Tools and Interfaces in OPUS*. *Proceedings of the Eighth International Conference on Language Resources and Evaluation*, 2012, pp. 2214-2218.
17. Dogru G., Martin-Mor A., Aguilar-Amat A. *Parallel Corpora Preparation for Machine Translation of Low-Resource Languages: Turkish to English Cardiology Corpora*. In *Proceedings of the LREC 2018 Workshop 'MultilingualBIO: Multilingual Biomedical Text Processing*, Japan, 2018.
18. Wynne M. *In Developing Linguistic Corpora: A Guide to Good Practice*, Oxbow Books, 2005, pp. 8-12.
19. Burnard L. *Reference Guide for the British National Corpus (XML Edition)*. Chapter 1.3, 2007.
20. Adamov A. Text analysis case study: Determining word frequency based on Azerbaijan top 500 websites. *Proc. of the 9th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT)*, 2015, pp. 76-79.
21. Mammadova S., Azimova G., Fatullayev A. Text corpora and its role in development of the linguistic technologies for the Azerbaijani language. *Proc. of the 3rd International Conference Problems of Cybernetics and Informatics*, 2010, pp. 67-70.
22. Mahmudov M.Ə. *Mətnin formal təhlili sistemi*. Bakı: Elm, 2002.
23. Fatullayev R., Abbasov A., Fatullayev A. "Dilmanc" is the 1st MT system for Azerbaijani. *Proceedings of Swedish Language Technology Conference*, 2008, pp. 63-64.
24. Baisa V., Suchomel V. Large corpora for Turkic languages and unsupervised morphological analysis. *Proceedings of the Eighth International Conference on Language Resources and Evaluation*, 2012, pp. 28-32.

25. Bojanowski P., Grave E., Joulin A., Mikolov T. Enriching word vectors with subword information. Transactions of the Association of Computational Linguistics, 2017, vol. 5, no. 1, pp. 135-146.
26. Pennington J., Socher R., Manning C.D. GloVe: Global vectors for word representation. Proceedings of the Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing, 2014, pp. 1532-1543.
27. Forcada M.L., Tyers F.M., Ramirez-Sánchez G. The Apertium machine translation platform: five years on /. Proceedings of the First International Workshop on Free/Open-Source Rule-Based Machine Translation, 2009, pp. 3-10.
28. Имамвердиев Я.Н., Сухостат Л.В. AZ-SRDATA – речевая база данных для азербайджанского языка. Информационные технологии и проблемы, 2013, vol. 1, no. 7, pp. 67-73.
29. Kishiyev H., Isbarov J., Suleymanli K., Heydarli K., Eminova L., Zeinalov N. Azcorpus - The largest open-source NLP corpus for Azerbaijani (1.9M documents, ~ 18M sentences). 2023. [Online]. Available: https://huggingface.co/datasets/azcorpus/azcorpus_v0.
30. Bannayeva A., Aslanov M. Development of the N-gram Model for Azerbaijani Language. 2020 IEEE 14th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT), 2020, pp. 1-5.
31. Huseynov K., Suleymanov U., Rustamov S., Huseynov J. Training and Evaluation of Word Embedding Models for Azerbaijani Language. Digital Interaction and Machine Intelligence, 2021, pp. 37-48.

AZƏRBAYCAN DİLİ ÜÇÜN LİŦVİSTİK KÖRPUSSLARIN FORMALAŞDIRILMASI PROBLEMLƏRİ

Y.N.İmamverdiyev, A.E.Əliyev

Xülasə. Hazırda kompüter linqvistikası və təbii dilin emalı texnologiyaları verilənlərdən – müvafiq linqvistik korpuslardan geniş şəkildə istifadə edilməsinə əsaslanırlar. Bu səbəbdən belə korpusların yaradılması və istifadəsi metodlarını öyrənən korpus linqvistikası qısa müddətdə müasir dilçiliyin aparıcı istiqamətlərindən birinə çevrilmişdir. Azərbaycan dilinin qloballaşma şəraitində geniş istifadəsinin təmin edilməsi dövlət siyasətidir və onun həyata keçirilməsi müvafiq kompüter linqvistikası texnologiyalarının işlənməsini və tətbiqini tələb edir. Belə texnologiyaların yaradılmasının vacib ilkin şərtlərindən biri isə müasir tələblərə cavab verən müvafiq dil korpuslarının mövcud olmasıdır. Bu səbəbdən bu məqalədə Azərbaycan dili üçün mövcud linqvistik korpuslar analiz edilir, bu korpusların formalaşdırılmasının elmi-praktiki problemləri müəyyən edilir və onların həlli istiqamətində tövsiyələr verilir.

Açar sözlər: korpus linqvistikası, linqvistik korpus, milli korpus, paralel korpus, linqvistik annotasiya

Accepted: 13.11.2023

BLOKÇEYN ŞƏBƏKƏSİNİN KOMPONENTLƏRİNİN İŞLƏNMƏSİ İLƏ İNFORMASIYA MÜBADİLƏSİNİN TƏHLÜKƏSİZLİYİ

Abdülhüseyn Vəfadar oğlu Ağayev

Azərbaycan Texniki Universiteti, Bakı, Azərbaycan

THE SECURITY OF INFORMATION TRANSMISSION THROUGH THE DEVELOPMENT OF THE BLOCKCHAIN NETWORK COMPONENTS

Abdülhüseyn Vəfadar Ağayev

Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan: abdulhuseyn.aghayev@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-4930-0672>

Abstract. Blockchain technology is an emerging technology that has the potential to change the way information is stored and transmitted. Its main components are the concepts of decentralization, transparency and distribution, which, in short, are the absence of any central control system between the source and the destination, the interdependence of the blocks used by the participating parties as a chain, and continuously, the registration and storage, and finally, authorization processes after authentication of the information it needs by means of a key belonging to the original owner, as in asymmetric encryption, with the possibility of any loss and at the time of need, stored at millions of points. The purpose of this summary is to discuss the application of information security for data transmission against cyber attacks in blockchain technology. Different methods of implementing security measures such as encryption, digital signatures and multi-signature transactions, different types of cyber-attacks that blockchain technology is vulnerable to and how to prevent these attacks has also been discussed. Also, the role of smart contracts in ensuring secure data transfer and the importance of developing secure protocols has been emphasized. In terms of security, it has also considered the future of blockchain technology and how it can be used to further increase the security of data transmission.

Keywords: distributed ledger, decentralization, transparency, node, hash

© 2023 Azerbaijan Technical University. All rights reserved.

1. Giriş

Blokçeyn şəbəkəsinin qurulmasının əsas üstünlüyü komponentlərindən də izah verildiyi kimi, de-mərkəzləşmiş olmasıdır ki, bu məntiqin köməkliyi ilə zəncir daxilində iştirak edən tərəflərin ötürülən məlumatlarının saxlanıldığı blokları bütün tərəflərdə qeydiyyatı alınır [1, s. 24-28]. Bu tərəflərin isə özlərinin deşifrə edə bilməsi ilə onlara aid olan blokları zəncir kimi qeydə alır. Paylanmışlıq komponenti ilə bütün iştirakçılar üçün həmin zəncir daxilində kopyalanaraq saxlanılır. Ancaq, blok daxilində ötürülən datanın əvvəlki heşi (əgər ilk blok deyilsə, ilkdirsə susmaya görə 0-larla əhatələnəcək), müddəti, indiki heşi və mayninq dövrü ərzində hansı prinsipə istinad etdiyinə dair aldığı dəyər - nons (neçə dəfəyə bu heşi eyniləşdirə bilib) kimi məlumatlarla özünü formalaşdırır ki, burda da SHA256 kimi aktual və ən güclü sayılan 256 bitlik heş alqortimindən istifadə edilir [2]. Məqalə daxilində blokçeyn texnologiyası SWOT təhlil metodu ilə komponentləri ilə analiz ediləcək.

2. Komponentlərin təhlili

Blokçeyn texnologiyasının informasiya mübadiləsi, habelə daha kompleks planlar daxilində həm təhlükəsizlik, həm də aktual seçim ola bilməsi məsələsi üçün əsas komponentləri üzərindən təhlili vacibdir. Əsas komponentlərin (şəffaflıq, paylanmışlıq, de-mərkəzləşmə) SWOT (güclü, zəif, imkanları, təhdidləri) təhlil metodu üzərindən bir-biriləri ilə əlaqələndirərək, sıra ilə analiz edək.

Şəffaflıq çoxqatlı təsdiq və şifrələmə üsulları ilə tərəflərə yüksək səviyyədə təhlükəsizlik təmin edir. Şəffaflıq bir başa de-mərkəzləşmə komponentini də özü ilə daşıyır ki, bu da həmin komponentə də müvafiq üstünlüyü qatır. Ancaq, bununla belə istifadəçi sayı cəhətdən məhduddur və platforma daxilində əlavə istifadəçi cəlbə zamanı çətinlik yaradır. Təhdidləri isə, yeni olması, yəni sınaqdan keçirilə bilməməsi, təhlükəsizlik qüsurlarının olması kimi məqamlardır.

Paylanmışlıq komponenti isə özündə səmərəlilik, təhlükəsizlik, daha az xərc və şəffaflığın özünü birləşdirir. Miraslılıq, yüksək tələb və tətbiqlilik kimi imkanları özündə daşıyır. Paylanmışlıq xüsusiyyəti özündə bütün blokların qeydiyyatını daşdığı kimi, təhdid olaraq hər zaman hücum

vektoru kimi əlçatandır və eləcə də qanun, standartlar çərçivəsində normallaşdırma problemi burda da özünü göstərir.

De-mərkəzləşmə xüsusiyyətinin əsas güclü tərəfi kimi hər hansısa asılılığın olmaması, hesabatlılığın rahatlığı, xidmət və qiymət səmərəliliyi və eləcə də, məsul tərəflərin az olması ilə problemin aşkar edilməsinin rahatlığı kimi məqamları qeyd etmək mümkündür. Zəif tərəfləri, bu kimi texnologiyaların istifadə edildiyi iqtisadi regionlarda nəzarət mexanizmləri, siyasi tətbiqi və fərqli iqtisadiyyatlara orientasiyası kimi hallar ilə tərif olunur.

3. Blokçeyn şəbəkəsində informasiya mübadiləsi zamanı baş verə biləcək kibertəhdidlər

Blokçeyn şəbəkəsi ilə informasiyanın ötürülmə prinsipi və ötürülməsi prosesinin kökündə duran məsələlərə aydınlıq gətirdikdən sonra, bu prosesin təhdidləri, aktual olaraq, hansı risklərlə qarşılaşma ehtimalı ilə bağlı məqamlara və onlardan mühafizə üsulları, habelə onlara qarşı mexanizmlərə aydınlıq gətirək.

Blokçeyn texnologiyasında TCP/UDP nəqliyyat protokollarından da bildiyimiz paketlər kimi, blokçeyn texnologiyasında da məhz belə bloklar zəncir formasında toplanır və vahid nod şəklində formalaşır. Daha sonra isə, paylanmışlıq komponenti ilə bütün iştirakçılar üçün həmin zəncir daxilində kopyalanaraq saxlanılır. Məhz təhdidlərdən biri, zərərli nodlar sayılır. Şəbəkədə zərərli nodlar məlumatları oğurlamaq və ya tranzaksiya, əməliyyatlara müdaxilə etmək üçün istifadə edilir [3]. Bu nodlar istifadəçiləri cəlb etmək və onların məlumatlarını oğurlamaq üçün “Bal qabı” kimi çıxış edir. Həmçinin blokçeyn zəncirində saxlanılan məlumatları manipulyasiya etmək və ya şəbəkənin konsensus mexanizmini pozmaq üçün istifadə edilir [4, s. 80-84]. Təkrarlanan hücumlarda hücum edən tərəfin pul və ya məlumatlara çıxış əldə etmək üçün aktual tranzaksiya və ya əməliyyatı təkrarladığı hücum növüdür. Bu növ hücum blokçeyn şəbəkəsində əməliyyatların tamlığı üçün dinamik adlı olduğundan mümkündür, çünki zərərverici orijinal deşifrə metodu ilə göndərən kopyalaya və ya başqa noda yönləndirə bilər [3]. Sybil hücumları hücum edən tərəfin şəbəkə daxilində çoxsaylı nodlara nəzarət etmək üçün çoxsaylı tərəflər yaradan hücum növü kimi sayılır. Bu zərərvericilərə məlumatlı və əməliyyatları manipulyasiya etməyə imkan yaradır. DDoS hücumu da bu şəbəkələr daxilində ən aktual hücum növlərindən biridir. Kiberhücumlardan da bildiyimiz kimi, onlayn xidmətlərdə çoxsaylı məmbəldən sorgular göndərərək, mənsəb tərəfinin əlçatanlığına qarşı edilən hücum [3]. Blokçeyn məhz bu növ hücumlara qarşı çox həssasdır, çünki nəzarət mexanizmi və de-mərkəzləşmə bu istiqamətdə təhdid yaradır. Yarış hücumu da bu hücum növlərindən biridir. İki və ya daha çox tranzaksiya şəbəkədə eyni nodda sürətli ardıcılıqla göndərildikdə baş verən hücum növüdür. Bu hücum növündə zərərverici öz hesabından qarşı tərəfə pul köçürmək üçün nod göndərdikdə, bu əməliyyat emal edilməzdən öncə, ilk əməliyyatı geri qaytaran ikinci əməliyyatı icra edir [5, s. 394-411]. Finney hücumunda isə, zərərverici mayner onun ünvanına ödəniş edən əməliyyat yarada və onu özündə cəmləyən blokları yenidən mayning formasında özünə qazandıra bilər. Bu hücum Hal Finney-in adını daşıyır ki, həmin şəxs məhz ilk olaraq bu təklifi irəli sürmüşdü. Bu hücumlardan əlavə 51% hücumu da yuxarıda qeyd etdiyimiz hücumlardan [6].

4. Blokçeyn şəbəkəsində informasiya mübadiləsi zamanı baş verə biləcək kibertəhdidlərə qarşı mexanizmlərin işlənməsi

İdeal sistem və ya şəbəkə olmasa da, əsas məqsəd risk vektorunu və təhdidlərin qlobal problemlərini daimi aradan qaldırmaq və onlara qarşı əks-tədbir planları həyata keçirmək mütləqdir. Çoxfaktorlu autentifikasiya, biometrik metodlar bunlara nümunədir [7]. Rolları müəyyənləşdirərək, avtorizasiya edən zaman icazə və səlahiyyətləri aydınlaşdırmaq lazımdır. Hər lokal şəbəkə kimi, bu şəbəkəni də xarici müdaxilələrdən qorumaq üçün müəyyən avadanlıqlarla (şəbəkələrarası ekran, bal qabı, Veb tətbiqlər üçün şəbəkələrarası ekran, yük balanslaşdırıcısı və s.) təmin etmək lazımdır. Daimi olaraq, şəbəkə üzərindən edilən aktlara nəzarət və monitoring imkanını yaradılmalı və daimi audit həyata keçirilməlidir [8].

Şəbəkəyə daxil olduqda isə daha da kompleks mexanizmlərlə işləmək üçün, icazə verilən bloklar üzərindən məlumat mübadiləsi və ya əməliyyatların icrası və nəzarəti təmin edilməlidir. Cihazların təhlükəsizlik modullarından daimi istifadəsi təmin edilməlidir ki, şifrələmə ilə birgə blokçeyn məlumatlarını çoxqatlı qorunmasına köməklik göstərəcək [6]. De-mərkəzləşmiş proqramlar vasitəsilə birdən çox maşına yerləşdirməklə, məlumatların tamlığını qorumağa və kiberhücum riskini azaltmağı təmin etmək də mümkün edir [9].

Kiberhücum üzərindən xüsusi tədbirlər kimi aşağıdakı hallara riayət etmək olar:

1. Alternativ konsensus alqoritm istifadəsi: məsələn, Səhm çıxarışı (Proof of Stake - PoS) kimi 51% hücumlara daha davamlı olan alqoritmlər;
2. Çoxsaylı yoxlama nöqtələrinin istifadəsi: blokçeyn şəbəkəsində etibarlılığını yoxlamaq üçün istifadə edilə bilən yoxlama məntəqələri ilə Finney hücumu kimi ikiqat gəlirliliyin qarşısını alır;
3. Təyin edilmiş şahid (SegWit) istifadəsi: əməliyyatın imzalanmasını blokçeyn şəbəkəsindən ayırır və bu da zərərvericilərin şəbəkədə informasiyanı təhrif edə bilməməsinə hədəflənir;
4. Daha uzunmüddətli blok müddətlərinin tətbiqi: daha çox şəbəkəyə nəzarət etməyi çətinləşdirməsi üçün;
5. Hücumun dəyərini artırmaq: bunun vasitəsilə 51% kimi hücumun tətbiqi daha da çətinləşir ki, mayninq edən tərəf daha çox resursa sahib olmalıdır və risk (motivasiya mənbəyi maddi gəlir) vektoru daha da kompleksləşir;
6. Reputasiya sistemlərinin tətbiqi: keçmiş fəaliyyətə əsaslanaraq zərərverici tərəfləri müəyyənləşdirmək;
7. Sosial verifikasiya: CAPTCHA və ya daha uyğun verifikasiya metodları;
8. Əlaqə saylarının limitləndirilməsi: Sybil kimi hücumların qarşısını almaqda daha effektivdir;
9. Şəbəkənin fəaliyyətinin monitorinqi: Sybil hücumlarının tədqiqinə imkan yaradır;
10. Rəqəmsal imzaların tətbiqi: saxta şəxsiyyətlərin yaradılmasının qarşısını alır;
11. Dərəcə limitləyicisi (Rate Limiting): göndəriləcək tərəfə sorğuların sürətinə nəzarəti ilə birgə DDoS kimi hücumların qarşısını almaqda effektivdir;
12. Ödəniş markeri: Yarış hücumlarını aşkar etməyə imkan yaradır ki, ödəniş hədəfləri və prioritetini müəyyənləşdirməsində rol oynayır;
13. Təhlükəsiz ödəniş protokolları;
14. Server vaxtının sinxronizasiyası: bütün sorğuların eyni müddətdə və sıralama ilə icrasının təmin edir;
15. Tranzaksiya təkrarlarının tətbiqi: Tranzaksiya təkrarı Finney hücumunun qarşısını almaq üçün bir çox şəbəkəyə əməliyyatları təkrarlayır və bu zaman zərərverici hücumu həyata keçirə bilməsi üçün iki dəfədən də çox xərc etməlidir;
16. Nons;

Bu siyahını daha da çox artırmaq mümkündür, çünki bu şəbəkədə hələ təhdidlər və hücum vektorları çox genişdir. Bu kimi tətbiqlərlə riski minimuma endirə bilmək mümkün olsa da, informasiyaya qarşı təhdid daim mövcuddur [10].

5. Nəticə

Qeyd edildiyi kimi blokçeyn şəbəkəsində informasiyanın təhrif olunması riski, eləcə də paylaşılmaqla birgə manipulyasiyaya meyillik olsa da, informasiya mübadiləsi riskinin aktual riskləri və təhdidləri üçün müəyyən mexanizmlərlə tədbir planları qurmaq mümkündür. Blokçeyn şəbəkələrində informasiya mübadiləsi zamanı baş verə biləcək kibertəhdidlər üçün ilkin risk vektorunu təyin etməyin metodları qeyd edilmişdir. Texnologiyanın davamlı inkişafında metodların versiya olaraq, statik qalmaması və davamlı zəifliklərlə qarşılaşmasını nəzərə alaraq, metodların izahları daha geniş təhrif edilmişdir. Statik yanaşmaların texnologiya inkişaf etdikcə aktuallığını və effektivliyini itirməsi dinamik yanaşmanı daha da aktual edir. Paylanmış reyestri tərifi zamanı qeyd edildiyinə əsasən, blokçeyn texnologiyası informasiyanın saxlanma və ötürmə üsulunda inqilab etmə potensialına malikdir. O,

misilsiz səviyyələrdə təhlükəsizlik, məxfilik, şəffaflıq və de-mərkəzləşmə təklif edir, istifadəçilər üçüncü tərəfə və ya mərkəzi sistemə ehtiyac olmadan məlumatları təhlükəsiz şəkildə saxlamağa və ötürməyə imkan verir. Bundan əlavə blokçeyn, texnologiyası prosesləri avtomatlaşdırır və xərcləri azalda bilən ağıllı müqavilələr kimi yeni proqram növlərini inkişaf etdirmək üçün istifadə edilə bilər ki, bunların da öz təhdidləri və həll yolları ilə bağlı təkliflər irəli sürülmüşdür. Çünki, ağıllı müqavilələr avtomatlaşdırılmış və de-mərkəzləşmənin daha aktual olduğu mühitlərdə daha obyektiv yanaşmanı tətbiq etməyə imkan yaradır.

ƏDƏBİYYAT

1. Blockchains: The great chain of being sure about things by Alex Tapscott and Don Tapscott, 2016, 348 s.
2. Zhong H., Li Y., & Zhang, Y. (2020). A Comprehensive Survey on Security and Privacy of Blockchain Systems. IEEE Access, 8, s. 36-62.
3. Li J., Gervais A., Karame G.O., Capkun S. "Security and privacy challenges in blockchain systems," Computer, vol. 50, no. 7, 2017, s. 259-286.
4. Blockchain Technology Explained: The Ultimate Beginner's Guide About Blockchain Wallet, Mining, Bitcoin, Ethereum, Litecoin, Zcash, Monero, Ripple, Dash, IOTA and Smart Contracts by Mark Gates, 2019, 122 s.
5. Wust, K., Bano, S., & Meiklejohn, S. (2018). A secure sharding protocol for open blockchains. In 2018 IEEE Symposium on Security and Privacy (SP). IEEE, s. 82-88.
6. Ha S.J., Li M., Yoon M. L. "A survey of attacks and defences on blockchain technology," International Journal of Network Security, vol. 20, no. 2, 2018, s. 191-220.
7. Li X., Li J., & Liu C. (2019). A survey on security and privacy in blockchain systems. Information Fusion, 50, s. 36-44.
8. Valli S.K. "A survey of blockchain security issues and challenges," International Journal of Computer Science and Information Security, vol. 16, no. 11, 2018, s. 140-151.
9. Lee S., Kim S., & Kim Y. (2017). Anomaly Detection-based Defense against Malicious Nodes in Blockchain Networks. In 2017 IEEE International Conference on Blockchain (ICBC). IEEE, s. 10-14.
10. Al-Nemrat A. "Blockchain cyber-attacks: An analysis of threats and mitigation techniques," International Journal of Computer Applications, vol. 159, no. 20, 2018, s. 16-23.

BLOKÇEYN ŞƏBƏKƏSİNİN KOMPONENTLƏRİNİN İŞLƏNMƏSİ İLƏ İNFORMASIYA MÜBADİLƏSİNİN TƏHLÜKƏSİZLİYİ

A.V.Ağayev

Xülasə. Blokçeyn texnologiyası informasiyanın saxlanması və ötürülməsi üsulunu dəyişdirmək potensialına malik yeni inkişaf edən bir texnologiyadır. Əsas komponentləri de-mərkəzləşmə, şəffaflıq və paylanmışlıq anlayışlarıdır ki, bunlara qısaca müvafiq olaraq, mənbə və təyinat arasında hər hansısa mərkəzi idarəetmə sisteminin olmaması, iştirak edən tərəflərin istifadə etdikləri blokların zəncir kimi bir birilərindən asılılığı və davamlı olaraq, qeydiyyat alınması və saxlanması, və son olaraq, milyonlarla nöqtədə saxlanılaraq, hər hansısa itkinin olmama ehtimalı və ehtiyac anında assimetrik şifrələmədə olduğu kimi, əsl sahibinə məxsus açar vasitəsilə ona lazım olan məlumatın autentifikasiya edildikdən sonra, avtorizasiyası prosesləridir. Məqalənin əsas məqsədi blokçeyn texnologiyasının məlumat ötürülməsi zamanı kiberhücumlara qarşı informasiya təhlükəsizliyinin tətbiqinin müzakirəsidir. Şifrələmə, rəqəmsal imza və çox imzalı əməliyyatlar kimi təhlükəsizlik tədbirlərinin həyata keçirilməsinin müxtəlif üsulları, blokçeyn texnologiyasının həssas olduğu müxtəlif kiberhücum növləri və bu hücumların qarşısının necə alınacağı da müzakirə edilib. Eləcə də, təhlükəsiz məlumat ötürülməsinin təmin edilməsində ağıllı müqavilələrin rolunu və təhlükəsiz protokolların hazırlanmasının vacibliyi vurğulanıb. Həmçinin, təhlükəsizlik aspektindən baxıldıqda, blokçeyn texnologiyasının gələcəyi və onun məlumat mübadiləsi zamanı təhlükəsizliyini daha da artırmaq üçün necə istifadə oluna biləcəyi nəzərdən keçirilib.

Açar sözlər: paylanmış reyestr, de-mərkəzləşmə, şəffaflıq, nod, heş.

Accepted: 20.11.2023

MOBİL KİBER KRİMİNALİSTİKAYA HAZIRLIQ METODOLOGİYALARININ TƏDQIQI

Rahib Rəsul oğlu Ağababayev

Azərbaycan Texniki Universiteti, Bakı, Azərbaycan

A RESEARCH OF THE METHODOLOGY OF MOBILE CYBER FORENSICS READINESS

Rahib Resul Aghababayev

Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan: rahib.agb@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-1536-0741>

Summary. Mobile cyber forensics serves to recover potential digital evidence from mobile devices using digital forensics. The development and spread of mobile technologies, the need for mobile-based services and new requirements have led to the development and transformation of mobile cyber forensics into an important field. In this article, a component model is proposed to assess the readiness potential of the relevant organizations in the field of mobile cyber forensics for the detection of cybercrimes, collection of evidence, and investigation of criminal cases.

Keywords: *cybercrime, cyber forensics, digital forensics, mobile device, investigation.*

© 2023 Azerbaijan Technical University. All rights reserved.

Giriş

Kibercinayətkarlıq bütün dünyada artmaqda davam edir və formalaşan mütəşəkkil beynəlxalq qruplaşmalar İKT infrastrukturalarına böyük təhdidlər yaradırlar. Beynəlxalq problem olan kiberterror, kibertəxribat, kibercasusluq, transmilli mütəşəkkil kibercinayətkarlıq məhz bu təhdidlərə aiddir və kiberməkanda bu fəaliyyətlərin həyata keçirilməsi imkanları genişlənilir. Azərbaycan Respublikası Prezidentinin 2023-cü il 28 avqust tarixli Sərəncamı ilə təsdiq edilmiş “Azərbaycan Respublikasının informasiya təhlükəsizliyi və kibertəhlükəsizliyə dair 2023-2027-ci illər üçün Strategiyası”nda kibercinayətkarlığa qarşı mübarizə, o cümlədən kiberkriminalistika sahəsində fəaliyyətin gücləndirilməsi prioritet istiqamətlərdən biri kimi müəyyən edilir [1, s. 11]. Strategiyada seçilmiş prioritetlərin həyata keçirilməsi üçün Tədbirlər Planında müxtəlif işlər də nəzərdə tutulub, o cümlədən haqqında danışılan istiqamət üzrə müvafiq ölçmə mexanizmləri formalaşdırmaq və qiymətləndirmələri həyata keçirmək də planlaşdırılır [1, s. 20].

Rəqəmsal əsrin hazırkı dövründə, şübhəsiz ki, mobil tətbiqlər insan həyatının hər anını əhatə etdiyi aydın görülməkdədir. İstifadəçilər artıq internetdə axtarış və alış-veriş etmək, pul köçürmək, biznes qurmaq, audio və ya video zənglərdən istifadə etməklə ünsiyyət qurmaq, mesajlaşmaq, əyləncə və təhsil kimi bir çox onlayn fəaliyyətləri yerinə yetirmək üçün mobil proqramlara etibar edirlər. Smartfon istifadəsinin bu kütləvi artımı hazırda inanılmaz dərəcədə populyardır və yaxın gələcəkdə də belə olacaq.

Təəssüf ki, onlayn cinayət fəaliyyəti də asanlıqla əldə edilə bilən ağıllı mobil cihazlar vasitəsilə hər yerdə yayılır. Mobil cihazlar gündəlik həyatımızın ayrılmaz hissəsinə çevrilib və onlarda kriminalistik araşdırmalarda istifadə oluna biləcək çox qiymətli məlumatlar ola bilər. Mobil kiberkriminalistika (MKK) kiberkriminalistikanın portativ və/və ya mobil cihazlardan rəqəmsal sübutların çıxarılması ilə əlaqəli altbölməsidir [2]. Quraşdırılmış əməliyyat sistemlərinin müxtəlifliyi, eləcə də dünya üzrə çoxsaylı smartfon istehsalçılarının fərqli yanaşmaları MKK istiqamətində mühüm problemlər kimi diqqəti cəlb edir.

Bu məqalədə kibercinayətlərin aşkarlanması, sübutların toplanılması, cinayət işlərinin istintaqının aparılması üzrə əlaqədar təşkilatların mobil kiberkriminalistika sahəsində hazırlıq potensialını qiymətləndirmək üçün komponent modelinin işlənməsi nəzərdə tutulur.

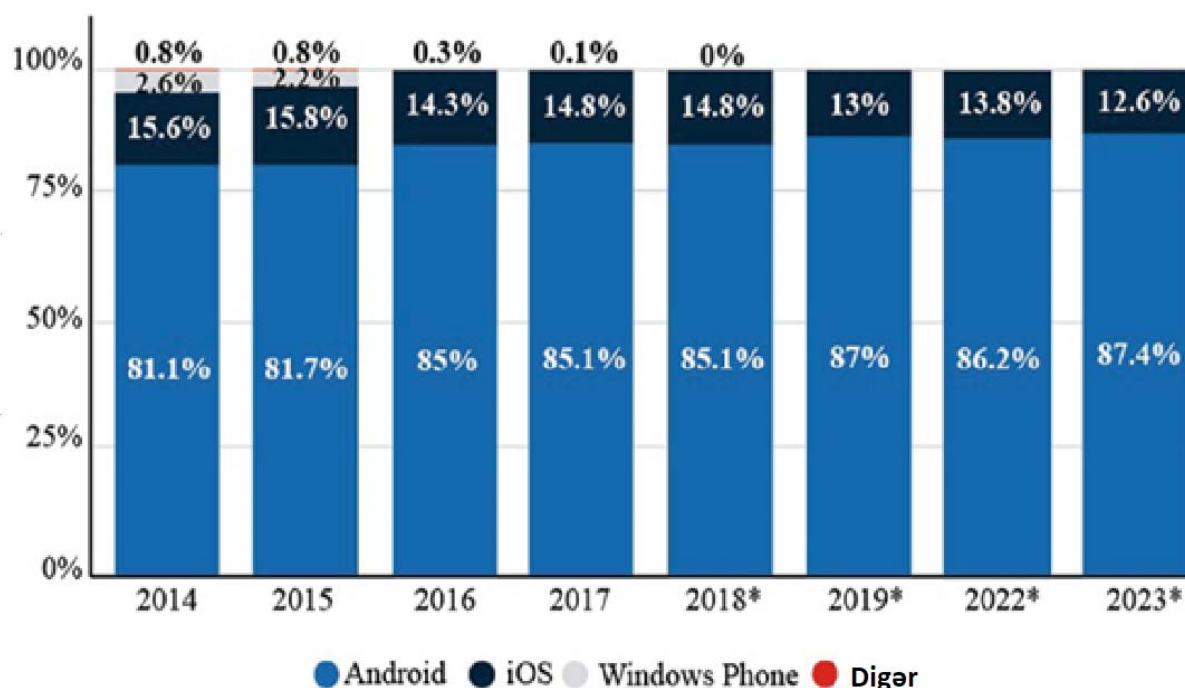
Tədqiqat məsələsinin qoyuluşu

Baxılan tədqiqat işində təşkilatın mobil cihazlarla bağlı insidentlərə operativ reaksiya vermək qabiliyyətini qiymətləndirmək üçün mobil kiberkriminalistika hazırlıq planına daxil olacaq

komponentləri müəyyənləşdirmək məsələsi qoyulur. Bu məsələni həll etmək üçün “mobil kiberkriminalistika” anlayışının mahiyyəti dəqiqləşdirilir, mobil kiberkriminalistika üçün proses modeli sintez edilir, mobil kiberkriminalistikada meydana çıxan çətinliklərə baxılır və nəhayət, Mobil kiberkriminalistika hazırlıq planının komponentləri təklif edilir.

Mobil kiberkriminalistikanın təşəkkülü

Smartfonların illik satışları dünya üzrə təqribən (1,56) milyard cihaza qədər böyük dərəcədə artıb, Android əməliyyat sistemi ilə işləyən smartfonlar 2019-cu ildə qlobal bazarın payına (87%) sahib olub və bunun qarşdakı illərdə artacağı gözlənilir, Apple iOS isə ikinci ən populyar əməliyyat sistemi bütün cihazlarda (13%) bazar payına malikdir (Şəkil 1).



Şəkil 1. Smartfonların əməliyyat sistemləri üzrə 2014-2023 illər üzrə statistikas

2014-cü ildən 2023-cü ilə qədər əməliyyat sistemi üzrə qlobal smartfon tədarükünün payı, bütün dünyada smartfonların bu böyük istifadəsi ilə, texnoloji yönümlü xidmətlərin həyata keçirilməsi üçün bu cihazların geniş şəkildə mənimsənilməsi və mobil tətbiqlərin nəzarətsiz istifadəsi mobil mühiti bir çox qeyri-etik və qeyri-qanuni fəaliyyətlərin həyata keçirilməsi üçün münbit məkana çevirmişdir. Nəticə etibarilə, smartfonlar kiberhücumlara məşhur hədəfinə çevrildi, çünki bu cihazlarda böyük həcmdə şəxsi məlumatlar var. Bu cihazların daşınma qabiliyyəti və onlarda olan məlumatların həssaslığı ənənəvi rəqəmsal təhqiqat metodologiyalardan istifadənin məqsədəuyğunluğu və onların bu sahədə nə dərəcədə mümkün olması ilə bağlı böyük narahatlıq doğurur. Həmçinin, smartfonlarda kiberkriminalistika addımlarının idarə olunmasını çətinləşdirən və böyük diqqət tələb edən bir çox imkanlar mövcuddur.

Bu imkanlara SMS, 3G, 4G, Wi-Fi, GPS və s. kimi müxtəlif kommunikasiya texnologiyalarının mövcudluğu, cihazı yandırmaq və ya söndürmək üçün uzaqdan göstəriş vermək imkanı və müxtəlif mobil telefonlardan istifadə edərək məlumatları uzaqdan silmək imkanı daxildir.

Bu və digər məsələlər mobil rəqəmsal sübutlarla məşğul olan zaman təhqiqatçılar üçün böyük problem yaradır [6].

Yeni mobil hesablama paradigması ilə əlaqədar ortaya çıxan yeni kriminal vəziyyətləri təsvir edən bir sıra terminlər, təriflər və hüquqi məsələlər meydana çıxdı. Bu terminlərdən biri rəqəmsal cihazdan rəqəmsal sübutların toplanması və şəxslərin günahını və ya təqsirsizliyini sübut etmək üçün

təhliletmə prosesinə istinad edən “rəqəmsal məhkəmə ekspertizası” terminidir. Mobil kriminalistika rəqəmsal kriminalistikadan əldə edilən başqa bir termdir, o, smartfondan rəqəmsal sübutları təhqiqat cəhətdən sağlam vəziyyətdə saxlayacaq şəkildə bərpa etməyi hədəfləyir. Mobil kiberkriminalistika analizini aparmaq üçün mobil təhqiqat prosesinin həyat tsikli smartfonlardan etibarlı şəkildə rəqəmsal sübutları ələ keçirəcək, təcrid edəcək, daşıyacaq, saxlayacaq və sübut edəcək dəqiq qaydaları müəyyən etməlidir [2].

Mobil kiberkriminalistikanın çətinlikləri

Ümumiyyətlə, MKK çoxlu səbəblərə görə müxtəlif çətinlikləri mövcuddur. Tədqiqatçılar MKK araşdırmalarını uğurla həyata keçirmək üçün aşağıdakı məhdudiyyətləri müəyyən edirlər [2,7]:

1) Məlumatla bağlı məsələlər (anonimliyin tətbiqi ilə bağlı axtarış və digər anonimlik xidmətləri, təhqiqat zamanı əldə edilən əhəmiyyətli məlumat həcmi, müxtəlif mesaj növləri və qoşmalar);

2) Məhkəmə alətləri ilə bağlı məsələlər (MKK tədqiqat yanaşmaları uzun müddət əldə etmə üsullarına diqqət yetirir, MKK-nın istintaq prosesinin digər mərhələlərinə isə az əhəmiyyət verilir);

3) Cihaz və əməliyyat sistemlərinin müxtəlifliyi – Mobil cihazlar dizayn baxımından müxtəlifdir və mövcud texnologiyalar təkmilləşdikcə və yeni texnologiyalar tətbiq olunduqca davamlı dəyişikliklərə məruz qalırlar. Bazarda iOS, Android, Windows və BlackBerry platformaları ilə yanaşı, çox sayda digər açıq kodlu və xüsusi mobil telefon əməliyyat sistemləri də mövcuddur.

4) Təhlükəsizlik aspektləri – istehsalçılar tərəfindən yeni və daha mürəkkəb anti-kriminalistik üsullar işlənib hazırlanır;

5) Bulud texnologiyaları ilə əlaqəli problemlər cari MKK alətləri bulud aspektlərini, bir neçə yurisdiksiyaya aid hüquqi çərçivələrə görə kriminalistika məlumatlarına çıxış, məhkəmə məlumatlarının təhlükəsizliyi kimi bulud araşdırma maneələrini nəzərə almır;

6) Proseslərin avtomatlaşdırılması – rəqəmsal məhkəmə təhqiqatı prosesini sürətləndirmək və işin emalı imkanlarını artırmaq üçün proseslərin, o cümlədən süni intellektə əsaslanan üsullardan istifadə edərək avtomatlaşdırılmış sübut emalı nəzərdə tutula bilər.

Həmçinin qeyd etmək lazımdır ki, MKK ümumi proseslərinin diqqət mərkəzində olması ilə bağlı mühüm problemlərlə üzləşir. Məsələn, tədqiqat prosedurlarının hər bir cihaz üçün modelə xas olması və ya ekspertiza prosedurlarına tətbiq olunan standartlaşdırılmış təlimatlar toplusunu formalaşdırmaq üçün kifayət qədər ümumi olması aydın deyil.

Digər problem canlı ekspertizanın aparılması ehtiyacıdır (mobil qurğular işə salınmalıdır). Faktiki olaraq, MKK tədqiqatlarının aparılması üçün mühüm maneə smartfonların müxtəlif şəbəkə imkanları ilə bağlıdır ki, bu da ümumi MKK proseslərini, xüsusən də bulud hesablama mühitinin mürəkkəb strukturuna görə idarə etməyi çətinləşdirir. Nəhayət, müasir mobil cihazlara xas olan təhlükəsizlik tədbirləri ilə əlaqədar olaraq, tədqiqatçı cihaz məlumatlarını çox güman ki, dəyişdirəcək eksploytlardan istifadə edərək cihaza daxil olmalıdır. Aydındır ki, sonuncu məsul və nəzarət qurumlarının prinsipini pozur və kiberkriminalistik araşdırma üçün çoxsaylı prosedur məsələləri meydana çıxır.

Mobil kiberkriminalistika üçün proses modeli

Mobil kiberkriminalistika bir elmi istiqamət kimi müvafiq elmi kriminalistika şərtlərindən istifadə edərək mobil cihazlardan rəqəmsal sübutların bərpası ilə məşğul olur [4].

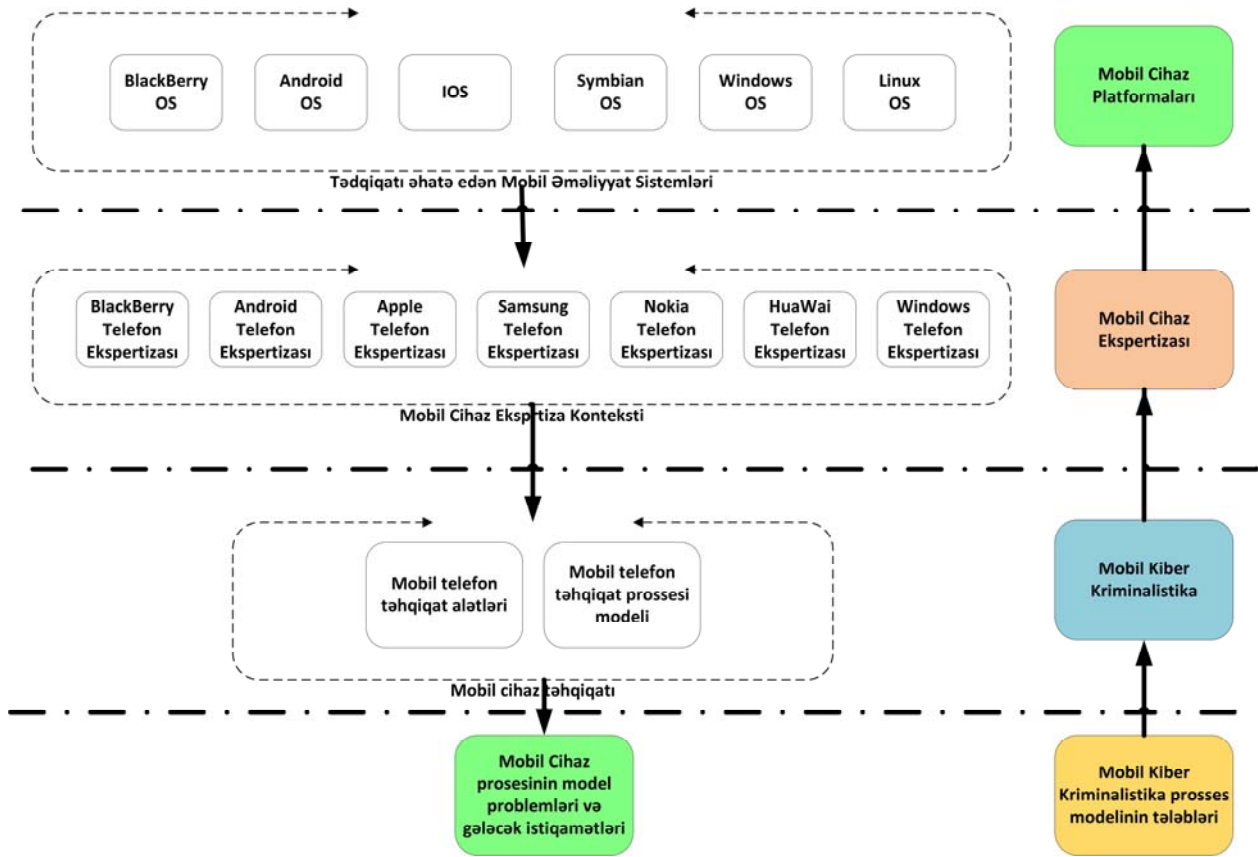
Bundan əlavə, mobil əsaslı xidmətlərə artan tələbat, artan istifadəçilər və mobil texnologiyalarda müşahidə olunan dəyişikliklər, hər yerdə, geniş yayılma və sürətlə böyüyən Əşyaların İnterneti (IoT) texnologiyası sayəsində bu sahə vacib hala gəlir.

Nəticədə, mobil hesablamaların populyarlığı artır və bu tendensiya yüksələn xətlə inkişafa meyllidir. Mövcud tədqiqat tendensiyaları əsasən MKK mütəxəssislərinin təhqiqat işlərinə tətbiq olunan ekspertiza hesabatlarının hazırlanması üçün istifadə oluna bilən rəqəmsal araşdırma proseslərinin olmaması ilə bağlı qavrayışını araşdırmağa yönəlib. Rəqəmsal kriminalistika, xüsusən də cəmiyyətdə mobil cihazların çoxalması ilə tədricən mürəkkəb bir predmet sahəsinə çevrilir.

Rəqəmsal sübutların mühafizəsi, əldə edilməsi, araşdırılması, təhlili və hesabatı üçün mobil kiberkriminalistika prosedurları NIST (National Institute of Standards and Technology) tərəfindən nəşr olunmuş tövsiyə xarakterli bir sıra sənədlərdə müzakirə edilir [3, s. 27-46], [4, s. 9-17].

MKK, müxtəlif təhqiqat prosesi modellərinin tətbiqi ilə erkən inkişaf mərhələsində hesab olunur [5]. Mövcud rəqəmsal kriminalistika təhqiqat prosesi modellərinin bir çoxunda ən böyük problem onların mobil məhkəmə ekspertizasına tam tətbiq edilməzdən əvvəl sınaqdan keçməməsidir. Bundan əlavə, hər hansı təklif olunan rəqəmsal məhkəmə təhqiqat prosesi modelinin elmi ictimaiyyət tərəfindən təsdiqlənməsi üçün sınaqdan keçirilməlidir [6].

Elmi və metodoloji ədəbiyyatın [5,6] analizi əsasında şəkil 2-də mobil telefonların ekspertizasının proses modeli təklif edilir. Bu proses modeli mobil ağıllı cihazların müxtəlif platformalarını əhatə edir və müvafiq ekspertiza kontekstlərini nəzərdə tutur. Mobil kiberkriminalistikanın model problemləri və gələcək istiqamətləri də proses modelinə daxildir. Bununla belə, bu məqalənin əhatə dairəsi mobil kiberkriminalistika hazırlıq planının komponentlərinin müəyyən edilməsi ilə məhdudlaşır.



Şəkil 2. Mobil kiberkriminalistikanın proses modeli

Mobil kiberkriminalistika hazırlıq planının komponentləri

Mobil qurğular cinayət işlərinin araşdırılmasında mühüm əhəmiyyət kəsb edən mətn mesajları, zəng qeydləri, baxış tarixçəsi və məkan məlumatları kimi qiymətli məlumatları saxlaya bilər. Buna görə də, təhqiqatçıların mobil cihazlardan rəqəmsal sübutları əldə etmək və təhlil etmək üçün lazımı alətlərə və bacarıqlara malik olmasını təmin etmək üçün MKK ekspertizasına hazırlıq planının olması vacibdir [4,6].

MKK ekspertizası hazırlığı bir təşkilatın və ya agentliyin mobil cihazlarla bağlı insidentlərə operativ reaksiya vermək qabiliyyəti kimi müəyyən edilə bilər. Bu hazırlığa mobil cihazın analizini effektiv şəkildə aparmaq üçün lazımı avadanlıq, proqram təminatı və kadrların olması daxildir. MKK ekspertizasına hazırlıq planı aşağıdakı sahələri əhatə etməlidir:

- **Avadanlıq və proqram təminatı:** Mobil kriminalistika vasitələri və proqram təminatı mobil cihazlardan rəqəmsal sübutların toplanması və təhlili üçün vacibdir. Təşkilatlar ən son texnologiyaya uyğun olmalarını və ən son mobil cihazlardan məlumatları bərpa edə bilmələrini təmin etmək üçün ən son avadanlıq və proqram təminatına sərmayə qoymalıdır.
- **Kadrlar:** Təhqiqatın uğuru əsasən ekspertlərinin bacarıq və təcrübəsinə əsaslanır. MKK ekspertizası ilə məşğul olan işçilər kompüter elmləri, məlumatların təhlili və rəqəmsal ekspertizada güclü təcrübəyə malik olmalıdırlar. Onlar həmçinin ən son texnika və alətlərdən xəbərdar olmaq üçün müntəzəm təlim keçməlidirlər.
- **Standart əməliyyat prosedurları (SƏP):** Bütün araşdırmaların ardıcıl və etibarlı şəkildə aparılmasını təmin etmək üçün standart əməliyyat prosedurları vacibdir. SƏP-lər rəqəmsal sübutların toplanması, təhlili və mühafizəsi də daxil olmaqla MKK ekspertizasının təhqiqatının bütün aspektlərini əhatə etməlidir.
- **Hüquqi və etik mülahizələr:** Təhqiqat bütün hüquqi və etik tələblərə cavab verməlidir. Təhqiqatçılar rəqəmsal sübutların toplanması və təhlilini tənzimləyən qanun və qaydaları hərtərəfli bilməlidirlər. Onlar həmçinin təhqiqatın ədalətli və qərəzsiz aparılmasını təmin etmək üçün etik standartlara və təlimatlara riayət etməlidirlər.
- **Əməkdaşlıq və kommunikasiya:** Əməkdaşlıq və kommunikasiya uğurlu mobil araşdırmaları üçün çox vacibdir. Təhqiqatın bütün aspektlərinin əhatə olunmasını təmin etmək üçün təhqiqata cəlb edilmiş digər idarə və qurumlarla sıx əməkdaşlıq etməlidirlər. Təhqiqatçılar və maraqlı tərəflər arasında səmərəli ünsiyyət, həmçinin bütün tərəflərin təhqiqat prosesi boyunca məlumatlı olmasını və yenilənməsini təmin etmək üçün vacibdir.

Nəticə

Mobil cihazlarda araşdırmalarda istifadə oluna bilən çoxlu məlumat var və təhqiqatçıların mobil cihazlardan rəqəmsal sübutları əldə etmək və təhlil etmək üçün lazımı alətlərə və bacarıqlara malik olmaları ilə yanaşı, mobil kiberkriminalistikaya hazırlıq planının olması da vacibdir. Hazırlıq planı avadanlıq və proqram təminatını, şəxsi həyatı, SƏP-ləri, hüquqi və etik mülahizələri, əməkdaşlıq və kommunikasiyanı əhatə etməlidir. Güclü MKK hazırlıq planını həyata keçirməklə təşkilatlar mobil cihazlarla bağlı insidentləri daha dəqiq araşdırmaq və ədalətin təmin olunmasını təmin etmək imkanlarını artırabilir.

ƏDƏBİYYAT

1. Azərbaycan Respublikasının informasiya təhlükəsizliyi və kibertəhlükəsizliyə dair 2023-2027-ci illər üçün Strategiyası. Azərbaycan Respublikası Prezidentinin 2023-cü il 28 avqust tarixli sərəncamı. 31 s.
2. Chernyshev M., Zeadally S., Baig Z., Woodward A. Mobile forensics: Advances, challenges, and research opportunities. IEEE Security & Privacy, 2017, vol. 15, no. 6, pp. 42-51.
3. Jansen W., Ayers R. Guidelines on cell phone forensics. Special Publication Special Publication 800-101. NIST: Gaithersburg, MD, USA, 2007, 96 p.
4. Jansen W., Delaitre A. NISTIR 7617: Mobile forensic reference materials: A methodology and reification. NIST: Gaithersburg, MD, USA, 2009, 31 p.
5. Goel A., Tyagi A., Agarwal A. Smartphone forensic investigation process model. International Journal of Computer Science & Security (IJCSS), 2012, vol. 6(5), pp. 322-341.
6. Horsman G., Sunde N. Part 1: The need for peer review in digital forensics. Forensic Science International: Digital Investigation, 2020, vol. 35, Article 301062, 10 p.
7. Barmptsalou K., Cruz T., Monteiro E., Simoes P. Current and future trends in mobile device forensics: A survey. ACM Computing Surveys (CSUR), 2018, vol. 51(3), pp. 1-31.

MOBİL KİBER KRİMİNALİSTİKAYA HAZIRLIQ METODOLOGİYALARININ TƏDQIQI

R.R.Ağababayev

Xülasə. Mobil kiberkriminalistika rəqəmsal məhkəmə ekspertizasından istifadə etməklə mobil cihazlardan potensial rəqəmsal sübutların bərpasını həyata keçirməyə xidmət edir. Mobil texnologiyaların inkişafı və yayılması, mobil əsaslı xidmətlərə və yeni tələblərə ehtiyac mobil kiberkriminalistikanın inkişafına və mühüm bir sahəyə çevrilməsinə səbəb olmuşdur. Bu məqalədə kibercinayətlərin aşkarlanması, sübutların toplanılması, cinayət işlərinin istintaqının aparılması üzrə əlaqədar təşkilatların mobil kiberkriminalistika sahəsində hazırlıq potensialını qiymətləndirmək üçün komponent modeli təklif edilir.

Açar sözlər: kibercinayətkarlıq, kiberkriminalistika, rəqəmsal kriminalistika, mobil cihaz, təhqiqat.

Accepted: 12.12.2023

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СМАРТ-УЧЕБНОЙ СРЕДЫ В СФЕРЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Жанна Сексенбаевна Асанова¹, Вагиф Алиджавад оглы Касумов²,
Айнур Нышанбеккызы Жакиш³

¹Кызылординский университет имени Кorkyt ата, Кызылорда, Казахстан

²Азербайджанский технический университет, Баку, Азербайджан

³Кызылординский университет имени Кorkyt ата, Кызылорда, Казахстан

PROSPECTS FOR IMPLEMENTING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES TO BUILD A SMART LEARNING ENVIRONMENT IN THE FIELD OF HIGHER EDUCATION

Zhanna Seksenbaevna Asanova¹, Vagif Alijavad Gasimov², Ainur Nyshanbekkyzy Zhakish³

¹Kyzylorda University named after Korkyt ata, Kyzylorda, Kazakhstan: zhan-84-84@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-4456-9891>

²Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan: vaqif.qasimov@aztu.edu.az

<https://orcid.org/0000-0003-3192-4225>

³Kyzylorda University named after Korkyt ata, Kyzylorda, Kazakhstan: zhakish@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-6479-0759>

Abstract. The article discusses and analyzes the prospects for the introduction of artificial intelligence (AI) technologies in the field of education, including higher education. The relevance of the study of the development and implementation of AI technologies in various spheres of life, the analysis of these technologies from various points of view (social, economic, ethical, legal) is outlined. This is due to the increased introduction of AI technologies in various sectors of the economy and the need for personnel with competencies in the creation and application of AI. It is noted that the rapid development of AI technologies has a significant impact on the field of education, and the issue of introducing these technologies into the training of future specialists is becoming more urgent. The use of AI within the educational environment opens up fundamentally new opportunities for the qualitative development of the services provided and received from the point of view of all participants in the educational process. AI technologies, of course, act as a tool for improving teaching methods and methods that contribute to improving and accelerating educational, pedagogical and communication processes.

Keywords: artificial intelligence, smart-education, digital education, smart learning environment, machine learning.

© 2023 Azerbaijan Technical University. All rights reserved.

Введение

Последние годы сфера высшего образования проходит этап цифровой трансформации, в результате чего оно становится мобильной и открытой системой. Настоящее время компьютеры самостоятельно выполняют сложные учебные и управленческие задачи с помощью алгоритмов, построенных на основе методов ИИ и самообучения. Доля новых, в том числе цифровых технологий постоянно астрономически растет. Такие методы, как разработка и применение методов ИИ, оцифровка образовательной среды и интеграция ее в ученый процесс, обеспечение высокоскоростного доступа к интернет, реализация и применение средств обработки Big Data, программно-технические средства виртуальной реальности позволяет построить современный образовательный процесс на уровне современных международных стандартов. А это способствует персонализировать учебный процесс, применять его для изучения, адаптации и углубленного анализа индивидуальных возможностей обучаемого.

Сфера образования является одним из перспективных направлений применения технологий ИИ. Методы ИИ может играть важную роль в образовании и развитии людей на всех этапах их жизни. Новые подходы в области ИИ предоставляют огромный потенциал для достижения поставленных целей в области социального благополучия и устойчивого развития. В настоящее время развитые государства (Китай, США и Япония являются лидерами) в определенной мере инвестируют исследования в методов и технологий ИИ, а также их применение

в сферу образования, в т.ч. в учебный процесс. ИИ может выступать в качестве вспомогательного, но ценного инструмента, выполнять и совершенствовать различные процессы и процедуры высшего образования, таким образом, содействовать осуществлению эффективного образовательного процесса и организацию необходимых коммуникаций между учащимися и преподавателями.

Применение и эффективное использование методов ИИ в высшем образовании может улучшить процесс осуществления образовательных услуг и повысить их качества. ИИ позволяет реализовать индивидуальную программу для успешного обучения каждого студента в университете и профессионального роста выпускников после окончания учебы.

Известно, что революция Industry 4 по масштабу охвата, объему и сложности решаемых проблем намного превышает всех предыдущих революций человечества. Так в ближайшем будущем человечество будет свидетелем технологических прорывов в самом широком спектре областей, включая ИИ, робототехника, автомобили-роботы, трехмерную печать, нано технологии, биотехнологии, информационной безопасности, кибер-физических систем и т.д. [1, с.40], [2].

Нейронные сети в некоторых областях могут решать задачи намного эффективнее и точнее человека. Это предоставляет возможность реализовать в ближайшем будущем автоматизацию большого количества рабочих мест, следовательно, привести к росту безработицы. Следует отметить, что при появлении различные технологии способствовали вытеснению работников с рынка труда, но человеку всегда удавалось адаптироваться к происходящим изменениям. Человек должен уметь использовать выгоды применения ИИ для своих целей, например, для повышения производительности труда, т.е. человек не должен быть зависимым от реализуемых новых технологий, а дополнять их. Аналогично, можно рассуждать о внедрении методов и средств ИИ в сферу образования. Другими словами, необходимо определить имеют ли реальные преимущества, удовлетворяют потребности учащихся, не являются только тенденцией технологии ИИ в образовании [3].

Для определения возможностей и снижения рисков внедрения ИИ в образовании, необходимо выяснить такие вопросы, как может ли улучшить внедрение ИИ качество образования, возможно ли удовлетворять этичность, инклюзивность и справедливость применения технологий ИИ, каков уровень обучения учащихся в области ИИ, готовы ли выпускники к будущему с ИИ.

Исходя из вышесказанных, в статье рассматриваются вопросы внедрения технологий ИИ в сфере образования, в том числе в высшем образовании для повышения эффективности учебного процесса.

Целью данного исследования является определение и выявление необходимости использования ИИ в образовании, возможности модификации системы образования, изучение возможных подходов применения информационных систем на основе ИИ в образовании, анализ возможностей внедрения ИИ в высшем образовании и профессиональной подготовке будущих специалистов.

Основной материал и методы

Под искусственным интеллектом подразумевается направление современной науки, изучающее методы обучить компьютер, компьютерную систему, роботизированную технику, аналитическую систему разумно мыслить также как человек. Другими словами, ИИ – это область информатики, которая занимается созданием программ и систем, способных выполнять задачи, обычно требующие умственных способностей человека. Целью искусственного интеллекта является разработка систем, способных анализировать окружающую среду, принимать решения, учиться от опыта, понимать естественный язык, распознавать образы, и в целом, выполнять задачи, которые обычно требуют человеческого интеллекта.

Технология ИИ – это технологии, основанные на использование методов и средств ИИ (включая компьютерное зрение, обработку естественного языка, распознавание и синтез речи, интеллектуальную поддержку принятия решений и перспективные методы искусственного интеллекта) для решения задач, требующие человеческий интеллект.

Известно, что нейроны являются основой интеллекта как у человека, так и у интеллектуальных системах. Понятно, что у человека эту функцию выполняют естественные (биологические) нейроны, а у компьютера – искусственные нейроны. Искусственный нейрон представляет собой математическую модель (математическую функцию), выполняющая функции, аналогичные модели биологических нейронов. Искусственные нейроны используются в нейронных сетях, которые являются ключевым компонентом ИИ и машинного обучения (МО). В настоящее время технологии ИИ используются во всех сферах деятельности – науке, образовании, здравоохранении, банковских, финансовых и налоговых системах, связи, промышленности, строительстве, транспорте, торговле, культуре, туризме, жилищно-коммунальном хозяйстве и др.

Основной задачей ИИ является моделирование интеллектуальных познавательных процессов анализа, принятия решений, прогнозирования, управления и т.д. Использование методов и средств ИИ в образовании берет начало с 70-х годов прошлого века. Тогда специалисты верили, что вычислительные техники могут обеспечить отдельный опыт обучения, который может оказаться эффективным. Сначала исследователи попытались использовать методов ИИ на основе правила автоматизации обучения. Начиная с того времени применение технологий ИИ в области образования развивались в нескольких направлениях [4-6]:

- разработка методов и средств образования, ориентированных на студентов, т.е. инструментов для поддержки и оценки уровня процесса обучения;
- разработка методов и средств образования, ориентированных на преподавателей, т.е. инструментов для поддержки учебного процесса;
- разработка системных методов и средств образования, поддерживающие управление образовательным процессом в целом.

Фактически, связь между ИИ и образованием охватывает гораздо более широкую область, чем область применения ИИ в образовательной среде, обучение методам ИИ и подготовка будущих специалистов к цифровой трансформации Индустрии 4.0. В этом смысле, в качестве передовых технологий Индустрии 4.0, используемые и реализуемые для решения и интеллектуализации современного образования, можно отметить следующие:

- использование технологии Интернета вещей для создания учебных лабораторий удаленного доступа и дистанционных лабораторных стендов;
- применение 3D-принтеров в учебных мастерских для 3D-моделирования, изготовления деталей роботов, технических устройств в дополнительном образовании учащихся;
- использование ИИ, машинного обучения и робототехники в учебном процессе для реализации аватаров и чат-ботов консультирования, тестирования и проектирования индивидуальных образовательных подходов;
- применение технологий Big Data, блокчейн и облачных вычислений для формирования защищенных платформ учащихся и педагогов, фиксации сформированности учебных и профессиональных компетенций;
- использование технологий виртуальной и дополненной реальности в учебном процессе, реализация имитационных лабораторных стендов и установок с элементами дополненной реальности.

Внедрение технологий ИИ интеллекта в образование пересекается со многими проблемами педагогики, организационных структур, доступности, этики, справедливости и устойчивости, поэтому необходимо хорошо понимать этот процесс, чтобы автоматизировать его. Важно отметить, что для полной реализации потенциала технологий ИИ в поддержке образо-

вания в соответствии с целями концепции устойчивого развития необходимо выявить и использовать все возможные преимущества инструментов в сочетании с признанием и минимизацией рисков.

Следует отметить, что в настоящее время технология ИИ всесторонне используется как в управлении образовательным процессом, так и в самом образовательном процессе. Специалисты выделяют несколько уровней реального и потенциального применения технологий ИИ в образовании. Потенциальный уровень использования технологий ИИ включает в себя методов и средств осуществления виртуальных помощников и чатов, сбора и анализа данных, персонализированного обучения, оценки качества знаний [7,8].

Системный подход использования технологий ИИ рассматриваются в работе [9], где отмечается, что система образования с использованием технологий ИИ в образовательной организации должна включать такие элементы, как информационно-поисковая система, формирующая базу данных учебного процесса из различных источников, библиотека электронных учебников, пособий и методических указаний, обновляемая автоматически, система контроля и оценки уровня знаний, включающая в себя подсистему непрерывного мониторинга успеваемости, активности и успехов учащегося, автоматизированная информационная система составления учебного расписания и распределения учебной нагрузки между преподавателями.

В результате анализа исследований в данном направлении можно делать вывод о том, что сегодня существуют исследования и определенный опыт практического применения методов и средств ИИ для образовательного менеджмента, обеспечения безопасности образования, создания дидактических средств образования, моделирования образовательного процесса с помощью ИИ [10].

В работе [7] рассматриваются основные характеристики технологий и практики применения ИИ в сфере высшего образования (таблица).

Характеристика технологий и практик применения ИИ в сфере образования [7]

Технологии персонализации обучения, адаптивного обучения	Основаны на работе искусственных нейронных сетей. Находят закономерности в огромных массивах информации и используют их для выбора персональных траекторий образования. Обучение подстраивается под уровень, индивидуальные особенности и цели обучающихся.
Автоматическая оценка	Специализированная компьютерная программа, основанная на ИИ, которая имитирует поведение учителя, выставляющего оценки. Она может оценивать знания студентов, анализировать их.
Технологии интервального (промежуточного) обучения	Приложение отслеживает содержание изучаемого учебного материала, а также периоды прекращения обучения. На основе информации прогнозируют, какие разделы могут быть забыты и усвоены недостаточно и при возобновлении курса рекомендуют их для повторения
Прокторинг	Используется для идентификации обучающихся при дистанционном обучении (например, во время проведения экзамена), отслеживает лишние и нетипичные элементы (людей, звуки), открытие новых вкладок, движение глаз и др.
Виртуальные помощники	Используют информацию из Интернета, а также введенную пользователем информацию для того, чтобы делать прогнозы, например, о корректировке индивидуального графика обучения
Смарт-кампус	Разновидность чат-бота для ответа на типичные вопросы студентов, касающиеся различных графиков, расписаний, наличия мест в общежития, расположения аудиторий, наличия литературы и учебных материалов и проч.
Геймификация	Применение компьютерных игр и тренажеров в обучении
Чат-боты	Программа, которая обучается, используя опыт живых операторов, и имитирует реальный разговор с пользователем

Следует отметить, что перспективные направления применения ИИ в сфере высшего образования не ограничиваются перечисленными выше. Понятно, что технологии ИИ не могут полностью заменить преподавателей ни в процессе обучения, ни во время оценки знаний студентов. ИИ является вспомогательным, но ценным инструментом в образовании, которые позволяют выполнять и совершенствовать множества различных операций, выполняемых в вузах, помогая организовать эффективный учебный процесс и создать необходимые коммуникации.

В работе [11] качестве основных методов и средств ИИ, используемых в сфере высшего образования, выделяются следующие основные четыре направления:

- машинное обучение - суть заключается в использовании статистических методов и алгоритмов с целью выявления закономерностей и обучения систем прогнозированию или принятию решения без явного программирования;

- глубокое обучение - подход, опирающийся на искусственные нейронные сети для замены нейронных путей человеческого мозга. Данная методологическая ветвь ИИ представляет особую ценность для развития компьютерного зрения, возможности распознавания речи, осуществления машинного перевода, фильтрации социальных сетей и даже для выполнения медицинской диагностики;

- байесовские сети - вероятностные графические модели, которые используют случайные величины и условную независимость для лучшего понимания и воздействия на установившиеся между вещами отношения, например, лекарством и побочным эффектом или темнотой в помещении и активацией светового переключателя;

- генетический алгоритм - эвристический подход, смоделированный на основе механизма естественного отбора. Такие алгоритмы используют модели мутаций и методы кроссинговера для решения сложных задач биологического типа и ряда других проблем.

В [11] отмечаются следующие преимущества, которые предоставляет использование методов ИИ в высших учебных заведениях:

- оперативный мониторинг качества предоставляемого или получаемого образования, который не требует существенных затрат;

- осуществление эффективного и своевременного контроля за успеваемостью и посещаемостью занятий в учебном процессе;

- информационное обеспечение учебного процесса, грамотная организация планирования по применению учебных ресурсов, подбор соответствующих литературных источников;

- приемы и методики, в числе которых находится игровое обучение, программы для повторного закрепления материала и др.;

- контролирующая функция и наблюдение за ее реализацией;

- составление прогнозов результатов деятельности обучающихся на основе статистических данных и осуществляемого наблюдения;

- широкий доступ технологий для всех участников учебного процесса, возможность их включения в приложения и сервисы;

- наличие возможностей для создания студентами собственных уникальных продуктов (start-up) и ресурсов на основе технологий ИИ, в связи с чем уже в рамках высшей школы реализуется подготовка будущих специалистов-новаторов будущих специалистов-новаторов.

Будущее системы образования часто связывают с разработкой и внедрением технологий ИИ в образовательный процесс и с группой продуктов, использующих технологии ИИ, известный как AIED (системы искусственного интеллекта в образовании). Комплексы AIED используют различные технологии обработки данных и по-разному. Например, в системе MOOC (массовые открытые онлайн-курсы, такие как Coursera, Edx, Stepic, Udacity) ИИ проверяет эссе студентов, их тесты, в некоторой степени прогнозирует успеваемость.

Образовательная платформа Coursera предоставляет возможность студентам получить бесплатное образование в открытой форме по различным направлениям знаний. Coursera ак-

тивно используется в рамках учреждений высшего образования в Казахстане. Контент в системе Coursera предназначен для разных целей. Большой интерес представляют курсы, предназначенные для получения новых профессий, изучения программ с дипломами и программ для саморазвития.

Открытие высшей школы ИИ СеулТеха в Университете Коркыт ата послужит эффективным импульсом для формирования человеческого капитала в сфере IT-технологий, взаимного обмена опытом и научными разработками, а также для дальнейшего продвижения двустороннего сотрудничества между Кореей и Казахстаном в сфере высшего образования. Профессор кафедры компьютерных наук и инженерии, директор казахстанского центра проекта LUPIC, директор Глобального центра безопасности квантового искусственного интеллекта Сеул Теха Джесу Ким отметил, что в рамках проекта предполагается не только открытие высшей школы, но и создание бизнес-инкубатора на базе Университета Коркыт ата.

Анализ и исследование существующих опытов разработки и использования технологий ИИ в сфере высшего образования позволило выявить основные направления деятельности высшего образования, связанных с разработкой и применением технологий ИИ. Можно отметить следующие основные направления внедрения ИИ в области высшего образования:

- разработка и реализация учебных программ по ИИ;
- организация научных разработок в области ИИ;
- разработки методов и средств ИИ для других отраслей экономики;
- подготовка преподавателей для подготовки кадров в сфере ИИ;
- использование технологий ИИ для управления образованием;
- использование технологий ИИ во внеучебной деятельности студентов;
- применение технологий ИИ для улучшения качества образования;
- использование технологий ИИ для повышения качества деятельности студентов.

Решение вышеотмеченных задач высшего образования путем внедрения технологий ИИ позволяет осуществить переход на новый этап развития образовательного процесса, т.е. реализовать смарт-образование (smart education). Смарт-образование на современном этапе позволяет по новому подойти к учебному процессу. Так называемая новая образовательная парадигма смарт-образования основывается на смарт-устройствах и интеллектуальных технологиях, которые приводят к созданию смарт-учебной среды.

Благодаря новым технологиям, смарт-учебная среда облегчает и вовлекает учащихся в интеллектуальное обучение, поддерживает различные интеллектуальные технологии и взаимодействует с системами обучения в любом месте и в любое время. Компонентами смарт-учебной среды являются: смарт-классы, смарт-кампусы, смарт-обучение, смарт-среда обучения, смарт-педагогика, смарт-аналитика обучения и т.д.

Для реализации смарт-учебной среды смарт-образования на практике используют такие инновационные технологии, как:

- VR/AR/ MR - виртуальная реальность/дополненная реальность/смешанная реальность;
- AI/ML/DL - искусственный интеллект/машинное обучение/глубокое обучение;
- STEM-образование;
- Большие данные;
- Технология 5G;
- Технология облачных вычислений;
- IoT – Интернет вещей;
- Технология блокчейн.

Другими словами, смарт-образование – это набор новых технологических решений, использующие смарт-технологии и технологии ИИ, а также ресурсы и услуги Интернет, высокоскоростные сотовые и беспроводные технологии для улучшения качества обучения, упрощения систему общения, доступности образования и т.д.

Наконец, следует отметить основные преимущества и недостатки применения ИИ в сфере образования. К преимуществам можно отнести следующие: возможность персонализации обучения и индивидуальных учебных программ, повышение вовлеченности, эффективности, качества образования, непрерывность (постоянная доступность) обучения, возможность интеллектуального анализа данных, преодоление языкового барьера (возможность перевода с любого языка на любой). К недостаткам относятся: недостаток человеческого взаимодействия, проблемы конфиденциальности, стоимость образования, возникновение технических проблем, зависимость от методов и средств ИИ, возникновение этических проблем и т.д. Однако следует отметить, что соблюдая правильный баланс между участием человека как ведущего и руководителя образовательного процесса и применением технологий ИИ, можно реализовать интеллектуальную среду обучения, максимально использующую преимущества обоих подходов.

Выводы

Проведя обзор существующих теоретических и исследовательских работ по проблематике разработки и применения методов, средств и технологий ИИ в сфере высшего образования, можно сделать вывод, что использование ИИ в рамках образовательной среды открывает принципиально новые возможности для качественного развития учебного процесса в целом, а также предоставляемых и получаемых услуг с точки зрения всех участников процесса. Ясно, что технологии ИИ выступают инструментом совершенствования методов и способов обучения, способствующих улучшению качества и ускорению учебно-педагогических и коммуникационных процессов. С уверенностью можно сказать, чем больше студенты и педагоги будут использовать и применять технологий ИИ в рамках образовательного процесса, тем больше новых и эффективных способов применения они смогут найти, существенно повысив качество, результативность, гибкость обучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шваб К. Четвертая промышленная революция / К. Шваб. – М: Изд-во «Эксмо», 2016, с. 229.
2. Another Perspective on AI in Higher Education. Available at: <https://www.tonybates.ca/2018/12/02/another-perspective-on-ai-in-higher-education/> (accessed: 15.11.2023).
3. Greene T. (2017) Google's AI guru predicts humans and machines will merge within 20 years//The Next Web.10.11.2017. <https://thenextweb.com/news/googles-ai-guru-predicts-humans-and-machines-will-merge-within-20-years> (дата обращения: 15.11.2023).
4. Bloom B.S. 1984. The 2 Sigma Problem: The search for methods of group instruction as effective as one-to-one tutoring. Educational Researcher, Vol. 13, no. 6, pp. 4-16.
5. Carbonell J.R. 1970. AI in CAI: An artificial-intelligence approach to computer-assisted instruction. IEEE Transactions on Man-Machine Systems, Vol. 11, No. 4, pp. 190-202.
6. Baker T., Smith L. and Anissa N. 2019. Education? Exploring the future of artificial intelligence in schools and colleges. London, NESTA. Доступно по ссылке: <https://www.nesta.org.uk/report/education-rebooted> (Дата обращения: 15.11.2023).
7. Китайгородский М.Д. Индустрия 4.0 и ее влияние на технологическое образование// Современные наукоемкие технологии. 2018. № 11–2, с. 290-294.
8. Котлярова И.О. Технологии искусственного интеллекта в образовании Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование. Педагогические науки». 2022. Т. 14, № 3, с. 69-82.
9. Славянов А.С. Технологии искусственного интеллекта в образовании как фактор повышения качества человеческого капитала / А.С. Славянов, С.С. Фешина // Экономика и бизнес: теория и практика. 2019, № 7, с. 156–159. DOI: 10.17308/meps.2022.2/2773.
10. Авершина М.В. Искусственный интеллект в современном образовании / М.В. Авершина // Академическая публицистика. 2021, с. 483-485.
11. Медведев А.В. Роль искусственного интеллекта в современной системе высшего образования / А.В. Медведев, Т.А.Головятенко, Л.С.Подымова // Выпускается 6 раз в год. Распространяется по подписке. 2022, с. 149-152.

**ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА
ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СМАРТ-УЧЕБНОЙ СРЕДЫ В СФЕРЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

Ж.С.Асанова, В.А.Касумов А.Н.Жакиш

Резюме. В статье рассматриваются и анализируются перспективы внедрения технологий искусственного интеллекта (ИИ) в сфере образования, в том числе высшего образования. Излагается актуальность исследования вопросов разработки и внедрения технологий ИИ в самых разных сферах жизнедеятельности, анализа этих технологий с различных точек зрения (социальной, экономической, этической, правовой). Это объясняется усилением внедрения технологий ИИ в различных отраслях экономики и необходимостью кадров, обладающих компетенциями по созданию и применению ИИ. Отмечается, что бурное развитие технологий ИИ оказывает значительное влияние на сферу образования, более актуальным становится вопрос внедрения этих технологий в подготовку будущих специалистов. Использование ИИ в рамках образовательной среды открывает принципиально новые возможности для качественного развития предоставляемых и получаемых услуг с точки зрения всех участников учебного процесса. Технологии ИИ, безусловно, выступают инструментом совершенствования методов и способов обучения, способствующих улучшению и ускорению учебно-педагогических и коммуникационных процессов.

Ключевые слова: *искусственный интеллект, смарт-образование, цифровое образование, смарт-учебная среда, машинное обучение.*

Accepted: 13.12.2023

MƏXFİ İNFORMASIYANIN ÖTÜRÜLMƏSİNDƏ İNFORMASIYA GİZLƏDİLMƏ METODU

Ababil Faxrəddin qızı Nağıyeva

Azərbaycan Texnologiya Universiteti, Bakı, Azərbaycan

THE METHOD OF HIDING INFORMATION IN THE TRANSMISSION OF CONFIDENTIAL INFORMATION

Ababil Fakhreddin Nagiyeva

Azerbaijan Technology University, Baku, Azerbaijan: ababil.nagiyeva@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3071-1105>

Abstract. Steganography, the most important area of secret information hiding, can be classified as hiding secret information inside an image. The purpose of steganography is to hide the presence of information. Confidential information requested to be sent is hidden in any other object, preventing third parties from knowing about the existence of the sent information. Steganography: it is applied in three fields namely text, image and voice steganography.

The article discusses the main concepts and provisions of steganography, examines the principles of building digital stego-systems, and proposes a new more effective algorithm based on the knowledge gained.

The main principles in the construction of steganographic systems are the visual indistinguishableness of stego-images and container images, as well as increasing the volume of hiding secret information bits and ensuring their integrity. Considering all this, the explanation of the proposed new algorithm, which includes these qualities, is given extensively in the article.

Keywords: Steganography, quorum function, secret information hiding.

© 2023 Azerbaijan Technical University. All rights reserved.

Giriş

Məlum olduğu kimi steqanoqrafiyanın əsas şərtlərindən biri odur ki, ilkin təsvir ilə içərisinə məxfi informasiya gizlədilmiş steqo-təsvir arasında vizual oxşarlıq maksimum olmalıdır. Lakin ilkin təsvir üzərində aparılan hər bir dəyişiklik onun vizual dəyişməsinə səbəb olur. Eyni zamanda ilkin təsvirin interpolyasiya edilərək konteyner təsvirinin yaradılması zamanı da ilkin təsvir üzərində aparılan əməliyyatlar onun müəyyən dərəcədə dəyişilməsinə səbəb olur [1,2,3]. Dəyişilmənin səbəbindən ilkin təsvir və steqo-təsvir arasında hesablanan PSNR qiymətləri aşağı olur. Steqo-təsvirdən məxfi informasiya çıxarıldıqdan sonra konteyner təsvirin yenidən bərpa olunması üzrə aparılan tədqiqatlar PSNR və daha çox məxfi informasiya gizlətmə qabiliyyəti baxımından bir-birindən fərqlənən bir çox işlərə həsr edilmişdir [4]. Bu bölmədə təklif etdiyimiz alqoritm mövcud oxşar alqoritmlər ilə müqayisədə yuxarıda qeyd olunan göstəricilər (PSNR və HC) üçün yaxşı nəticələr verir [5, s. 85-92].

Məxfi informasiyanı göndərən tərəf onu konteyner içərisinə gizlətmədən əvvəl AES alqoritm ilə şifrəleyir [6,7]. Şifrələnmiş məxfi informasiya bitləri kvorum funksiyası əsasında təklif edilən yeni alqoritm ilə konteyner təsvirinə gizlədilir və beləliklə steqo-təsvir yaranmış olur.

Məxfi informasiyanın steqo-təsvirdən çıxarılması prosesi isə gizlədilmə alqoritmının əksi olan alqoritmdən istifadə olunaraq həyata keçirilir [8, 9, 10].

Tədqiqatın məqsədi, məsələnin qoyuluşu

Təklif olunan alqoritm ilkin təsvirin vizual keyfiyyətinə təsir etmədən məxfi informasiyaların daxil edilməsini və ilkin təsvirin yenidən bərpa olunmasını təmin edir.

Aşağıda təqdim edilən bölmələrdə təklif olunan alqoritmın daha geniş izahı, yəni məxfi informasiyanın konteyner təsvirinə gizlədilməsi və yaradılmış steqo-təsvirdən məxfi informasiyanın çıxarılma prosesinin addımları göstərilmişdir.

İşlənilib təklif edilən 3-girişli kvorum funksiyası əsaslı informasiya gizlətmə alqoritmının steqo-hücumlara dayanıqlılığını, yəni təhlükəsizliyini təmin etmək məqsədi ilə məxfi informasiyanın şifrələnməsindən istifadə edilib. Şifrələnmə kriptografiyada özünə geniş yer tapmış AES şifrələmə standartı ilə aparılıb.

Məsələnin həlli üsulları

AES əsasında məxfi informasiyanı aşağıda göstərilən ardıcılıqla şifrləyirik:

Şifrləmə addımları.

Məxfi informasiya bitinin ilkin bloku $A(x)$ massivi şəkilində verilmişdir və $C(x)$ açar massivi var. Bu işdə 128 bit açarın istifadəsi kifayət edir. Bildiyimiz kimi 128 bit açar istifadə edilən zaman dövrlərin sayı 10 olur.

Addım 1. Açarın əlavə edilməsi. $A(x)$ massivi ilə $C(x)$ açar massivinin 2 moduluna görə cəmi (XOR) hesablanır.

$$A(x) = \begin{bmatrix} 32 & 88 & 31 & e0 \\ 43 & 5a & 31 & 37 \\ f6 & 30 & 98 & 07 \\ a8 & 8d & a2 & 34 \end{bmatrix} \quad C(x) = \begin{bmatrix} 26 & 28 & ab & 09 \\ 7e & ae & f7 & cf \\ 15 & d2 & 15 & 4f \\ 16 & a6 & 88 & 3c \end{bmatrix}$$

$$A(x) = A(x) \oplus C(x)$$

$$A(x) = \begin{bmatrix} 19 & a0 & 9a & e9 \\ 3d & f4 & c6 & f8 \\ 3e & e2 & 8d & 48 \\ be & 2b & 2a & 08 \end{bmatrix}$$

Addım 2. Baytların əvəz edilməsi. Əldə edilən $A(x)$ massivi baytların əvəz edilməsi prosesində istifadə edilir. Bunun üçün bizə S-bloku lazımdır. S-blokundakı elementlər ilə $A(x)$ massivinin elementləri əvəzlənir. S-bloku şəkil 1-də verilib.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	a	b	c	d	e	f
0	52	09	6a	d5	30	36	a5	38	bf	40	a3	9e	81	f3	d7	fb
1	7c	e3	39	82	9b	2f	ff	87	34	8e	43	44	c4	de	e9	cb
2	54	7b	94	32	a6	c2	23	3d	ee	4c	95	0b	42	fa	c3	4e
3	08	2e	a1	66	28	d9	24	b2	76	5b	a2	49	6d	8b	d1	25
4	72	f8	f6	64	86	68	98	16	d4	a4	5c	cc	5d	65	b6	92
5	6c	70	48	50	fd	ed	b9	da	5e	15	46	57	a7	8d	9d	84
6	90	d8	ab	00	8c	bc	d3	0a	f7	e4	58	05	b8	b3	45	06
7	d0	2c	1e	8f	ca	3f	0f	02	c1	af	bd	03	01	13	8a	6b
8	3a	91	11	41	4f	67	dc	ea	97	f2	cf	ce	f0	b4	e6	73
9	96	ac	74	22	e7	ad	35	85	e2	f9	37	e8	1c	75	df	6e
a	47	f1	1a	71	1d	29	c5	89	6f	b7	62	0e	aa	18	be	1b
b	fc	56	3e	4b	c6	d2	79	20	9a	db	c0	fe	78	cd	5a	f4
c	1f	dd	a8	33	88	07	c7	31	b1	12	10	59	27	80	ec	5f
d	60	51	7f	a9	19	b5	4a	0d	2d	e5	7a	9f	93	c9	9c	ef
e	a0	e0	3b	4d	ae	2a	f5	b0	c8	eb	bb	3c	83	53	99	61
f	17	2b	04	7e	ba	77	d6	26	e1	69	14	63	55	21	0c	7d

Şəkil 1. S-bloku

$A(x)$ massivinin birinci elementi 19-dur. Bu element S-blokunun 1-ci sətiri ilə 9-cu sütununun kəsişməsində duran elementlə əvəz edilir. Əvəz etmə prosesi bu şəkildə $A(x)$ massivinin bütün elementlərinə tətbiq olunur. Və növbəti addıma keçirilir.

Addım 3. Sətirlərin sürüşdürülməsi. $A(x)$ massivinin axırıncı üç sətiri müxtəlif sayda baytlarla dövrə sürüşdürülür. Sətr 1- C_1 bayt, sətr 2- C_2 bayt, sətr 3- C_3 bayt sürüşdürülür. C_1 C_2 C_3 sürüşmələrinin qiyməti blokun uzunluğu N_b -dən asılıdır. Onların qiyməti cədvəldə göstərilir.

Sətirlərin sürüşdürülməsi

N _b	C ₁	C ₂	C ₃
4	1	2	3
6	1	2	3
8	1	3	4

Axırıncı üç sətirin sürüşməsi əməliyyatı **ShiftRows (State)** kimi işarə edilir. Beləliklə $A(x)$ massivinin elementləri aşağıdakı kimi olacaq.

$$A(x) = \begin{bmatrix} d4 & e0 & b8 & 1e \\ bf & b4 & 41 & 27 \\ 5d & 52 & 11 & 98 \\ 30 & ae & f1 & e5 \end{bmatrix}$$

Sonra növbəti addıma keçirilir.

Addım 4. Sütunların qarışdırılması. Bu addımda $A(x)$ masivinin sütunlarına $GF(2^8)$ meydanı üzərindəki çoxhədlilər kimi baxılır. Çevirmə sütunun $x^4 + 1$ moduluna görə müəyyən edilmiş

$$c(x) = \{03\}x^3 + \{01\}x^2 + \{01\}x + \{02\}$$

çoxhədlisinə vurulmasından ibarətdir:

$$b(x) = c(x) \cdot a(x) \pmod{x^4 + 1} \quad (1)$$

Burada $c(x)$ çoxhədlisi $x^4 + 1$ ilə qarşılıqlı sadədir və buna görə vurmanın tərsi var. Tərs çevirmə $x^4 + 1$ moduluna görə $c(x)$ -in multiplikativ tərsi olan

$$d(x) = \{0B\}x^3 + \{0D\}x^2 + \{09\}x + \{0E\} \quad (2)$$

çoxhədlisinə vurmaqdan ibarətdir.

$A(x)$ massivini $C(x)$ massivi ilə 2 moduluna görə cəmini hesablayırıq. Hesablama zamanı $A(x)$ massivinin sütun elementləri ardıcıl olaraq $C(x)$ massivi ilə 2 moduluna görə cəmlənir .

$$A(x) = \begin{bmatrix} d4 & e0 & b8 & 1e \\ bf & b4 & 41 & 27 \\ 5d & 52 & 11 & 98 \\ 30 & ae & f1 & e5 \end{bmatrix}$$

⊕

$$B(x) = \begin{bmatrix} 02 & 03 & 01 & 01 \\ 01 & 02 & 03 & 01 \\ 01 & 01 & 02 & 03 \\ 03 & 01 & 01 & 02 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} d4 \\ bf \\ 5d \\ 30 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 04 \\ 66 \\ 81 \\ e5 \end{bmatrix}$$

$$C(x) = \begin{bmatrix} 02 & 03 & 01 & 01 \\ 01 & 02 & 03 & 01 \\ 01 & 01 & 02 & 03 \\ 03 & 01 & 01 & 02 \end{bmatrix}$$

Bu addımın nəticəsində $A(x)$ masivinin elementləri aşağıdakı kimi olacaq.

$$A(x) = \begin{bmatrix} 04 & e0 & 48 & 28 \\ 66 & cb & f8 & 06 \\ 81 & 19 & d3 & 26 \\ e5 & 9a & 7a & 4c \end{bmatrix}$$

Addım 5. Açarın dövrə əlavə edilməsi. Bildiyimiz kimi hər dövrdə açar hesablanaraq yeni qiymətlər alır. Dövrə açarın əlavə edilməsi ilə $A(x)$ state massivinin hər bir açar massivinin uyğun baytı ilə 2 moduluna görə bütün bitlərin toplanması ilə həyata keçirilir. Bu çevirmə öz özünün tərsidir. Açarın əlavə edilməsi prosesi aşağıdakı kimidir

$$A(x) = \begin{bmatrix} 04 & e0 & 48 & 28 \\ 66 & cb & f8 & 06 \\ 81 & 19 & d3 & 26 \\ e5 & 9a & 7a & 4c \end{bmatrix} \oplus \begin{bmatrix} a0 \\ fa \\ fe \\ 17 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a4 \\ 9c \\ 7f \\ 2f \end{bmatrix}$$

Beləliklə $A(x)$ massivinin elementlərinə açar əlavə edilir və aşağıdakı qiymətləri alır.

$$A(x) = \begin{bmatrix} a4 & 68 & 6b & 02 \\ 9c & 9f & 5b & 6a \\ 7f & 35 & ea & 50 \\ f2 & 2b & 43 & 49 \end{bmatrix}$$

Bu addımların dövrlərinin sayı 10-dur. Sonuncu dövrdə sütunların qarışdırılması prosesi olur.

Alınan nəticələrin tətbiqi

Yuxarıda göstərilən addımlar yerinə yetirilərək Rijindel alqoritmi vasitəsilə məxfi informasiya bitləri tam şifrlənir və növbəti başlıqda təqdim edilən alqoritm vasitəsilə konteyner təsviri içərisinə gizlədilir. Təklif olunan steqanoqrafik alqoritmin yerinə yetirilmə ardıcılığı aşağıdakı kimidir.

Məxfi informasiyanın konteyner təsvirinə gizlədilməsi:

Addım 1. Rijindel alqoritmindən istifadə edərək məxfi informasiya bitləri şifrlənir

$$B = b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$$

Addım 2. Konteyner təsvir 2x2 bloklara bölünür (Şəkil 2)

a_{11}	a_{12}
a_{21}	a_{22}

Şəkil 2. Konteyner təsvir

Addım 3. Ən aşağı dəyəri olan piksel digər 3 pikseldən çıxılır.

$$\begin{aligned} c_{12} &= a_{12} - \min \\ c_{21} &= a_{21} - \min \\ c_{22} &= a_{22} - \min \end{aligned} \quad (3)$$

Alqoritm də məxfi informasiyaların daxil edilməsi və çıxarılması üçün 3 girişli kvorum funksiyasından istifadə edirik. Kvorum funksiyası (QF), Bul cəbrində, heş funksiyasında və s. geniş istifadə olunur. Kvorum funksiyası aşağıdakı kimi verilir [1].

$$QF(x_1, x_2, \dots, x_n) = \begin{cases} 1, & \sum_{i=1}^n x_i \geq \frac{n}{2}, \\ 0 \end{cases} \quad (4)$$

Konteyner təsvirin c_{12}, c_{21}, c_{22} piksellərinin son 3 ən az əhəmiyyətli bitində məxfi informasiyaların yerləşdirilməsi üçün kvorum funksiyasından istifadə edilmişdir. Bunun üçün (5) düsturu ilə üç girişli kvorum funksiyasını (3QF) istifadə etmək mümkündür.

$$3QF(x_1, x_2, x_3) = (x_1 \wedge x_2) \oplus (x_1 \wedge x_3) \oplus (x_2 \wedge x_3) \quad (5)$$

burada $3QF(x_1, x_2, x_3)$ kvorum funksiyasının giriş qiymətləridir. Giriş qiymətləri kimi konteyner təsvirin müvafiq piksellərinin son 3 ən az əhəmiyyətli biti istifadə olunur. Məlumdur ki, bu qiymətlər 0 və yaxud 1 ola bilər. Əgər funksiyanın giriş qiymətləri 1-ə bərabər olarsa onda kvorum funksiyasının çıxış qiyməti də 1-ə bərabər olur. Əgər giriş qiyməti 0-a bərabər olarsa, kvorum funksiyasının çıxış qiyməti 0-a bərabər olacaqdır. Üç girişli kvorum funksiyasından (3QF) istifadə edərək məxfi informasiyanın gizlədilməsi proseduru aşağıda ətraflı təsvir edilmişdir.

Fərz edək ki, məxfi informasiya bitləri $B=101111001110$ verilmişdir. Məxfi informasiyanın birinci biti $B(1)=1$ bərabərdir. Fərz edək ki, konteyner təsvirin müvafiq pikselinin qiyməti $(125=(1111101))$ -dir və burada son 3 bitin qiyməti (101) -dir. 3 girişli kvorum funksiyasının qiymətləri [1]-də verilmişdir. Qiymətlər cədvəlinə əsasən tapırıq ki, giriş qiyməti 101 olarsa onda $3QF=1$ bərabər olur. Belə olan halda konteyner pikselinin qiymətini dəyişmədən steqo-təsvir pikseli kimi qəbul edirik. Bu zaman steqo-təsviri qəbul edən şəxs pikselin son 3 qiymətinin kvorum funksiyasına əsasən 1-ə bərabər olduğunu tapır ki, bu da məxfi informasiya biti ilə üst-üstə düşür.

Əks halda, yəni 3QF çıxış qiyməti ilə məxfi bitin qiymətləri arasında bərabərsizlik olarsa, məxfi bitlərin qiymətinə uyğun gələn 3QF-nin məqbul çıxış qiyməti (2) tənliyi ilə müəyyən edilir və müəyyən edilən bitlər konteyner təsvirin müvafiq pikselinin son 3 bitləri ilə əvəz edilir.

Birinci bloka məxfi informasiya bitlərinin bir qismi gizlədildikdən sonra alqoritm növbəti bloku seçir və yuxarıda qeyd olunan prosedur və müvafiq bit mübadiləsi əməliyyatı başa çatdıqdan sonra blokların piksellərinə minimum piksel əlavə edilir.

Məxfi informasiyanın steqo-təsvirdən çıxarılması prosesi

Addım 1. Steqo-təsvir 2×2 bloklara bölünür (Şəkil 3).

S_{11}	S_{12}
S_{21}	S_{22}

Şəkil 3. Steqo-təsvir bloku

Stego-təsvirin hər blokunda birinci pikseldə heç bir məxfi informasiya biti gizlədilməmişdir. Məxfi informasiya bitləri digər üç pikselə gizlədilmişdir.

Addım 2. Digər üç pikseldən minimum piksellər çıxarılır.

$$\begin{aligned} s'_{12} &= s_{12} - \min \\ s'_{21} &= s_{21} - \min \\ s'_{22} &= s_{22} - \min \end{aligned} \quad (6)$$

Addım 3. Fərq qiymətləri s'_{ij} ikilik say sisteminə çevrilir və onların son 3 biti 3QF-ə funksiyasına əsasən hesablanır (6). Beləliklə, məxfi informasiya bitlərini çıxarmaq mümkün olur .

Nəticə

Məqalədə Kvorum funksiyası əsasında yeni məxfi informasiya gizlədilmə alqoritmi işlənilib. Məqalədə məxfi informasiyanın konteyner təsvirinə gizlədilmə və stego - təsvirdən çıxarılma prosedurlarının rəqəmsal nümunələri verilib. Nümunələrdən məlum olur ki, təklif edilən alqoritmlərdə mürəkkəb hesablamalar olmadığı üçün sadə, istifadəsi isə rahatdır. Bu da həmin alqoritmlərin realizəsi üçün az vaxtın tələb olunmasını göstərir. Təqdim edilən alqoritmə heç bir pozuntu və maneə olmadan məxfi informasiya bitlərini rəqəmsal təsvirdə gizlədilməsini və çıxarılmasını təmin etməklə yanaşı stego-hücumlara qarşı dayanıqlı olması üçün də işlər aparılıb. Bu da məxfi informasiyaların icazəsi olmayan şəxslər tərəfindən ələ keçirilməməsini təmin edir.

ƏDƏBİYYAT

1. Govind S. P., Bindiya M. V., Judy M.V. A high imperceptible data hiding technique using quorum function. Multimedia tools and applications, 2021. № 80, pp. 527 – 545.
2. Ahmad A.M., Al-Haj A., Farfoura M. An improved capacity data hidin technique based on image interpolation. Multimedia Tools and Applications, 2019, № 78, p.7181-7205.
3. Chen Y., Sun W., Li L. Chang X., Wang C. An efficient general data hiding scheme based on image interpolation. Journal of Information Security and Applications, 2020. № 54, p.271–350.
4. Chin Y., Shen H., Cheonshik K. Improving stego image quality in image interpolation based data hiding. Computer Standards & Interfaces, 2017. № 10, p. 209-215.
5. Шелухин О.И., Канаев. С.Д. Steganography. Москва, “Горячая линия – Телеком”, 2017, 582 с.
6. Нагиева, А.Ф., Вердиев, С.К., Гусейнов, З.Н. Симметричное (одноключевое) шифрование данных при защите информации в компьютерных сетях. Технические науки в России и за рубежом: материалы VII Международная научная конференция. Москва, Молодой ученый, 31 ноябрь, 2017, с. 5-7.
7. Нагиева А.Ф., Вердиев С.К. О возможностях использования стандарта AES в Корпоративных сетях для защиты информации. Инфокоммуникационные технологии, 2017, № 4, с. 6-9.
8. Hu J., Li T. Reversible steganography using extended image interpolation technique. Computer Electric Engineering, 2015, № 46, p. 447–455.
9. Hussain M., Wahab A., Jung K., Noman J. Recursive information hiding scheme through LSB, PVD shift, and MPE. IETE Technical Review, 2017, № 35, p.53–63.
10. Jana B. Giri D. Mondal S.K. Weighted Matrix based Reversible Data Hiding Scheme using Image Interpolation. Computational Intelligence in Data Mining, 2015, №2, p. 239-248.

MƏXFİ İNFORMASIYANIN ÖTÜRÜLMƏSİNDƏ İNFORMASIYA GİZLƏDİLMƏ METODU

A.F.Nağiyeva

Xülasə. Məxfi informasiyanın gizlədilməsinin ən vacib sahəsi olan steqanoqrafiya, bir təsvirin içərisinə məxfi informasiyanın gizlədilməsi kimi təsnif oluna bilər. Steqanoqrafiyanın məqsədi məlumatın varlığının gizlədilməsidir. Göndərilməsi tələb olunan məxfi informasiya hər hansı bir başqa obyektə gizlədilərək üçüncü şəxslərin göndərilən informasiyanın varlığından xəbəri olmasını əngəlləyir. Steqanoqrafiya: mətn, təsvir və səs steqanoqrafiyası olmaq üzrə üç sahədə tətbiq edilir.

Məqalədə steqanoqrafiyanın əsas anlayışları və müddəalarının müzakirələri, rəqəmsal steqo-sistemlərin qurulması prinsiplərinin araşdırılması nəticəsində və əldə edilən biliklər əsasında yeni daha effektiv alqoritm təklif olunur.

Steqanoqrafik sistemlərin qurulmasında əsas prinsiplər steqo-təsvirlərin və konteyner təsvirlərin vizual olaraq fərqlənə bilməməsi, həmçinin məxfi informasiya bitlərinin gizlədilməsi həcmnin artırılması və bütövlüyünün təmin olunmasıdır. Bütün bunlar nəzərə alınaraq bu keyfiyyətləri özündə birləşdirən, təklif edilən yeni alqoritmin izahı məqalədə geniş verilmişdir.

Açar sözlər: *Steqanoqrafiya, kvorum funksiyası, məxfi informasiyanın gizlədilməsi.*

Accepted: 30.11.2023

BİS-(TSİKLOPENTADIENİLDİKARBONİLDƏMİR(I)) KOMPLEKSİNİN METİL HOMOLOQLARININ SİNTEZİ, İQ- VƏ ¹H NMR-SPEKTROSKOPİYA ÜSULLARI İLƏ TƏDQIQI

Nigar Ziya qızı İbrahimova, Gülanə Natiq qızı Şükürlü,
Qəzənfər Müzəffər oğlu Cəfərov, İltifat Urşan oğlu Lətifov
Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi akademik M.F.Nağıyev adına
Kataliz və Qeyri-üzvi kimya İnstitutu, Bakı, Azərbaycan

SYNTHESIS OF METHYL HOMOLOGUES OF BIS-(CYCLOPENTADIENYL-DICARBONYL IRON (I)) COMPLEX, STUDY BY IR- AND ¹H NMR SPECTROSCOPY METHODS

Nigar Ziya Ibrahimova, Gulana Natiq Shukurly, Gazanfar Muzaffar Jafarov, İltifat Urshan Lyatifov
Acad. M. Nagiyev Institute of Catalysis and Inorganic Chemistry Ministry of Science and Education
of the Republic of Azerbaijan, Bakı, Azerbaijan: nigar-ibrahimova93@mail.ru, gulanesukurly020@gmail.com,
jqazanfar@mail.ru, iltifatl@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3721-0039>, <https://orcid.org/0009-0008-0086-477X>
<https://orcid.org/0000-0002-3983-1018>, <https://orcid.org/0000-0002-1341-9404>

Abstract. Three dimer complexes of iron $[Me_nC_5H_{5-n}Fe(CO)_2]_2$ ($n = 2, 3, 5$) were obtained from the interaction of methyl homologues of cyclopentadiene (1,3-dimethyl-, 1,2,4-trimethyl- and 1,2,3,4,5-pentamethylcyclopentadien) with iron pentacarbonyl. The complexes were characterized by melting temperatures, infrared (IR) and proton magnetic resonance (¹H NMR) spectra. It was determined that despite the monotonous increase in the melting temperature of the complexes in the $[C_5H_5Fe(CO)_2]_2 \rightarrow [Me_2C_5H_3Fe(CO)_2]_2 \rightarrow [Me_3C_5H_2Fe(CO)_2]_2 \rightarrow [Me_5C_5Fe(CO)_2]_2$ sequence, the complexes with 2 and 3 methyl groups in the ring ($n = 2, 3$) undergo severe thermal decomposition during melting. The investigation (analysis) of the reasons for the change in the frequencies of the valence vibration of the C≡O bond in the indicated order allowed to associate the observed thermal behavior of the complexes with the steric and electronic interactions between the methyl and carbonyl groups. The obtained results suggest that among the four studied complexes, the complexes with two and three methyl groups in the cyclopentadienyl ring ($[Me_2C_5H_3Fe(CO)_2]_2$, $[Me_3C_5H_2Fe(CO)_2]_2$) are more promising as precursors in the synthesis of carbon nanotubes.

Keywords: bis-(cyclopentadienyldicarbonyliron(I)), thermal stability, steric and electronic interaction, frequencies of the valence vibration

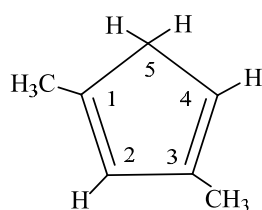
© 2023 Azerbaijan Technical University. All rights reserved.

Giriş

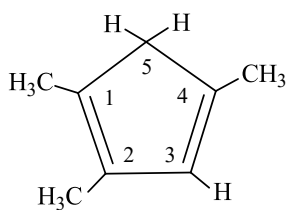
Keçid metalların alkilsiklopentadienilkarbonil dimer kompleksləri üzvi birləşmələrin termiki pirolizi ilə karbon nanoboruların (KN) sintezində prekursor kimi tətbiq və tədqiq olunur [1,2]. Bu tip komplekslərə maraq həmçinin metal-tsiklopentadienil halqası və metal-karbonil qrupları arasındakı kimyəvi rəhbərliyin xüsusiyyətlərinin və molekul daxili sterik qarşılıqlı təsirin araşdırılması ilə də əlaqədardır [3, 4].

KN-ın maddənin buxarının termiki parçalanması yolu ilə alınmasını nəzərə alaraq tədqiqatda nisbətən asan parçalanan komplekslərin sintezi və tədqiqi nəzərdə tutulmuşdur. Bu məqsədlə biz tərkibində iki metal atomu və karbonil qrupları, həmçinin halqasında çox sayda metil qrupu olan dimer komplekslərin alınmasını qarşımıza qoyduq. Konkret olaraq metal atomu kimi dəmir atomundan, tsiklopentadienil liqandı kimi 1,3-dimetil-, 1,2,4-tetrametil- və 1,2,3,4,5-pentametiltsiklopentadienil liqandlarından istifadə edilməsini məqsəduyğun hesab etdik. Fikrimizcə, molekulda zəif bir qat M–M rəhbərliyinin və böyük həcmə malik alkilsiklopentadienil liqandının olması, həmçinin parçalanma zamanı çox sayda qazvari CO molekullarının əmələgəlməsi KN-ın alınmasında dəmirin metiltsiklopentadienildikarbonil dimer komplekslərinin prekursor funksiyalarını yerinə yetirməsinə şərait yarada bilər.

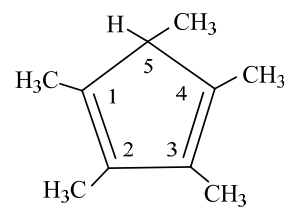
Aşağıda 1,3-dimetil-, 1,2,4-trimetil- və 1,2,3,4,5-pentametiltsiklopentadien liqandlarının, həmçinin alınması nəzərdə tutulan son məhsullardan – $[Me_nC_5H_{5-n}Fe(CO)_2]_2$ ($n=2, 3, 5$) komplekslərindən birinin ($n=3$) quruluşu sxematik şəkildə göstərilmişdir:



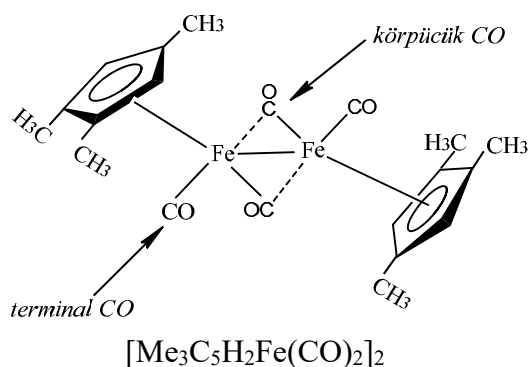
1,3-dimetilsiklopentadien
1,3-Me₂C₅H₄



1,2,4-trimetilsiklopentadien
1,2,4-Me₃C₅H₃



1,2,3,4,5-pentametilsiklopentadien
1,2,3,4,5-Me₅C₅H



Bis-(1,3-dimetilsiklopentadienildikarbonildəmir(I)), bis-(1,2,4-tetrametilsiklopentadienildikarbonildəmir(I)) və bis-(pentametilsiklopentadienildikarbonildəmir(I)) komplekslərinin alınması, İQ- (CO diapazonu) və ¹H NMR-spektroskopiya üsulları ilə tədqiqinin nəticələri ilə tanış olaq.

Təcrübi hissə

1,3-dimetilsiklopentadien və 1,2,4-trimetilsiklopentadien dimetilviniletinilkarbinoldan, 1,2,3,4,5-pentametilsiklopentadien isə dietilketondan istifadə edilməklə sintez olunmuşdur [5, s. 48].

Dəmirin dimer kompleksləri müvafiq metilsiklopentadienlərin (Me_nC₅H_{6-n}, n=2, 3, 5) arqon mühitində dəmir pentakarbonillə [Fe(CO)₅] qarşılıqlı təsirindən alınmışdır [6, s. 1983-1984.]:



Liqandın tərkibindəki Me qrupunun sayından asılı olaraq, reaksiya 8–12 saat ərzində başa çatır. Reaksiyanın gedişinə İQ-spektroskopik üsulla nəzarət edilir. Belə ki, reaksiyanın sonunda ilkin dəmir-pentakarbonilin xarakterik udma zolaqları (təxminən 2020 və 2000 sm⁻¹ ətrafında [7]) yox olur və spektrdə onların əvəzinə dəmirin dimer komplekslərinə xarakterik olan [8] udma zolaqlar (1995–1930, 1780–1760 sm⁻¹ diapazonunda; cədvəl) müşahidə edilir. Tədqiqatda dimer komplekslərin çıxımına təsir edən amillərin (temperatur, həlledicinin təbiəti, reaksiya müddəti və s. rolu müəyyən edilmiş, alınmış komplekslər ([Me_nC₅H_{5-n}Fe(CO)₂]₂ n = 2, 3, 5) ərimə temperaturu (n=2, 3 olduqda ərimə prosesi zamanı maddənin nəzərəçarpacaq dərəcədə parçalanması da baş verir), İQ (CO diapazonu)- və ¹H NMR-spektroskopiya üsulları ilə xarakterizə olunmuşdur (cədvəl).

Nəticələrin müzakirəsi

Cədvəldən görünür ki, dəmirin yuxarıda sadalanan metilsiklopentadienildikarbonil dimer komplekslərinin İQ-spektrində terminal karbonil qrupların C≡O valent rəqslərinin tezliyi 1995–1930 sm⁻¹, körpücük tipli karbonil qrupların valent rəqslərinin tezliyi isə 1780–1760 sm⁻¹ intervalında

müşahidə olunur [3, 8]. Karbon-monooksid qazının, yəni metal atomu ilə koordinasiya olunmamış sərbəst karbonil qrupun $C\equiv O$ valent rəqsinin tezliyi 2143 sm^{-1} -də müşahidə edilir [7] (cədvəl). Deməli, bizim komplekslərdə koordinə olunmuş terminal CO liqandın valent rəqslərinin udma zolaqları ($1995\text{--}1930\text{ sm}^{-1}$) İQ-spektrdə sərbəst CO-nun udma zolağından (2143 sm^{-1}) təxminən $150\text{--}200\text{ sm}^{-1}$ qipsoxrom sürüşməyə məruz qalmışdır. Qeyd etmək lazımdır ki, bu hadisənin səbəbi M–CO rabitəsində metal atomu kimi məhz dəmir atomunun iştirakı ilə əlaqəli deyil. Metalkarbonil komplekslərin İQ spektrində qipsoxrom sürüşmə M–CO fraqmentində istənilən keçid metal atomu olduqda da müşahidə olunur [9, 10]. Ona görə aşağıda verilən bu hadisənin izahında dəmir atomu əvəzinə keçid metal (KM) atomu anlayışından istifadə edilməsi daha məqsədəuyğundur.

Sintez olunmuş komplekslərin ($[Me_nC_5H_{5-n}Fe(CO)_2]_2$ $n = 2, 3, 5$) ərimə temperaturları ($t_{er.}$), həmçinin İQ- və 1H NMR-spektrlərindən əldə olunmuş parametrlər (müqayisə üçün karbon-monooksid və $[C_5H_5Fe(CO)_2]_2$ kompleksinə dair müvafiq parametrlər də verilmişdir)

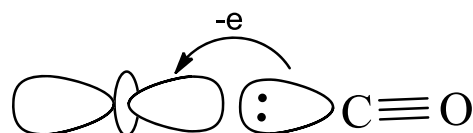
Birləşmə	Terminal və körpücük CO qruplarının İQ-spektrdə valent rəqslərinin tezliyinin qiymətləri		1H NMR-spektrdə kimyəvi sürüşmənin (δ) qiymətləri		
	$\nu(C\equiv O); \text{sm}^{-1}$	$\nu(>C=O); \text{sm}^{-1}$	$\delta H(Cp); m.h.$		$\delta H(CH_3); m.h.$
$[C_5H_5Fe(CO)_2]_2$ $t_{er.}=194^\circ C$ (zəif parç.ilə)	2006; 1961.5	1794	4.70		–
$[Me_2C_5H_3Fe(CO)_2]_2$ $t_{er.}=211^\circ C$ (şiddətli parç.ilə)	1995; 1950	1780	4.37	4.26	1.96
$[Me_3C_5H_2Fe(CO)_2]_2$ $t_{er.}=226^\circ C$ (şiddətli parç.ilə)	1990; 1944	1775	4.10		1.87 1.83
$[Me_5C_5Fe(CO)_2]_2$ $t_{er.}\approx 279^\circ C$ (çox zəif parç.ilə)	1930	1760	–		1.69
Karbon-monooksid, CO [7]	2143	–	–		–

İQ-spektr (heksanda) Nicolet IS10 cihazında çəkilmişdir.

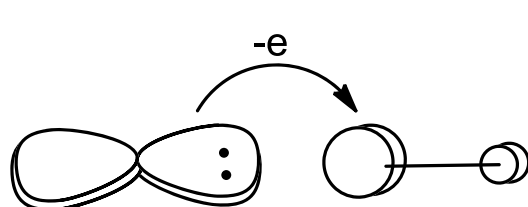
1H NMR spektrlər Bruker-300 Mhz spektrometrində və deyterxloroformda ($CDCl_3$) çəkilmişdir. Daxili etalon kimi tetrametilsilandan ($Si(CH_3)_4$) istifadə edilmişdir.

Yuxarıda qeyd edilən qipsoxrom sürüşmənin səbəbi KM atomu və CO qrupu arasında yaranmış KM–CO rabitəsinin σ -rabitə ilə yanaşı, həm də π -rabitədən təşkil olunması ilə əlaqədardır [5, s. 140–142], [9,10]. Belə ki, σ -rabitə CO qrupunun 2 elektrona malik sp-hibrid orbitalının metal atomunun boş (vakant) d_{z^2} -orbitalı ilə σ -qapanması nəticəsində əmələ gəlir (şəkil sxem a). σ -qapanma nəticəsində elektron sıxlığı CO qrupundan M atomu istiqamətində sürüşür və metal atomu nüvəsinin effektiv yükünün azalmasına səbəb olur. Nüvənin effektiv yükünün azalması öz növbəsində metal atomunun d_{xy} və $d_{x^2-y^2}$ elektron sıxlığının karbonil qrupunun akseptor xassəli vakant boşaldıcı π^* -orbitalları istiqamətində ($M(d)\rightarrow\pi^*CO$) yerdəyişməsinə (şəkil sxem b), başqa sözlə, keçid metal atomu və CO qrupu arasında π -rabitənin əmələgəlməsinə imkan yaradır. π -rabitənin yaranması üçqat $C\equiv O$ rabitəsinin tərtibinin bir qədər azalmasına səbəb olur, çünki yerdəyişmədə iştirak edən metalın d-elektron sıxlığı CO-nun boşaldıcı π^* -orbitallarında yerləşir. Ona görə üçqat $C\equiv O$ rabitəsinin zəifləməsi cədvəldə göstərilən kimi $C\equiv O$ valent rəqslərinin tezliyinin azalmasına səbəb olur.

Beləliklə, $[Me_nC_5H_{5-n}Fe(CO)_2]_2$ ($n = 2, 3, 5$) komplekslərin İQ-spektrlərində udma zolaqlarının sərbəst karbonil (CO) liqandının udma zolağından $150\text{--}200\text{ sm}^{-1}$ civarında qipsoxrom sürüşməsi bu komplekslərin tərkibindəki üçqat $C\equiv O$ rabitəsinin tərtibinin azalması ilə əlaqədardır.

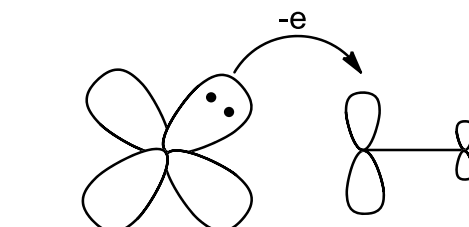


Metallın d_z^2 orbitalı CO qrupunun sp-hibrid orbitalı
KM-CO rabitəsinin σ -komponenti $[(M)d_z^2 \leftarrow sp(CO)]$



Metallın d_{xy} orbitalı

CO qrupunun π^* -orbitalı



metallın $d_{x^2-y^2}$ orbitalı

CO qrupunun π^* -orbitalı

KM-CO rabitəsinin π -komponenti $[(M)d \rightarrow \pi^*(CO)]$

Metall-CO rabitəsinin (a) σ - və (b) π -komponentlərinin əmələgəlmə sxemləri

Cədvəldən görünür ki, $C \equiv O$ valent rəqslərin tezliyinin azalması həmçinin $[C_5H_5Fe(CO)_2]_2$ (2006 sm^{-1}) \rightarrow $[Me_2C_5H_3Fe(CO)_2]_2$ (1995 sm^{-1}) \rightarrow $[Me_3C_5H_2Fe(CO)_2]_2$ (1990 sm^{-1}) \rightarrow $[Me_5C_5Fe(CO)_2]_2$ (1930 sm^{-1}) sırası üzrə də baş verir. Mahiyyətə bu azalmanın da səbəbi eynidir – dəmirin dolmuş d_{xy} və $d_{x^2-y^2}$ orbitallarında yerləşmiş elektronların CO qrupunun akseptor xassəli vakant boşaldıcı π^* -orbitalları istiqamətində qismən sürüşməsi ilə əlaqədardır. $C \equiv O$ valent rəqslərin tezliyinin qiymətlərindən ($2006 \rightarrow 1995 \rightarrow 1990 \rightarrow 1930 \text{ sm}^{-1}$) görünür ki, elektron sıxlığının qismən sürüşməsi yuxarıda göstərilən sırada ($n = 0 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 5$) ardıcıl şəkildə davam edir (artır). Başqa sözlə, İQ-spektroskopiya üsulu ilə əldə etdiyimiz nəticələr araşdırılan komplekslərin $n = 0 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 5$ ardıcılığında Fe-CO rabitənin π -komponentinin get-gedə güclənməsini göstərir. Fe-CO rabitənin π -komponentinin get-gedə güclənməsinin səbəbini belə təsəvvür edirik.

Araşdırılan komplekslərin $n = 0 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 5$ ardıcılığında molekulda elektrodonor xassəli metil qruplarının sayı ($2n$) artır ($0 \rightarrow 4 \rightarrow 6 \rightarrow 10$). Bunun nəticəsində dəmir atomun nüvəsinin müsbət effektiv yükü get-gedə azalır. Nüvənin effektiv yükünün $[C_5H_5Fe(CO)_2]_2 \rightarrow [Me_2C_5H_3Fe(CO)_2]_2 \rightarrow [Me_3C_5H_2Fe(CO)_2]_2 \rightarrow [Me_5C_5Fe(CO)_2]_2$ sırası üzrə azalması dəmir atomunun d-elektron sıxlığının karbonil qrupunun akseptor xassəli boşaldıcı π^* -orbitalları istiqamətində (Fe(d) \rightarrow π^*CO) get-gedə daha çox dərəcədə yerdəyişməsinə imkan verir. Bu da üçqat $C \equiv O$ rabitəsinin tərtibinin get-gedə azalmasına səbəb olur. Üçqat $C \equiv O$ rabitəsinin zəifləməsi isə $C \equiv O$ valent rəqslərinin tezliyinin azalmasında öz əksinin tapır: $2006 \rightarrow 1995 \rightarrow 1990 \rightarrow 1930 \text{ sm}^{-1}$.

Beləliklə, $[Me_nC_5H_{5-n}Fe(CO)_2]_2$ ($n = 0, 2, 3, 5$) kompleksləri üzrə aparılan araşdırmadan belə nəticə çıxarıyıq ki, komplekslərin $n = 0 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 5$ ardıcılığında Fe-CO rabitəsində π -komponentinin tərtibi get-gedə artır, $C \equiv O$ rabitəsinin tərtibi isə get-gedə azalır. Başqa sözlə, n -nin qiyməti artdıqca bu sırada Fe-CO rabitəsinin möhkəmliyi artır.

Bu nəticənin araşdırılan komplekslərin termiki parçalanması ilə əlaqələndirməzdən əvvəl qeyd etmək lazımdır ki, n -nin qiyməti artdıqca sistemdə sterik gərginlik də artır, çünki tsiklopentadienil halqasında yerləşmiş H atomlarını ardıcıl olaraq daha çox sayda və böyük həcmli metil qrupları ilə əvəz etdikdə bu qruplarla CO liqandları arasında yaranan fəza (sterik) qarşılıqlı təsir get-gedə artır. Bu da qızdırıldıqda komplekslərin daha asan parçalanmasına şərait yaratmalıdır. Deməli, bizim araşdırdığımız komplekslərdə n -nin qiyməti artdıqca metil qruplarının elektrodonor xassələri hesabına kompleksin davamlılığı artır (Fe-CO rabitəsinin möhkəmlənməsi nəticəsində), metil qrupların CO liqandları ilə sterik qarşılıqlı təsirin artması nəticəsində isə kompleksin davamlılığı azalır. Hər bir kompleksin

davamlılığında bu iki amildən hansının mühüm rol oynadığını təcrübədən əldə etmək olar. Cədvəldən görünür ki, n artdıqca komplekslərin davamlılığı artır, çünki bu istiqamətdə maddələrin ərimə temperaturları artır: $194^{\circ}\text{C} \rightarrow 22^{\circ}\text{C} \rightarrow 226^{\circ}\text{C} \rightarrow \approx 280^{\circ}\text{C}$. Lakin ərimə zamanı şiddətli parçalanma $[\text{Me}_2\text{C}_5\text{H}_3\text{Fe}(\text{CO})_2]_2$ və $[\text{Me}_3\text{C}_5\text{H}_2\text{Fe}(\text{CO})_2]_2$ kompleksləri misalında müşahidə olunur. Bu da o deməkdir ki, bu iki kompleksdə metil qruplarının CO liqandları ilə sterik qarşılıqlı təsiri CO liqandlarının sistemdən ayrılmasını asanlaşdıraraq özünü bürüzə verir. Halqanın hidrogen atomları metil qrupları ilə tam əvəz olunmuş $[\text{Me}_5\text{C}_5\text{Fe}(\text{CO})_2]_2$ kompleksində 10 ədəd Me qrupunun Fe–CO rabitəsinə göstərdiyi elektron təsiri metil qruplarının sistemdə yaratdıqları sterik qarşılıqlı təsirindən daha üstündür. Ona görə məhz $[\text{Me}_5\text{C}_5\text{Fe}(\text{CO})_2]_2$ kompleksi araşdırılan komplekslərdən ən davamlısıdır və onun daha yüksək temperaturda əriməsi zamanı parçalanması cüzi dərəcədə baş verir.

Bu fakt ona dəlalət edir ki, tərkibində, iki ədəd körpücük karbonil qrupları vasitəsilə birləşmiş M–M fraqmenti olan tsiklopentadienilkarbonil dimer komplekslərinin davamlılığı metil qruplarının sistemdə yaratdığı sterik gərginliklə bilavasitə müəyyən edilmir. Belə hallarda həm də elektron amilinin təsiri nəticəsində M–CO rabitəsinin davamlılığının dəyişməsinə də nəzərə almaq lazımdır.

Qeyd etmək lazımdır ki, M–C(CO) və C≡O rabitələrin tərtibinin dəyişməsi onların uzunluqlarında da öz əksini tapmalıdır [5, s.137-139], [7,9,10]. Araşdırılan komplekslərdə bu əlaqənin olduğunu təsdiqləmək, həmçinin metal-tsiklopentadienil halqası və metal-karbonil qrupları arasındakı kimyəvi rabitələrin xüsusiyyətlərinin və molekul daxili sterik gərginliyinin qeyri-valent rabitələrin uzunluqları əsasında araşdırılması məqsədilə hazırda $[\text{Me}_2\text{C}_5\text{H}_3\text{Fe}(\text{CO})_2]_2$ və $[\text{Me}_3\text{C}_5\text{H}_2\text{Fe}(\text{CO})_2]_2$ komplekslərin monokristalları yetişdirilmiş və rentgenquruluş analiz usulu ilə tədqiqi həyata keçirilir.

Nəticə

1. Karbon nanoboruların sintezində prekursor kimi tədqiqi nəzərdə tutulmuş 3 dimer kompleks – $[\text{Me}_n\text{C}_5\text{H}_{5-n}\text{Fe}(\text{CO})_2]_2$ ($n = 2, 3, 5$) sintez edilmiş, onların fiziki-kimyəvi xüsusiyyətləri müəyyən olunmuş və bu xüsusiyyətlər komplekslərin molekulyar və elektron quruluşları ilə əlaqələndirilmişdir.

2. İQ-spektroskopiya üsulu ilə göstərilmişdir ki, $[\text{Me}_n\text{C}_5\text{H}_{5-n}\text{Fe}(\text{CO})_2]_2$ ($n = 2, 3, 5$) komplekslərin $[\text{Me}_2\text{C}_5\text{H}_3\text{Fe}(\text{CO})_2]_2 \rightarrow [\text{Me}_3\text{C}_5\text{H}_2\text{Fe}(\text{CO})_2]_2 \rightarrow [\text{Me}_5\text{C}_5\text{Fe}(\text{CO})_2]_2$ ardıcılığında elektrodonor xassəli metil qruplarının sayının artması nəticəsində Fe–CO rabitəsinin π -komponenti get-gedə möhkəmlənir. Digər tərəfdən, göstərilən ardıcılıqda halqadakı metil qruplarının sayının artması molekulda daha gərgin sterik qarşılıqlı təsirin yaranmasına səbəb olur. Sadalanan 2 amilin (elektron və sterik) kompleksin davamlılığına əks istiqamətdə təsir etməsinə baxmayaraq sonuncu $[\text{Me}_5\text{C}_5\text{Fe}(\text{CO})_2]_2$ kompleksində elektron amilin rolu müəyyənedicidir: $[\text{Me}_2\text{C}_5\text{H}_3\text{Fe}(\text{CO})_2]_2$ və $[\text{Me}_3\text{C}_5\text{H}_2\text{Fe}(\text{CO})_2]_2$ komplekslərdən fərqli olaraq $[\text{Me}_5\text{C}_5\text{Fe}(\text{CO})_2]_2$ kompleksi daha yüksək temperaturda və parçalanmaya uğramadan əriyir.

ƏDƏBİYYAT

- Harris J.D., Raffaele R.P., Gennett T. Growth of multi-walled carbon nanotubes by injection CVD using cyclopentadienyliron dicarbonyl dimer and cyclooctatetraene iron tricarbonyl. *Materials Science and Engineering B*, 2005, V. 116, p. 369-374.
- Andrew M.Z., Nathanael D.C., Shawn M.H. Cyclopentadienyliron dicarbonyl dimer carbon nanotube synthesis. *Journal of Vacuum Science & Technology B*, 2015, V. 33 (1), p. 011204.
- Clark T.J., Christopher T.J., Luthra S. Synthesis and properties of sterically congested cyclopentadienes and their transition metal complexes. *Journal of Organometallic Chemistry*, 1993, V. 462, p. 247-257.
- Jay A. Labinger. Does Cyclopentadienyl Iron Dicarbonyl Dimer Have a Metal-Metal Bond? Who's Asking?. *Inorganica Chimica Acta*, 2015, V. 424, p. 14-19
- Лятифов И.П. Стерические и электронные эффекты в строении и реакционной способности моно- и биядерных циклопентадиенильных комплексов переходных металлов: / дис. докт. хим. наук / Ленинград, 1990, 442 с.
- Брауэр Г. Руководство по неорганическому синтезу: [в 6 томах]. – Москва: МИР, т. 6, 1986, 360 с.
- Боярский В.П., Бокач Н.А. Строение и свойства элементоорганических соединений переходных металлов и их применение в гомогенном металлокомплексном катализе. Санкт-Петербург, 2020, 54 с.

8. King R.B., Bisnette M.B. Organometallic chemistry of the transition metals XXI. Some π -pentamethylcyclopentadienyl derivatives of various transition metals. *Journal of Organometallic Chemistry*, V. 8, p. 287-297.
9. Бабин В.Н., Лятифов И.Р., Петровский П.В. ^{13}C и ^{17}O ЯМР-изучение CO лигандов гомологов цимантрена $\text{Me}_n\text{CpMn}(\text{CO})_3$. *Металлоорг. химия*, 1988, т.2, №4, с. 789.
10. Лятифов И.Р., Шахтактинская А.Т., Абдулова Ш.Н. Исследование методом ЯМР ^{13}C и ^{17}O метильных гомологов $[\text{CpFe}(\text{CO})_3]^+\text{PF}_6^-$ и $\text{CpFe}(\text{CO})_2^1$ ($\text{Cp}=\text{C}_5\text{H}_5$). *Ж. Неорг. Хим. АН России*, 1992, т.36, №10, с. 2320.

BİS-(TSİKLOPENTADIENİLDİKARBONİLDƏMİR(I)) KOMPLEKSİNİN METİL HOMOLOQLARININ SİNTEZİ, İQ- VƏ ^1H NMR-SPEKTROSKOPİYA ÜSULLARI İLƏ TƏDQIQI

N.Z.İbrahimova, G.N.Şükürlü, Q.M.Cəfərov, İ.U.Lətifov

Xülasə. Tsiklopentadienin metil homoloqlarının (1,3-dimetil-, 1,2,4-trimetil- və 1,2,3,4,5-pentamethylsiklopentadienlərin) dəmirpentakarbonillə qarşılıqlı təsirindən dəmirin $[\text{Me}_n\text{C}_5\text{H}_{5-n}\text{Fe}(\text{CO})_2]_2$ ($n = 2, 3, 5$) tərkibli üç dimer kompleksi alınmışdır. Komplekslər ərimə temperaturları, infraqırmızı (İQ) və proton maqnit rezonans (^1H NMR) spektrləri ilə xarakterizə olunmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, $[\text{C}_5\text{H}_5\text{Fe}(\text{CO})_2]_2 \rightarrow [\text{Me}_2\text{C}_5\text{H}_3\text{Fe}(\text{CO})_2]_2 \rightarrow [\text{Me}_3\text{C}_5\text{H}_2\text{Fe}(\text{CO})_2]_2 \rightarrow [\text{Me}_5\text{C}_5\text{Fe}(\text{CO})_2]_2$ ardıcılığında komplekslərin ərimə temperaturunun monoton şəkildə artmasına baxmayaraq halqasında 2 və 3 ədəd metil qrupu olan komplekslər ($n = 2, 3$) ərimə zamanı şiddətli termiki parçalanmaya uğrayır. Göstərilən sırada $\text{C}\equiv\text{O}$ rabitəsinin valent rəqsi tezliklərinin dəyişməsinin səbəblərinin araşdırılması (təhlili) komplekslərin müşahidə olunan termiki davranışlarını metil və karbonil qrupları arasında yaranan sterik və elektron qarşılıqlı təsirləri ilə əlaqələndirməyə imkan vermişdir. Əldə olunmuş nəticələr onu deməyə əsas verir ki, tədqiq edilmiş dörd kompleks arasında tsiklopentadienil halqasında iki və üç metil qrupu olan komplekslər ($[\text{Me}_2\text{C}_5\text{H}_3\text{Fe}(\text{CO})_2]_2$, $[\text{Me}_3\text{C}_5\text{H}_2\text{Fe}(\text{CO})_2]_2$) karbon nanoborularının sintezində prekursor kimi daha perspektivlidir.

Açar sözlər: bis-(tsiklopentadienildikarbonildəmir(I)), termiki davamlılıq, sterik və elektron qarşılıqlı təsir, rabitənin valent rəqsi tezliyi

Accepted: 01.11.2023

Ho-Sb-Te ÜÇLÜ SİSTEMİNDƏ QARŞILIQLI TƏSİRİN Sb₂Te₃-Ho KƏSİYİ ÜZRƏ TƏDQIQI

Fuad Mikayıl oğlu Sadıqov, Nərmin Şahin qızı Məmmədova,
Teymur Məmməd oğlu İlyash
Bakı Dövlət Universiteti, Bakı, Azərbaycan

STUDY OF THE INTERACTION IN THE TERNARY SYSTEM Ho-Sb-Te ON Sb₂Te₃-Ho CROSS SECTION

Fuad Mikayıl Sadygov, Narmin Shahin Mammadova, Teymur Mammad İlyasly

Baku State University, Baku, Azerbaijan: fuad.sadiqov.55@mail.ru, narmin-mammadova91@mail.ru,

teymur.ilyasly@mail.ru

<https://orcid.org/0009-0006-0571-6800>, <https://orcid.org/0009-0007-0105-2899>,

<https://orcid.org/0000-0002-3211-9183>

Abstract. Phase formation in the Sb₂Te₃-Ho system was studied by methods: differential-thermal (DTA), X-ray phase (XRD), microstructural (MSA), as well as by measuring density and microhardness, and built a T-x phase diagram. It has been established that the phase diagram of the Sb₂Te₃-Ho system is a non quasi-binary section of the Ho-Sb-Te ternary system. This system intersects the area of the three subordinate triangles of the ternary system. In the system based on Sb₂Te₃, a solid solution area was found in the range of 0-5 mol% Ho concentration at room temperature.

Keywords: phase, non quasi-binary, eutectic, solid solution, microhardness.

© 2023 Azerbaijan Technical University. All rights reserved.

Giriş

Komponentlərin elektron quruluşları kəskin fərqlənən sürmə və holmium xalkogenidləri müxtəlif yarımkeçiricilər sinfinə aiddir. Bunlar əsasında yeni çox funksiyalı xassələrə malik materialların alınması aktualdır. Ho-Sb-Te üçlü sistemini təşkil edən binar sistemlər sahəsində fundamental tədqiqat işlərinin aparılmasını tələb edir.

Tetradimit laylı quruluşa malik Sb₂Te₃, onun əsasında alınan bərk məhlullar, aşqarlanmış fazalar, kompozisiya materialları qiymətli yarımkeçirici və termoelektrik materiallar kimi XX əsrin 50-ci illərindən tədqiqatçıların daim diqqət mərkəzində olmuşdur. Qeyd edilən materialların bəziləri proaktiv soyuducuların, tənzimləyici qurğuların, kosmik stansiyalarda elektrik enerjisi əldə edilməsində tətbiq olunurlar [1, s. 241-248], [2, s.1008-1009], [3, s. 153-154], [4, s. 98-115].

Əsrimizin əvvəllərində materiyanın yeni kvant halının-topoloji izolyatorun kəşfi Sb₂Te₃-ə olan marağı yenidən kəskin artırdı. Müəyyən edildi ki, tetradimitə bənzər laylı quruluşlu tipli binar birləşmələr və onların üçlü analoqları topoloji-izolyator xassəsinə malik olub, spinotronikada, tibbdə, təhlükəsizlik sistemlərində və s. sahələrdə tətbiqi üçün olduqca perspektivlidirlər [5, 6, 7, 8, 9, 10], [11, s. 169-236].

Digər tərəfdən geniş spektrli fiziki-kimyəvi xassələrə malik NTE xalkogenidləri o cümlədən, holmium xalkogenidləri termoelektrik, maqnit materialları kimi geniş tətbiq olunurlar. Holmiumdan lazer şüası alınmasında istifadə edilir [12], [13, s. 170-178].

Tədqiqat metodları

Sb₂Te₃-Ho sisteminin tədqiqi fiziki-kimyəvi analizin ənənəvi metodları olan differensial-termiki analiz (DTA), rentgen faza analizi (RFA), mikroquruluş analizi (MQA), mikrobərkliyin ölçülməsi, sıxlığın təyini üsulları ilə aparılmışdır.

Sistemin ərintilərinin 1300 K-ə qədər DT analizi vakuum şəraitində alman firması NETZSCH 404 F1 Peqasus sistemi qurğusunda (xromel-alumel və Pt-Pt/Rh termocütlərindən istifadə etməklə TC-08 Termocouple Data Laser elektron məlumat qeydləri cihazı əsasında yığılmış çox kanallı DTA qurğusunda həyata keçirilmişdir. Sistemin yüksək temperaturda əriyən ərintiləri BTA-987 markalı cihazda (RYTY 51-681-75 markalı arqon mühitində) W-W/Re termocütündən istifadə etməklə aparılmışdır.

Ərintilərin ovuntu difraktoqramları Almaniyanın Bruker firmasının D8 ADVANCE və D2 Phaser cihazında çəkilmişdir. Ərintilərin mikroquruluş analizi MİM-8 markalı (500Xböyüdə) mikroskopda, mikrobərklikləri isə PMT-3 markalı cihazdan istifadə etməklə aparılmışdır.

Təcrübi hissə

Sb₂Te₃-Ho sisteminin ərintilərinin sintezi yüksək təmizlik markasına malik elementlərdən Ho metallik Ho -Holm-O, Sb- B-4, Te- TA-2 istifadə etməklə aparılmışdır.

Sistemin ərintiləri havası 10⁻² Pa qədər seyrəkləşdirilmiş, qrafitləşdirilmiş kvars ampulalarda bir temperaturalı şaquli peçdə tərkibdən asılı olaraq 1100-1300K temperaturda 6 saat ərzində sintez edilmişdir.

Sintezdən sonra nümunələr əzilərək toz halına keçirilmiş və xüsusi cihazın köməyi ilə 250 kQ/sm³ sıxılaraq həb halına salınmışdır. Ərimə temperaturu çox yüksək olan ərintilərin sintezində bərk fazalı sintez geniş tətbiq olunur [14, s. 133-141], [15, s. 123-179].

Həb halına salınmış ərintilər kvars ampulalarda vakuum şəraitində 5-6 saat ərzində yenidən bərk sintezə uğradılmış və yenidən ampulalardan həbləri çıxardaraq əzib toz halına salınmış və yenidən sıxılaraq həb halında təkrar sintezə uğradılmışdır.

Sintezdən sonra nümunələr cədvəldə göstərilmiş temperatur şəraitində termiki emala uğradılmışdır.

Ho-Sb₂Te₃ sistemi ərintilərinin termiki emal şəraitləri

Tərkib, mol% Sb ₂ Te ₃	Temperatur rejimi K.T	Termiki emal vaxtı, saat.	Faza tərkibi
0-35	600	250	Sb ₂ Te ₃ , α, ρ, β, β', HoTe
35-65	700	300	HoSb ₂ , HoTe, Sb
65-100	550	500	Ho, HoTe, Ho ₅ Sb ₃

Cədvəldən görüldüyü kimi sistemin ərintiləri müxtəlif temperatur və zaman şəraitində aparılmışdır. Termiki emaldan sonra ərintilər fiziki-kimyəvi analizin kompleks metodları differensial-termiki analiz (DTA), rentgen faza analizi (RFA), mikroquruluş analizi (MQA), mikrobərkliyin ölçülməsi, sıxlığın təyini ilə tədqiq edilmişdir.

Alınan nəticələrin tətbiqi

DTA-nın nəticələrinə əsasən müəyyən edilmişdir ki, termoqramlarda tərkibdən asılı olaraq müxtəlif sayda endotermiki temperatur effektləri olub dönəndirlər. Termoqramlarda alınmış çox saylı temperatur effektlərinə əsasən demək olar ki, sistemdə kimyəvi qarşılıqlı təsir mürəkkəb xarakterə malikdir.

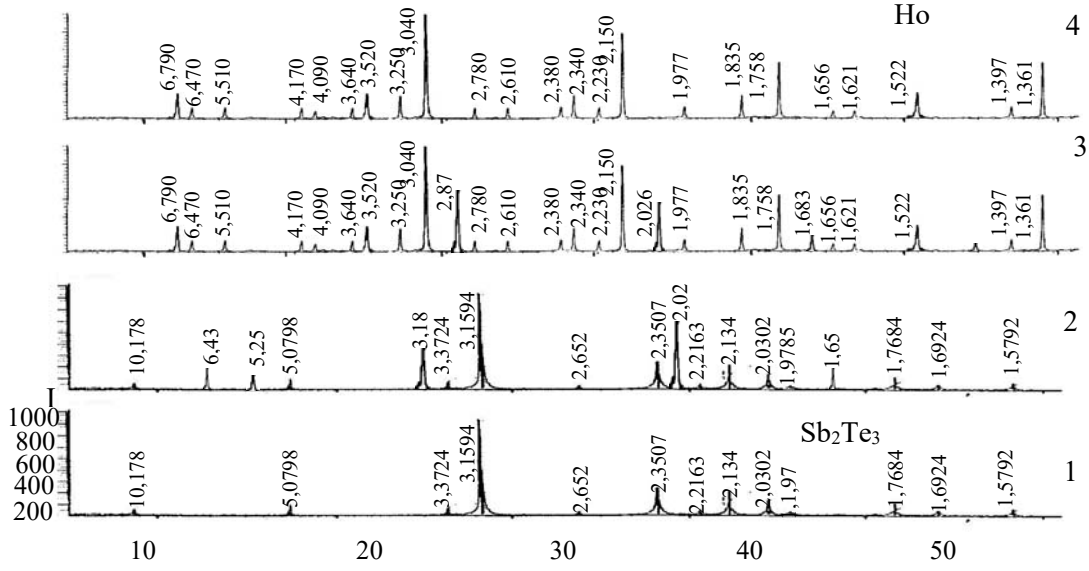
Ərintilərin RFA analizinin nəticələri çəkilmiş difraktoqramlara əsasən müəyyən edilmişdir ki, difraktoqramlarda alınmış rentgen refleksləri ilkin və aralıq komponentlərin rentgen reflekslərinin qarışığından ibarətdir. Bu halda onu deməyə əsas verir ki, sistemdə qarşılıqlı təsir mürəkkəb xarakterlidir (Şəkil 1).

Mikroquruluş analizinin nəticələrinə əsasən deyə bilərik ki, sistemin ərintiləri 0-50 mol% Ho intervalında bir, iki və üç fazalı, 50-100 mol% Ho intervalında nümunələr iki və üç fazalıdır (Şəkil 2).

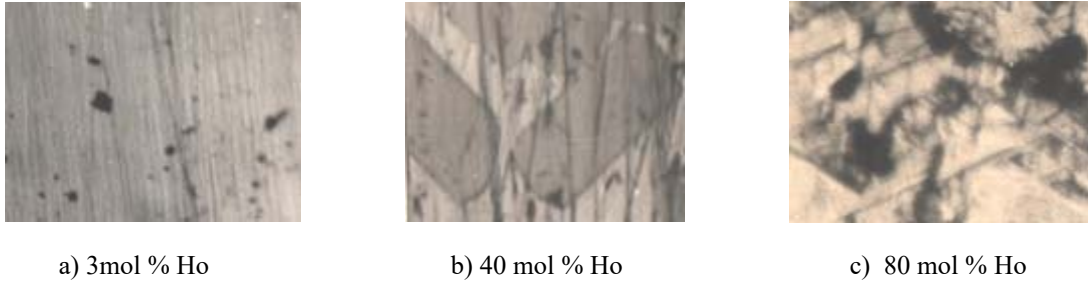
Ərintilərin mikrobərkliyin ölçülməsi nəticələrinə əsasən 11 sıra qiymətlər alınmışdır ki, bu da uyğun olaraq HoSb, Ho₅Sb₃, Ho₄Sb₃, HoSb₂, Sb₂Te₃, Sb, α, γ, β, β' HoTe fazalarına uyğun gəlir.

Yuxarıda qeyd edilmiş tədqiqat metodlarının nəticələrinə əsasən Sb₂Te₃-Ho sisteminin hal diaqramı qurulmuşdur (Şəkil3).

Şəkil 3-dən görüldüyü kimi sistemdə kimyəvi qarşılıqlı təsir mürəkkəb xarakterə malikdir və sistem Ho-Sb-Te üçlü sistemin qeyri-kvazibinar kəsiyi olub üçlü sistemin üç tabeli üçbucağının sahəsini kəsir. 1.HoTe-Sb-Sb₂Te₃, 2.HoSb-Sb-HoTe, 3.HoSb-Ho-HoTe.



Şəkil 1. Sb_2Te_3 -Ho sisteminin difraktoqramları: 1 – Sb_2Te_3 , 2 – 30 mol%, 3 – 60 mol% Ho, 4-Ho.

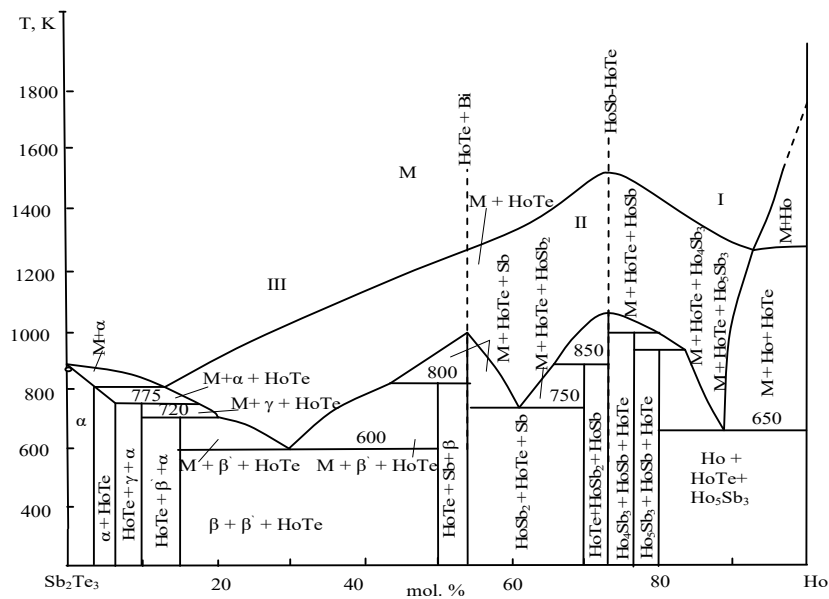


a) 3mol % Ho

b) 40 mol % Ho

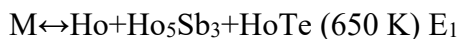
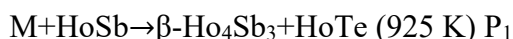
c) 80 mol % Ho

Şəkil 2. Sb_2Te_3 -Ho sisteminin bəzi ərintilərinin mikroquruluşu.
a – bir fazalı, b – iki fazalı, c – üç fazalı.

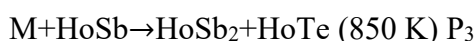


Şəkil 3. Sb_2Te_3 - Ho sisteminin hal diaqramı.

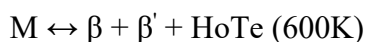
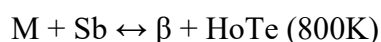
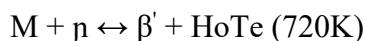
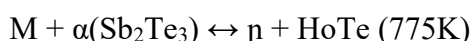
Diaqramın I hissəsində (0-35 mol% Sb_2Te_3) aşağıdakı dörd fazalı tarazlıq reaksiyaları əks olunub:



Sistemin II hissəsində (35-65 mol% Sb_2Te_3) aşağıda qeyd edilən dörd fazalı tarazlıq prosesləri əks olunub:



Sistemin III hissəsində (65-100 mol% Sb_2Te_3) isə iki üçlü peritektik və bir evtektik reaksiya baş verir:



Nəticə

Sb_2Te_3 -Ho sistemində faza əmələgəlmə fiziki-kimyəvi analiz metodları: diferensial-termiki (DTA), rentgenfaza (RFA), mikroquruluş (MQA), həmçinin sıxlığın və mikrobərkliyin ölçülməsi vasitəsilə tədqiq edilmiş və T-x faza diaqramı qurulmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, sisteminin faza diaqramı Ho-Sb-Te üçlü sisteminin qeyri kvazibinar kəsiyidir. Bu sistem üçlü sisteminin üç tabeli üçbucağının sahəsini kəsir.

Sb_2Te_3 - Ho sisteminin likvidus əyrisi dörd fazanın ilkin kristallaşma əyrisindən (M+Ho), (M+HoSb), (M+HoTe), (M+ $\alpha(\text{Sb}_2\text{Te}_3)$) təşkil olunmuşdur. Sistemdə Sb_2Te_3 əsasında otaq temperaturunda 5 mol%, evtektika temperaturunda isə həllolma artaraq 7 mol% Ho bərk məhlul sahəsi aşkar olunmuşdur.

ƏDƏBİYYAT

1. Гольцман Б.М., Кудинов В.А., Смирнов И.А. Полупроводниковые термоэлектрические материалы на основе Bi_2Te_3 , М: наука, 1972, 320 с.
2. Rowe D.M. Thermoelectrics handbook/ Macro to nano CRC Press, Taylor Francis Group Boca Raton, FL, USA, 2006, 1008 p.
3. Абрикосов Н.Х., Банкина В.Ф., Порецкая Я.В. Полупроводниковые халькогениды и сплавы на их основе М: Наука 1975, 220 с.
4. Новоселовой А.В., Лазарева В.Б. Физико-химические свойства полупроводниковых веществ. Справочник. под ред. М: наука 1976, 339 с.
5. Moore, J.E. The Birth of Topological Insulators // Nature, 2010. 464, p.194-198.
6. Kane C.L., Moore J.E. Topological Insulators // Physics World, 2011, v.24, pp.32-36.
7. Nechaev İ.A., Aguilera İ., De Ren V. Dibona A., Babanlı M.B. Quasiparticle spectrum and plasmonic excitations in the topological insulator Sb_2Te_3 . Rhys. Rev. B. 2015, V.91, p.245123(8).
8. Liu I., Vanderbilt D. Weyl semimetals from noncentro symmetric topological insulators (LaBiTe_3 , LuBiTe_3 , LaSbTe_3 , LuSbTe_3) // Phys. B., 2014, p.155316.
9. Yan B., Zhany S.H. Lin C-X. LnBiTe_3 topological insulator Rhys. Rev. B 2010, V82, p.161108.
10. Sadiqov F.M., İlyaslı T.M., Məmmədova N.Ş., İsmayılov Z.İ. Termoelektrik material, Patent (İxtira) İ 2023 0059.
11. Ярембаш Е.И., Елисеев А.А Халькогениды редкоземельных элементов. Москва: наука, 1975, 131 с.
12. Голубков А.В., Жуков Т.Б., Сергеева В.М. Синтез халькогенидов редкоземельных элементов // Изв. АН СССР. Неорган. материалы, 1976, т.2, №1, с.77-81.
13. Рустамов П.Г., Алиев О.М., Эйнуллаев А.В., Алиев И.П. Хальколантанаты редких элементов. М: Наука, 1989, 284 с.
14. M.B.Babanlı, T.M.İlyaslı, F.M.Sadiqov, Y.Ə.Yusibov, A.B.Eynullayev Fiziki-kimyəvi analiz praktikum. Dərslik. / Bakı: Bakı universiteti nəşriyyatı, 2008. 243 s.
15. Quliyev T.M., İlyaslı T.M., Sadiqov F.M. və b. Bərk cisimlər kimyası. Dərslik, Bakı uniprint nəşriyyatı, 2009, 330 s.

Ho-Sb-Te ÜÇLÜ SİSTEMİNDƏ QARŞILIQLI TƏSİRİN Sb_2Te_3 -Ho KƏSİYİ ÜZRƏ TƏDQIQI

F.M.Sadıqov, N.Ş.Məmmədova, T.M.İlyashı

Xülasə. Sb_2Te_3 -Ho sistemində faza əmələgəlmə fiziki-kimyəvi analiz metodları: diferensial-termiki (DTA), rentgen-faza (RFA), mikroquruluş (MQA), həmçinin sıxlığın və mikrobərkliyin ölçülməsi vasitəsilə tədqiq edilmiş və T-x faza diaqramı qurulmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, sistemin Sb_2Te_3 -Ho faza diaqram Ho-Sb-Te üçlü sisteminin qeyri-kvazibinar kəsiyidir. Bu kəşik üçlü sisteminin üç tabeli üçbucağının sahəsini kəsir. Sistemdə Sb_2Te_3 əsasında otaq temperaturunda 0-5 mol% Ho qatılıq intervalında bərk məhlul sahəsi aşkar edilmişdir.

Açar sözlər: faza, qeyri-kvazibinar, evtektika, bərk məhlul, mikrobərklik.

Accepted: 22.11.2023

Ga-SrSe SİSTEMİNDƏ KİMYƏVİ QARŞILIQLI TƏSİRİN TƏDQIQI**Nağı İbrahim oğlu Yaqubov¹, Aytən Nizami qızı Sultanova¹, İmir İlyas oğlu Əliyev²**¹*Bakı Dövlət Universiteti, Bakı, Azərbaycan*²*AR Elm və Təhsil Nazirliyinin akad. M.F.Nağıyev adına Kataliz və Qeyri-üzvi Kimya İnstitutu, Bakı, Azərbaycan***STUDYING CHEMICAL INTERACTION IN THE Ga-SrSe SYSTEM****Nagi Ibragim Yagubov¹, Aytan Nizami Sultanova¹, Imir Ilyas Aliyev²**¹*Baku State University, Baku, Azerbaijan: nagiyagubov@rambler.ru, aytansultanova26@gmail.com**https://orcid.org/0000-0003-1587-0036, https://orcid.org/0000-0003-0472-3647*²*Institute of Catalysis and Inorganic Chemistry named after M.F.Nagiyev of the Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan: aliyevimir@rambler.ru**https://orcid.org/0000-0002-7694-1400*

Abstract. Using methods of physicochemical analysis: differential thermal analysis (DTA), X-ray phase analysis (XPA), microstructural analysis (MSA), as well as determination of microhardness and density, the chemical interaction in the Ga-SrSe system was studied and a T-x phase diagram was constructed. It has been established that the Ga-SrSe system is quasi-binary and degenerate of the eutectic type. It has been established that at room temperature in the system Ga-SrSe a solid solution based on SrSe up to 5 mol % Ga. One of the methods for physicochemical analysis of semiconductor compounds is to determine their microhardness depending on the composition. In the Ga-SrSe system, two different microhardness values are defined. One of them is the microhardness of SrSe (1240-1250) MPa, the value of which corresponds to the microhardness of an α -solid solution based on the SrSe compound, and the microhardness value (700-730) MPa corresponds to the microhardness of gallium.. The densities obtained in the system increase monotonically depending on the composition.

Keywords: *system, quasi-binary, eutectic, microhardness, solid solution.*

© 2023 Azerbaijan Technical University. All rights reserved.

Giriş

Ədəbiyyatda stronsium xalkogenidləri haqqında bir sıra üçlü sistemlər [1-3] tədqiq edilsə də, hələ onların tədqiqinə ehtiyac vardır. Ədəbiyyatda tədqiq olunan $A^{II}X$ -InSe sistemlərində (A^{II} -Ca, X-S,Se) [4,5] $A^{II}MeX_2$, $A^{II}Me_2X_4$, $A^{II}Me_4X_7$ tərkibli birləşmələr alınmışdır.

II əsas yarım qrup elementlərinin xalkogenidləri əsasında alınmış ərintilər fotoelektrik və lüminessent xassələrə malik olub, optiki cihazlarda və lüminoforlarda istifadə olunurlar [6-12].

SrS-Ga₂S₃ (In₂S₃) sistemlərində kimyəvi qarşılıqlı təsir [13, s. 149-151] işinin müəllifləri tərəfindən tədqiq edilmişdir. Selenidli və telluridli sistemlər tədqiq edilməmişdir.

Sr-Ga-Se üçlü sisteminin bir sıra daxili kəsikləri əvvəllər bizim tərəfimizdən tədqiq edilmişdir [14-16]. Hazırkı işin əsas məqsədi Ga-SrSe sistemində kimyəvi qarşılıqlı təsirin xarakterini öyrənməklə, yeni fazaları və bərk məhlul sahələrini aşkar etməkdən ibarətdir.

Ga elementi 29,8°C-də əriyir və ortorombik sinqoniyada kristallaşır, qəfəs parametrləri: $a=4,516$; $b=7,645$; $c=4,511$ Å, sıxlığı $\rho=5,91$ q/sm³-dir [17].

SrSe birləşməsi 1600°C-də konqruent əriyir, kubik sinqoniyada kristallaşır, qəfəs parametri: $a=6,243$ Å, fəza.qr. Fm3m, sıxlığı $\rho=4,50$ q/sm³ [18, s. 275-276].

Təcrübi hissə

Ga-SrSe sisteminin ərintiləri sintez etmək üçün əvvəlcə SrSe birləşməsi xüsusi şəraitdə sintez edilmişdir. Sr elementi havada çox asanlıqla oksidləşir. Sr və Ga elementlərini stexiometrik tərkibdə götürüb kvarts ampulaya doldurulduqda sonra havası 0,133 Pa təzyiqinə kimi sorulduqdan sonda ağzı qövs alovunda əridilməklə bağlanmışdır. Daha sonra ampula maili sobaya daxil edilməklə 250°C-də iki gün ərzində hər iki saatdan bir silkələnməklə saxlanılmışdır. Sonra sobanın temperaturu 350°C-ə çatdırılmış və kütlə tam ovuntu halına salınana kimi bir gün ərzində saxlanılmışdır. Daha sonra sintez 1000-1100°C temperatur intervalında 6 saat müddətində aparılmışdır. SrSe birləşməsini tam tərkibdə

almaq üçün alınmış ovuntu narın əzilərək 200 atm. təzyiqində preslənmiş və ampulada 800°C-də 150 saat müddətində bərkfazlı sintez aparılmışdır. SrSe birləşməsinin alındığına tam əmin olduqdan sora Ga-SrSe sisteminin ərintiləri 500-1000°C intervalda sintez edilmişdir.

Ərintilər homogenləşdirildikdən sonra fiziki-kimyəvi analiz metodları (DTA, RFA, MQA , sıxlığın və mikrobərkliyin ölçülməsi) vasitəsilə tədqiq edilmişdir.

Diferensial-termiki analiz (DTA) alçaq tezlikli Kurnakov pirometrində aparılmışdır. Ərintilərin qızma sürəti 10°C/dəq olmuşdur. Termocüt olaraq xromel-alümel götürülmüşdür.

Ərintilərin rentgenfaza analizi D2 PHASER markalı rentgen difraktometrində həyata keçirilmişdir. Şüalandırıcı olaraq CuK_{α} elektrodundan istifadə olunmuşdur. Mikrobərklik PMT-3 markalı metalloqrafik mikroskopda ölçülmüşdür. Ölçmələr zamanı mikrobərkliyin çəkiddən asılılığı öyrənilmişdir.

Mikroquruluş analizi (MQA) MİM-8 markalı mikroskopda aparılmışdır. Bunun üçün ərintilər cilalanaraq parlaq hala salınmış və mikroskopda quruluşuna baxılmışdır. Faza sərhədlərini aydınlaşdırmaq üçün aşılama kimi 10 ml qatı HCl + 5ml H₂O₂, məhlulu götürülmüşdür. Sistemin ərintilərinin sıxlıqları piknometrik üsulla təyin edilmişdir, doldurucu məhlul kimi toluol götürülmüşdür.

Nəticələr və onların müzakirəsi

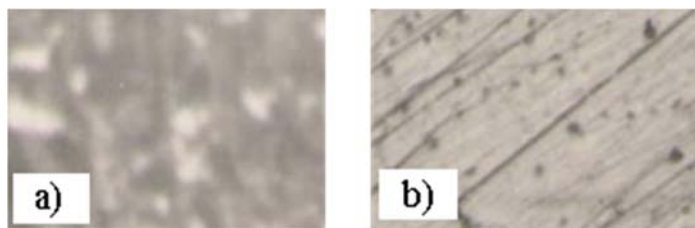
Ga-SrSe sisteminin ərintiləri kompakt kütlə halında olub, adi soyudulma şəraitində kristal halında alınır. Sisteminin ərintiləri suya, havanın oksigeninə və üzvi həlledicilərə qaşır davamsızdır. SrSe birləşməsi açıq havada uzun müddət qaldıqda havanın nəmini özünə çəkib hidrolizə uğrayır. Ga- lə zəngin olan ərintilər isə mineral turşularda zəif həll olsalar da qələvilərin məhlulunda (NaOH+C₂H₅OH) yaxşı həll olurlar.

Diferensial-termiki analiz natiçələri göstərir ki, sistemin ərintilərinin termoqramlarında 29°C temperaturunda izotermik effektlər mövcuddur ki, bu effektlər solidusa aiddir. Qalan digər effektlər isə likvidusa aiddir. SrSe birləşməsi tərəfdə Ga əlavə edilməsi nəticəsində həllolma müşahidə olunur.

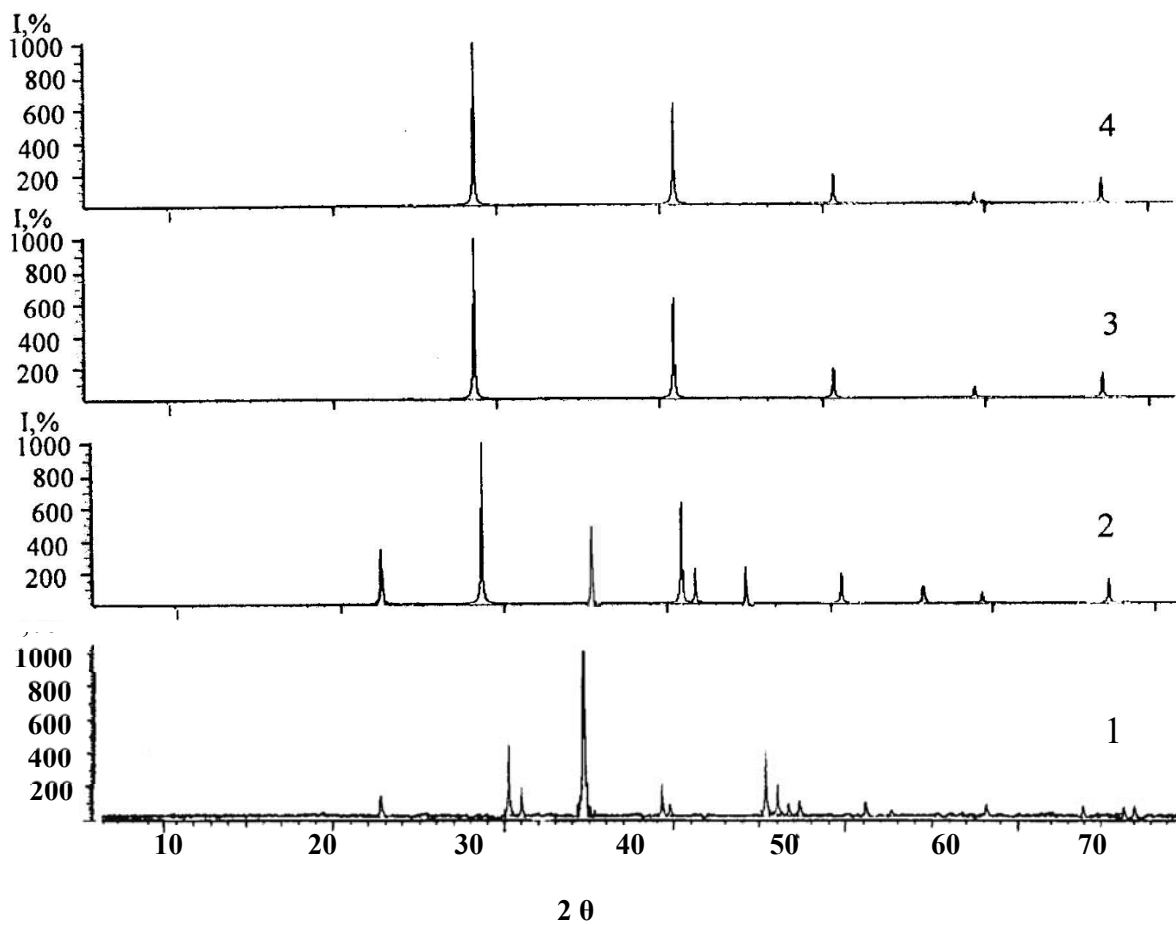
Ga-SrSe sisteminin ərintilərinin mikroquruluş (MQA) analizi göstərir ki, ərintiləri təşkil edən fazalar tutqun olub, bərkfazlı şəkildə görünür, fazalar və bərk məhlul sahələrini aşkar etmək çətin olur. Nümunələr kristallaşdırdıqdan sonra onların tərkibində olan fazalar daha aydın görünür. Müəyyən edilmişdir ki, sistemin ərintiləri bir və iki fazalıdır. Deməli Ga-SrSe sistemi kvazibinardır. Ga-SrSe sisteminin 70 və 95 mol % SrSe ərintilərinin mikroquruluş şəkil 1-də verilmişdir. Şəkil 1 a-da 70 mol % SrSe ərintisi ikifazalıdır. Bərkfazlı 95 mol % SrSe ərintisi isə SrSe birləşməsi əsasında bərk məhlul ərintisidir (Şəkil 1.b).

DTA və MQA analiz metodlarının nəticələrini təsdiq etmək üçün sistemin ayrı-ayrı sahəsindən olan 50, 70 və 95 mol % SrSe ərintilərinin rentgenfaza analizi aparılmışdır (Şəkil 2).

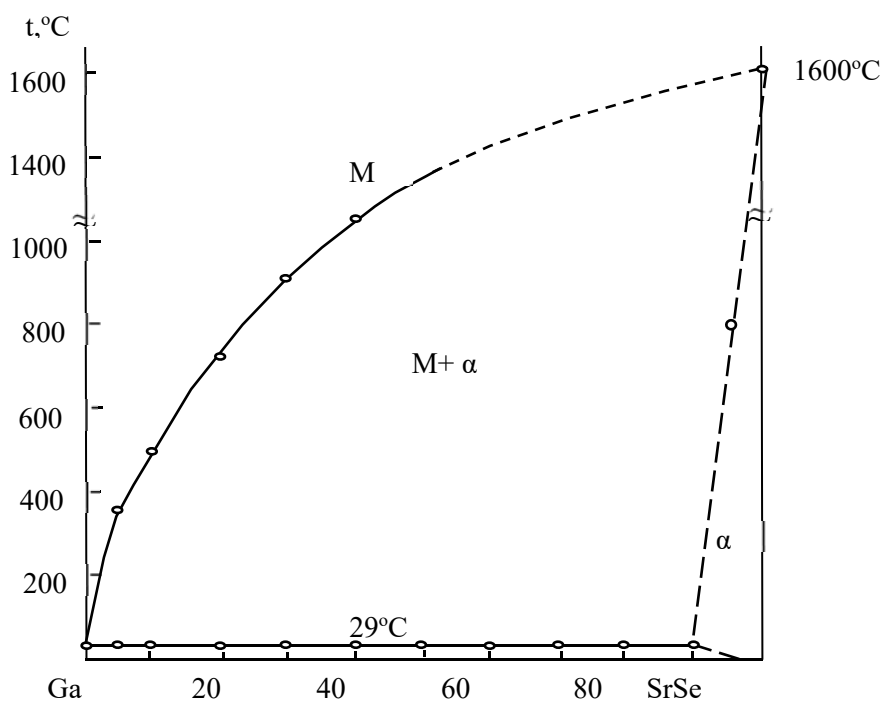
Müəyyən edilmişdir ki, 50 və 70 mol % SrSe nümunələrinin difraktoqramlarında difraksiya xətləri ilkin komponentlərin difraksiya xətlərinin qarışığından ibarətdir. Bu onu göstərir ki, sistemin ərintiləri ikifazalıdır. 95 mol % SrSe nümunəsi isə bərkfazlı olub, SrSe birləşməsi əsasında bərk məhlul ərintisidir. Beləliklə, termiki və mikroquruluş analizlərinin nəticələri rentgenfaza analiz metodu ilə təsdiq edilmişdir.



Şəkil 1. Ga-SrSe sisteminin ərintilərinin mikroquruluşu
a) – 70 mol %, b) – 95 mol % SrSe



Şəkil 2. Ga-SrSe sisteminin ərintilərinin difraktoqramları
1-Ga, 2-50, 2 -70 ;3- 95; 4- 100 mol % SrSe



Şəkil 3. Ga-SrSe sisteminin T-x faza diaqramı

Ga-SrSe sisteminin ərintiləri mikrobərklikləri və sıxlıqlarının tərkibdən asılılığı öyrənilmişdir. Sistemin ərintilərinin bir sıra fiziki-kimyəvi xassələri cədvəldə verilmişdir. Ərintilərin mikrobərkliyinin ölçülməsi zamanı mikrobərkliyin iki müxtəlif qiyməti alınmışdır. Onlardan biri SrSe birləşməsi əsasında alınmış α - bərk məhlulun ərintilərinin mikrobərkliyi (1240-1250) MPa arasında dəyişir, mikrobərkliyin digəri qiyməti isə (700-730) MPa qalliumun tərkibli ərintilərinin mikrobərkliyinə uyğundur.

Nəhayət, kompleks fiziki-kimyəvi metodların tədqiqatlarının nəticələrinə əsasən Ga-SrSe sisteminin hal diaqramı qurulmuşdur (Şəkil 3).

Müəyyən edilmişdir ki, otaq temperaturda SrSe birləşməsi əsasında 5 mol % Ga bərk məhlul sahəsi alındığı halda, qallium əsasında bərk məhlul sahəsi müəyyən edilməmişdir.

Ga-SrSe sisteminin ərintilərinin tərkibi DTA, mikrobərkliklərinin və sıxlıqlarının ölçmələrinin nəticələri

Tərkib , mol %		Termiki effektlər. °C	Sıxlıq, q/sm ³	Fazaların mikrobərkliyi , MPa	
Ga	SrSe			Ga	α
				P=0,10 N	P=0,20 N
100	0,0	29,5	5,91	700	-
95	5,0	29,350	5,82	700	-
90	10	29,490	5,77	730	-
80	20	29,720	5,63	730	-
70	30	29,910	5,49	-	-
60	40	29,1100	5,35	-	-
50	50	29	5,20	-	1250
40	60	29	5,06	-	1250
30	70	29	4,92	-	1250
20	80	29	4,78	-	1250
10	90	29	4,64	-	1250
5,0	95	800	4,56	-	1250
0,0	100	1600	4,50	-	1240

Sistemdə Ga və SrSe komponentlərinin birgə çökməsi cırılmış evtektika nöqtəsində başa çatır, temperaturu 29°C-dir. Sistemin 2-100 mol % SrSe qatılıq intervalında likvidus əyrisi üzrə SrSe əsasında alınmış α -bərk məhlulun kristalları çökməyə başlayır. Likvidus əyrisindən aşağıda maye isə (M) və α fazanın qarışığından ibarət ikifazlı sahə mövcuddur. Sistemin 2-95 mol % SrSe qatılıq intervalında solidus xəttindən aşağıda (Ga+ α)-dan ibarət ikifazlı ərintilər kristallaşır.

Nəticə. Beləliklə, fiziki-kimyəvi analiz metodlarının nəticələrinə əsasən Ga-SrSe sistemində kimyəvi qarşılıqlı təsirin xarakteri öyrənilmiş və onun T-x faza diaqramı qurulmuşdur. Sistemin hal diaqramı kvazibinar olub, cırılmış evtektik tiplidir. Sistemdə Ga və SrSe komponentlərinin birgə kristallaşması cırılmış evtektika nöqtəsində başa çatır, temperaturu 29°C-dir. Ga-SrSe sistemində otaq temperaturunda SrSe əsasında 5 mol % Ga həll olur. Ancaq Ga əsasında isə bərk məhlul sahəsi praktiki olaraq aşkar edilməmişdir.

ƏDƏBİYYAT

1. Кертман А.В., Краева Н.В. Фазовые равновесия в системе SrS-Ga₂S₃. Журн. неорган. химии, 2010, Т.55, № 8, с.1283-1286.
2. Piotr Kapias and Jimmie G. Edwards. Vaporization and stability of phases in the strontium sulfide-gallium sesquisulfide system. Cite this: J. Phys. Chem., 1988, V. 92, № 12. p. 3649-3656, <https://doi.org/10.1021/j100323a063>
3. Komatsu C., Takizawa T. Phasediagram of theSrS-Ga₂S₃system and itsapplicationtothesingle-crystalgrowth of

- SrGa₂S₄. Journal of CrystalGrowth, 2000, V. 210, Issue 4, March p. 677-682, [https://doi.org/10.1016/S0022-0248\(99\)00818-0](https://doi.org/10.1016/S0022-0248(99)00818-0)
- Кертман А.В., Носов О.И., Андреев О.В., Реакции в системе CaS-In₂S₃. Журн. неорган. химии, 2002, Т.47, № 1, с.126-130.
 - Алиев И.И., Мусаева Р.Л., Ягубов Н.И., Садыгов Ф.М., Исмаилов Ф.И. Характер взаимодействия в системе InSe-CaSe. Журн. неорган. химии, 2009, Т.54, № 8, с.1398-1400.
 - Bayramov A., Najafov H., Kato A., Yamazaki M., Fujiki K., Nfzri Md., Iida S. Feasibility of TFEL application of Ce-doped CaGa₂S₄ and SrGa₂S₄ films prepared by flash evaporation method. Journal of Physics and Chemistry of solids, 2003, V.64, p. 1821-1824.
 - Yu R.J., Wang J., Zhang M., Yuan H.B., Ding W.J., An Y., Su Q. Luminescence properties of Ca_{1-x}Sr_x(Ga_{1-y}Al_y)₂S₄: Eu²⁺ and their potential application for white LEDs. J. Electrochem. Soc. 2008, V. 155, p. J290-J292.
 - Yu R.J., Wang J., Zhang J.H., Yuan H.B., Su Q. Luminescence properties of Eu²⁺- and Ce³⁺-doped CaAl₂S₄ and application in white LEDs. J. Solid State Chem., 2008, V. 181, p. 658-663.
 - Wauters D., Poelman D., Van Meirhaeghe R.L., Cardon F. Photoluminescent, electroluminescent and structural properties of CaS : Cu and CaS : Cu, Ag thin films. J. Phys. - Condes. Matter, 2000, № 12, p. 3901-3909.
 - Wu J.P., Newman D., Viney I.V.F. Study on relationship of luminescence in CaS :Eu,Sm and dopants concentration. J. Lumines. 2002, V. 99, p. 237-245.
 - Weidner M., Osvet A., Schiering G., Batentschuka M., Winnackera A. Influence of dopant compounds on the storage mechanism of CaS : Eu²⁺,Sm³⁺. J. Appl. Phys., 200, V. 100, p. 2879-2890.
 - Тагиев Б.Г., Тагиев О.Б., Джаббаров Р.Б., Мусаева Н.Н., Касимов У.Ф. Фотолюминесценция в соединениях Ca₄Ga₂S₇:Ce³⁺ и Ca₄Ga₂S₇:Pr³⁺. Неорган. Материалы, 2000, Т.36, № 1, с.3-6.
 - Гулиев Т.Н. Фазовые равновесия в халькогенидных системах A^{III}-A^{II}(A^{VO}-B^{VI}) (A^{III}-Ga,In; A^{II}-Ca,Sr,Ba; A^V-As,Sb,Bi; B^{VI}-S,Se,Te) и физико-химические основы синтеза и выращивания монокристаллов. Дис. на соиск. докт. хим. наук. Баку, 1999, 295 с.
 - Ягубов Н.И., Алиев О.А., Багиева М.Р., Джафарова Е.К. Химические взаимодействия в системе SrIn₂-SrSe. Научный журнал Research Science (Banská Bystrica, Словакия), 2020, № 13, с.27-30.
 - Yagubov N.I., Hamzayeva I.A. Preparation and electro-physical properties of compounds SrIn₂Se₄-SrInSe₂. Proceedings of the 8th International Scientific and Practical Conference Scientific Research in XXI Century, 2021, V.44, p. 636-637.
 - Ягубов Н.И., Эфендиева С.К. Химическая взаимодействие в системе SrGaSe₂-SrGa₂Se₄. Научный журнал Венгрии, 2021, V.79, с.40-43.
 - Bradley A.J. The crystal structure of gallium. Zeitschrift fuer, Kristallographie, Kristallgeometrie, Kristallphysik, Kristallographie, 1977, V. 91, p. 302-316.
 - Диаграммы состояния двойных металлических систем. Справочник: В 3т: Т.3 // Под. Ред. Н.П. Лякишева. М.: Машиностроение, 2000, 448 с.

Ga-SrSe SISTEMINDƏ KİMYƏVİ QARŞILIQLI TƏSİRİN TƏDQIQI

N.İ.Yaqubov, A.N.Sultanova, İ.İ.Əliyev

Xülasə. Fiziki-kimyəvi analiz metodları: diferensial-termiki (DTA), rentgenfaza (RFA), mikroquruluş (MQA) analizləri və həmçinin mikrobərkliyin və sıxlığın təyini vasitəsilə Ga-SrSe sistemində kimyəvi qarşılıqlı təsir öyrənilmiş və onun T-x faza diaqramı qurulmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, Ga-SrSe sistemi kvazibinar olub, evtektik tiplidir. Sistemdə Ga tərəfdə cırılmış evtektika əmələ gəlmişdir. Sistemdə otaq temperaturunda yalnız SrSe əsasında 5 mol % Ga bərk məhlulunun əmələ gəldiyi müəyyən edilmişdir. Yarımqeçirici birləşmələrin fiziki-kimyəvi analiz metodlarından biri də tərkibdən asılı olaraq mikrobərkliklərinin təyini. Ga-SrSe sistemində mikrobərkliyin iki fərqli qiyməti müəyyən edilmişdir. Onlardan biri SrSe Düzəliş edilib qırmızı rənglə

Onlardan biri SrSe birləşməsi əsasında alınmış α - bərk məhlulun ərintilərinin mikrobərkliyi (1240-1250)MPa arasında dəyişir, mikrobərkliyin digəri qiyməti isə (700-730) MPa qalliumun tərkibli ərintilərinin mikrobərkliyinə uyğundur.

Sistemdə alınan ərintilərin sıxlıqları isə tərkibdən asılı olaraq monoton artır.

Açar sözlər: sistem, kvazibinar, evtektika, mikrobərklik, bərk məhlul.

Accepted: 12.12.2023

MÜƏLLİFLƏR ÜÇÜN TƏLİMAT

Məqalə hazırlanarkən aşağıdakı tələblər nəzərə alınmalıdır:

1. Məqalə Azərbaycan, rus və ingilis dillərindən birində, Microsoft Word mətn redaktorunda A4 formatında (soldan, yuxarıdan, aşağıdan və sağdan – 2 sm), Times New Roman şrifti ilə 12 ölçüdə, vahid sətirarası intervalla və mətn daxili yazıda 1 sm abzas buraxmaqla hazırlanmalı, səhifə sayı 5-8 arasında olmalıdır.

2. Məqalənin mətninin aşağıdakı bölmələrdən ibarət olması tövsiyə olunur:

- giriş (məsələnin aktuallığı, problemin hazırkı vəziyyəti);
- tədqiqatın məqsədi, məsələnin qoyuluşu;
- məsələnin həll üsulları və aprobeasiyası;
- alınan nəticələrin tətbiqi;
- nəticə.

3. Məqalə aşağıdakı ardıcılıqla hazırlanmalıdır: məqalənin adı – ortadan, böyük hərflərlə, qalın şriftlə, sonda bir boş sətir; müəlliflərin adı, soyadı və atasının adı açıq şəkildə yazılmalıdır – ortadan, qalın şriftlə; müəlliflərin iş yeri, şəhər, ölkə və e-poçt ünvanı – ortadan kursivlə; müəlliflərin ORCID nömrələri – ortadan kursivlə, sonda bir boş sətir; xülasə (min. 100 söz, maks. 200 söz); açar sözlər (3-5 söz) – kursivlə; giriş və digər alt başlıqlar – soldan, qalın şriftlə, əvvəlində bir boş sətir.

Məqalənin adı, müəlliflərin adı, soyadı və atasının adı, xülasə və açar sözlər məqalənin yazıldığı dildə və ingilis dilində təqdim olunmalıdır. Əgər məqalə ingilis dilində tərtib edilibsə, yuxarıda qeyd olunanlar yalnız ingilis dilində yazılmalıdır.

4. Ədəbiyyat siyahısı: hər bir istinad olunan mənbənin adı tərcümə olunmadan, məqalədə istifadə olunma ardıcılığına uyğun olaraq nömrələnir. Mətnə istinadlar aşağıdakı kimi verilir:

– əgər istinad edilən əsər jurnal materialıdırsa mətnin daxilində kvadrat mötərizədə göstərilir (məsələn, [3]). Ədəbiyyat siyahısında isə əsər müəlliflərinin soyadı, inisialı, əsərin adı, jurnalın adı, buraxıldığı il, seriya və ya nömrəsi, əsərin jurnaldakı səhifə aralığı göstərilir.

Məsələn, 3. Əmənöv Y.A. Abrazivin metallə toxunma zonasında yaranan gərginliklərin təyini metodikası haqqında. AZTU-nun elmi əsərləri, 2021, №1, s. 65-71.

– əgər istinad edilən əsər kitab materialıdırsa mətnin daxilində kvadrat mötərizədə istinadın nömrəsi və əsərin kitabdakı səhifə aralığı göstərilir (məsələn, [9, s. 120-122]). Ədəbiyyat siyahısında isə əsər müəlliflərinin soyadı, inisialı, əsərin adı, şəhər adı, nəşriyyat adı, buraxıldığı il, kitabın ümumi səhifə sayı göstərilir.

Məsələn, 9. Cümşüdoğ S.Q. İdarəetmə qərarlarının qəbulu. Bakı, "Təhsil NPM", 2010, 160 s.

5. Məqalədə cədvəl və şəkillər nömrələnir: cədvəl – cədvəlin yuxarısında, kursivlə, sağdan (məs., *Cədvəl 1*), şəkil – şəkilin altında, kursivlə, ortadan (məs., *Şəkil 1.*) və mətn hissədən (yuxarıdan və aşağıdan) bir boş sətir buraxmaqla göstərilməlidir. Cədvəllər bilavasitə məqalənin mətnində yerləşdirilməlidir. Hər cədvəlin öz başlığı olmalıdır. Cədvəllərdə mütləq ölçü vahidləri göstərilməlidir. Şəkillər aydın və vahid obyekt şəklində olmalıdır (ayrı-ayrı şəkillərin süni qruplaşdırılaraq yerləşdirilməsi yolverilməzdir).

6. Məqalədə istifadə olunan ölçü vahidləri beynəlxalq ölçü vahidləri sisteminə uyğun olmalıdır. Qəbul olunmuş sözlərdən başqa (və s., və i.a.), qısaldılmış sözlərdən istifadə etmək olmaz.

7. Düsturlar Microsoft Equation-də standart parametr ilə yığılır. Mətnə ancaq istifadə olunan düsturlar nömrələnir. Düsturun nömrəsi sağda mötərizədə yazılır.

8. Redaksiyaya məqalə göndərildikdə müəlliflər haqqında məlumat: soyadı, adı, atasının adı, elmi dərəcəsi, elmi rütbəsi, iş yeri, vəzifəsi, ORCID nömrəsi, məqalənin aid olduğu bölmə, telefon nömrəsi, e-poçt ünvanı da təqdim olunmalıdır.

9. Redaksiyaya daxil olan məqalələr rəyə təqdim olunur və müsbət rəy almış məqalələr çapa tövsiyə olunur.

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

The following requirements should be considered for preparing the article:

1. The article should be prepared in Azerbaijani, Russian, or English, using the Microsoft Word text editor, in A4 format with margins of 2 cm on the left, top, bottom, and right. The font should be Times New Roman, size 12, with single line spacing, and a 1 cm paragraph indentation. The text should be between 5-8 pages.

2. It is recommended that the text of the article consist of the following sections:

- Introduction (relevance of the issue, current state of the problem);
- Research purpose, problem statement;
- Methods of problem resolution and validation;
- Application of obtained results;
- Conclusion.

3. The article should be prepared in the following sequence: the title of the article – centered, in uppercase, bold, with an extra line at the end; authors' names, surnames, and patronymics should be clearly written – centered, in bold; the authors' workplace, city, country, and email address – centered in italics; authors' ORCID numbers – centered in italics, with an extra line at the end; abstract (min. 100 words, max. 200 words); keywords (3-5 words) – in italics; introduction and other subheadings – left-aligned, in bold, with an extra line at the beginning.

The title of the article, authors' names, surnames, and patronymics, abstract, and keywords should be presented in the language in which the article is written and in English. If the article is written in English, the above-mentioned information should be in English only.

4. Bibliography: Each cited source in the article should be numbered according to the order of use in the text, without translation of the source's name. Citations in the text are given as follows:

– If the cited work is a journal article, it is indicated within square brackets in the text (e.g., [3]). In the bibliography, the authors' surname, initials, the title of the work, the name of the journal, the year of publication, series or number, and the page range in the journal are provided. Example: 3. Amanov Y.A. Methodology for determining stresses in the contact zone of abrasive with metal. Proceedings of AzTU, 2021, No.1, pp. 65-71.

– If the cited work is a book, the reference number and the page range of the work in the book are indicated within square brackets in the text (e.g., [9, p. 120-122]). In the bibliography, the authors' surname, initials, the title of the work, city name, publishing house name, year of publication, and the total number of pages in the book are provided. Example: 9. Jumshudov S.G. Adoption of managerial decisions. Baku, "Təhsil NPM", 2010, 160 p.

5. Tables and figures in the article are numbered: the table number is indicated above the table in italics, aligned to the right (e.g., *Table 1*), the figure is indicated below the figure in italics, centered (e.g., *Figure 1*), and should be separated from the text portion (top and bottom) by an empty line. Tables should be directly placed in the text of the article. Each table should have its own title. Measurement units must be specified in tables. Figures should be clear and presented as a single object (grouping individual figures separately is not allowed).

6. Measurement units used in the article should conform to the international system of measurement units. The use of accepted abbreviations (e.g., etc., et al.) and shortened words is not allowed.

7. Formulas are constructed using Microsoft Equation with standard parameters. Only the formulas used in the text are numbered, and the formula number is written to the right in parentheses.

8. When submitting an article to the editorial office, information about the authors should be provided: surname, name, patronymic, academic degree, academic title, workplace, position, ORCID number, section to which the article belongs, phone number, and email address.

9. Articles submitted to the editorial office are subjected to review, and positively reviewed articles are recommended for publication.

УКАЗАНИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

При подготовке статьи необходимо учитывать следующие требования:

1. К публикации принимаются статьи на азербайджанском, русском и английском языках, в текстовом редакторе Microsoft Word формата А4 (слева, сверху, снизу и справа – 2 см), текст набирается шрифтом Times New Roman- размер кегля 12, межстрочный интервал одинарный. Абзацный отступ -0,5 см. Объем статьи не более 5-8 страниц.
2. Текст статьи должен состоять из следующих разделов:
 - введение (актуальность вопроса, современное состояние проблемы);
 - цель исследования, постановка проблемы;
 - методы решения и апробация проблемы;
 - применение полученных результатов;
 - выводы.
3. Статья должна быть оформлена в следующем порядке: название статьи – посередине, заглавными буквами, жирным шрифтом, в конце пустая строка; имя, фамилия и отчество авторов должны быть написаны четко – посередине, жирным шрифтом; место работы, город, страна и адрес электронной почты авторов – курсивом; номера ORCID авторов – посередине курсив, в конце пустая строка; резюме (мин. 100 слов, макс. 200 слов); ключевые слова (3-5 слов) – курсивом; введение и остальные подзаголовки – слева, жирным шрифтом, пустая строка в начале.
Название статьи, имя, фамилия и отчество авторов, аннотация и ключевые слова должны быть представлены на языке статьи и на английском языке. Если статья написана на английском языке, вышеуказанное должно быть написано только на английском языке.
4. Библиография: название каждого цитируемого источника нумеруется в соответствии с порядком его использования в статье, без перевода. Ссылки в тексте даны следующим образом:
 - если цитируемая работа является журнальным материалом, она указывается в квадратных скобках внутри текста (например, [3]). В списке литературы указываются фамилия и инициалы авторов работы, название работы, название журнала, год издания, серия или номер, страницы. Например, 3. Аманов Ю.А. О методике определения напряжений, возникающих в зоне контакта металла с абразивом. Научные труды АзТУ, 2021, №1, с. 65-71.
 - если ссылочная работа является книжным материалом, номер ссылки и межстраничный интервал работы в книге указываются в квадратных скобках внутри текста (например, [9, с. 120-122]). В списке литературы указываются фамилия и инициалы авторов, название произведения, название города, наименование издательства, год издания, общее количество страниц книги. Например, 9. Джумшудов С.Г. Принятие управленческих решений. Баку, «НПМ Образование», 2010, 160 с.
5. Таблицы и рисунки в статье нумеруются: таблица — над таблицей, курсивом, справа (например, *Таблица 1*), рисунок — под рисунком, курсивом, посередине (например, *Рис. 1.*), таблицы должны быть отделены от текстовой части (сверху и снизу) пустыми строками. Таблицы следует размещать непосредственно в тексте статьи. Каждая таблица должна иметь свой заголовок. Единицы измерения должны быть указаны в таблицах. Изображения должны быть четкими и представлять собой единый объект (искусственная группировка отдельных изображений не допускается).
6. Единицы измерения, используемые в статье, должны соответствовать международной системе единиц измерения. Кроме принятых слов (и т.д. и т.п.), нельзя использовать сокращенные слова.
7. Формулы компилируются в Microsoft Equation по стандартным параметрам. Нумеруются только формулы, используемые в тексте. Номер формулы указывается в скобках справа.
8. При отправке статьи в редакцию указываются сведения об авторах: фамилия, имя, отчество, ученая степень, ученое звание, место работы, должность, номер ORCID, раздел, к которому относится статья, номер телефона и адрес электронной почты. Также необходимо указать адрес.
9. Статьи, поступившие в редколлегия, передаются на рецензирование, получившие положительные отзывы статьи, рекомендуются к публикации.

Formatı: 60x84 ¹/₈
Həcmi: 10,75 ç.v.
Tirajı: 500

Jurnal AzTU Press Nəşriyyatında çap olunmuşdur.

