



SUMQAYIT DÖVLƏT UNIVERSİTETİ

СУМГАИТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

SUMGAYIT STATE UNIVERSITY

ELMI XƏBƏRLƏR

НАУЧНЫЕ ИЗВЕСТИЯ

SCIENTIFIC NEWS

ISSN 1680 - 1245

Print

ISSN 2706 - 719X

Online

TƏBİƏT VƏ TEXNİKİ ELMLƏR BÖLMƏSİ

СЕРИЯ: ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

SERIES FOR NATURAL AND TECHNICAL SCIENCES



Cild
Tom
Volume

25 № 3

Sumqayıt

2025

ISSN 2706-719X (Online)
ISSN 1680-1245 (Print)



SUMQAYIT DÖVLƏT UNIVERSİTETİ
СУМГАИТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
SUMGAIT STATE UNIVERSITY

ELMİ XƏBƏRLƏR

НАУЧНЫЕ ИЗВЕСТИЯ

SCIENTIFIC NEWS

Təbiət və texniki elmlər bölməsi
Серия: Естественные и технические науки
Series for Natural and Technical Sciences

Cild 25

2025

№ 3

Sumqayıt – 2025

Sumqayıt Dövlət Universiteti
Elmi xəbərlər. Təbiət və texniki elmlər bölməsi
REDAKSİYA HEYƏTİ

Baş redaktor Əminəğa Sadıqov, AMEA-nın müxbir üzvü, professor, rektor
Baş redaktorun müavini Elşad Abdullayev, dosent, elm və innovasiyalar üzrə prorektor

REDAKSİYA HEYƏTİNİN ÜZVLƏRİ

Fizika Albert Qilmutdinov, akad. (Rusiya), Seong-Cho Yu, prof. (Cənubi Koreya),
Riyaziyyat Süleyman Özçelik, prof. (Türkiyə), Kazimir Yanuşkeviç, prof. (Belarus),
Kamil Sabitov, prof. (Rusiya), Kamil Mənsimov, prof. (Azərbaycan),
Həmidulla Aslanov, prof. (Azərbaycan), Məmməd Yaqubov, prof. (Azərbaycan),
Vəqif Salmanov, prof. (Azərbaycan), Rəşid Əliyev, r.e.d. (Azərbaycan),
Tamella Əhmədova, dos. (Azərbaycan), Zəfər Hüseynov, dos. (Azərbaycan),
Xəlida Həsənova, dos. (Azərbaycan), Samir Orucov, dos. (Azərbaycan),
Gülnarə Quliyeva, dos. (məsul redaktor, Azərbaycan), Xəyalə Seyfullayeva, dos.
(Azərbaycan), Vüsalə Babacanova, dos. (Azərbaycan), Coşqun Bayramov, dos.
(Azərbaycan), Sevil Lətifova, dos. (Azərbaycan)
Kimya elmləri Ramil Baxtizin, akad.(Rusiya), Vəqif Abbasov, akad.(Azərbaycan), Dilqəm Tağıyev,
akad. (Azərbaycan), Məhəmməd Babanlı, AMEA-nın müxbir üzvü, prof. (Azərbaycan),
Tatyana Prosoçkina, prof. (Rusiya), Eldar Əhmədov, prof. (Azərbaycan),
Muxtar Səmədov, prof. (Azərbaycan), Musa Mustafayev, dos. (məsul redaktor,
Azərbaycan), Vəliyəddin Əhmədov, dos. (Azərbaycan), Mətləb Hətəmov, dos.
(Azərbaycan)
Biologiya elmləri Elşad Qurbanov, AMEA-nın müxbir üzvü, prof. (Azərbaycan), Pənah Muradov, AMEA-
nın müxbir üzvü, prof. (Azərbaycan), Vladimir Prokofyev, prof. (Rusiya), Ulduz Həşimova,
prof. (Azərbaycan), Selia Bell, dos.(İngiltərə), Arzu Baxşalıyev, dos. (məsul redaktor,
Azərbaycan).
Coğrafiya elmləri Vladimir Kozodyorov, prof. (Rusiya), Anatoliy Yamaşkin, prof. (Rusiya), Niyaz Valiyev,
prof. (Rusiya), Yaqub Qəribov, prof. (Azərbaycan), Məhəmməd Abduev, dos.
(Azərbaycan), İlham Mərdanov, dos. (məsul redaktor, Azərbaycan), Zoya Abdullayeva,
dos. (Azərbaycan)
Texnika elmləri Telman Əliyev, akad. (Azərbaycan), Ağası Məlikov, AMEA-nın müxbir üzvü, prof.
(Azərbaycan), Nail Kaşapov, REA-nın müxbir üzvü, prof. (Rusiya), İtalo Trivizan, prof.
(İtaliya), Yevgeniy Moşev, prof.(Rusiya), Aleksandr Qolenişev-Kutuzov, prof. (Rusiya),
Mixail Verxoturov, prof. (Rusiya), Leonid Ponomarenko, prof. (Ukrayna),
Vladimir Qvozdev, prof. (Rusiya), Aqil Hüseynov, prof. (Azərbaycan), Cavanşir
Məmmədov, prof. (Azərbaycan), Nikola Nikolov, dos. (Bolqarıstan), İqor Korşunov, dos.
(Rusiya), Georgios Dafoulas, dos.(İngiltərə), Ulduz Ağayev, dos. (Azərbaycan), Şəhla
Hüseynzadə, t.e.d., dos. (məsul redaktor, Azərbaycan), Turqay Hüseynov, dos.
(Azərbaycan)

Сумгаитский государственный университет
Научные известия. Серия: Естественные и технические науки
РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор Аминага Садыгов, член-корр. НАНА, профессор, ректор
Зам. главного редактора Эльшад Абдуллаев, доцент, проректор по науке и инновациям

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ

Физика Альберт Гильмутдинов, акад. (Россия), Сеонг-Чу Ю, проф. (Южная Корея),
Математика Сулейман Озчелик, проф. (Турция), Казимир Янушкевич, проф. (Белоруссия),
Камиль Сабитов, проф. (Россия), Камиль Мансимов, проф. (Азербайджан),
Гамидулла Асланов, проф. (Азербайджан), Мамед Ягубов, проф. (Азербайджан),
Вагиф Салманов, проф. (Азербайджан), Рашид Алиев, к.м.н. (Азербайджан),
Тамелла Ахмедова, доц. (Азербайджан), Зафар Гусейнов, доц. (Азербайджан),
Халида Гасанова, доц. (Азербайджан), Самир Оруджев, доц. (Азербайджан),
Гюльнара Кулиева, доц. (отв. ред., Азербайджан), Хаяля Сейфуллаева, доц.
(Азербайджан), Вюсалия Бабаджанова, доц. (Азербайджан), Джошгун Байрамов,
доц. (Азербайджан), Севиль Латифова, доц. (Азербайджан)
Химия. Рамиль Бахтизин, акад. (Россия), Вагиф Аббасов, акад. (Азербайджан),
Дильгам Тагиев, акад. (Азербайджан), Махаммад Бабанлы, член-корр.НАНА, проф.
(Азербайджан), Татьяна Просочкина, проф. (Россия), Эльдар Ахмедов,

	<i>проф. (Азербайджан), Мухтар Самедов, проф. (Азербайджан), Муса Мустафаев, доц. (отв. ред., Азербайджан), Валияддин Ахмедов, доц. (Азербайджан), Матлаб Гатамов, доц. (Азербайджан)</i>
Биология	<i>Эльшад Гурбанов, член-корр. НАНА, проф. (Азербайджан), Панах Мурадов, член-корр. НАНА, проф. (Азербайджан), Владимир Прокофьев, проф. (Россия), Улдуз Гашимова, проф. (Азербайджан), Селиа Белл, доц., (Англия), Арзу Бахшалиев, доц. (отв. ред., Азербайджан).</i>
География	<i>Владимир Козодёров, проф. (Россия), Анатолий Ямашкин, проф. (Россия), Нияз Валиев, проф. (Россия), Ягуб Гарибов, проф. (Азербайджан), Магомед Абдуев, доц. (Азербайджан), Ильхам Марданов, доц. (Азербайджан), Зоя Абдуллаева, доц. (Азербайджан)</i>
Технические науки	<i>Тельман Алиев, акад. (Азербайджан), Агаси Меликов, член-корр. НАНА, проф. (Азербайджан), Наиль Кашапов, член корр. РАН, проф. (Россия), Итало Тривизан, проф. (Италия), Евгений Мошев, проф. (Россия), Александр Голенищев-Кутузов, проф. (Россия), Михаил Верхотуров, проф. (Россия), Леонид Понаморенко, проф. (Украина), Владимир Гвоздев, проф. (Россия), Агиль Гусейнов, проф. (Азербайджан), Джаваншир Мамедов, проф. (Азербайджан), Никола Николов, доц. (Болгария), Игорь Коршунов, доц. (Россия), Георгиус Дафюлас, доц. (Англия), Улдуз Агаев, доц. (Азербайджан), Шахла Гусейнзаде, д.т.н., доц. (отв. ред., Азербайджан), Тургай Гусейнов, доц. (Азербайджан)</i>

Sumgayit State University
Scientific News. Series for Natural and Technical Sciences
EDITORIAL STAFF

Editor in Chief	Aminaga Sadigov , <i>corresponding member ANAS, professor, Rector</i>
Deputy of Editor in Chief	Elshad Abdullayev , <i>ass.prof., Vice-Rector for Science and Innovations</i>

MEMBERS OF EDITORIAL STAFF

Physics	Albert Gilmutdinov , <i>acad. (Russia)</i> , Seong-Cho Yu , <i>prof. (South Korea)</i> ,
Mathematics	Suleyman Ozchelik , <i>prof. (Turkey)</i> , Kazimir Yanushkevich , <i>prof. (Belarus)</i> , Kamil Sabitov , <i>prof. (Russia)</i> , Kamil Mansimov , <i>prof. (Azerbaijan)</i> , Hamidulla Aslanov , <i>prof. (Azerbaijan)</i> , Mammad Yagubov , <i>prof. (Azerbaijan)</i> , Vagif Salmanov , <i>prof. (Azerbaijan)</i> , Rashid Aliyev , <i>ass.prof. (Azerbaijan)</i> , Tamella Ahmadova , <i>ass.prof. (Azerbaijan)</i> , Zafar Huseynov , <i>ass.prof. (Azerbaijan)</i> , Khalida Hasanova , <i>ass.prof. (Azerbaijan)</i> , <i>(отв. ред., Азербайджан)</i> , Samir Orujov , <i>ass.prof. (Azerbaijan)</i> , Gulnara Guliyeva , <i>ass.prof. (executive editor, Azerbaijan)</i> , Khayala Seyfullayeva , <i>ass.prof. (Azerbaijan)</i> , Vusala Babajanova , <i>ass.prof. (Azerbaijan)</i> , Joshgun Bayramov , <i>ass.prof. (Azerbaijan)</i> , Sevil Latifova , <i>ass.prof. (Azerbaijan)</i>
Chemical sciences	Ramil Bakhtizin , <i>acad. (Russia)</i> , Vagif Abbasov , <i>acad. (Azerbaijan)</i> , Dilgham Taghiyev , <i>acad. (Azerbaijan)</i> , Mahammad Babanli , <i>prof. (Azerbaijan)</i> , Tatyana Prosochkina , <i>prof. (Russia)</i> , Eldar Ahmadov , <i>prof. (Azerbaijan)</i> , Mukhtar Samadov , <i>prof. (Azerbaijan)</i> , Musa Mustafayev , <i>ass.prof. (executive editor, Azerbaijan)</i> , Valiyaddin Akhmadov , <i>ass.prof. (Azerbaijan)</i> , Matlab Hatamov , <i>ass.prof. (Azerbaijan)</i>
Biological sciences	Elshad Qurbanov , <i>prof. (Azerbaijan)</i> , Panah Muradov , <i>prof. (Azerbaijan)</i> , Vladimir Prokofyev , <i>prof. (Russia)</i> , Ulduz Hashimova , <i>prof. (Azerbaijan)</i> , Selia Bell , <i>ass.prof. (England)</i> , Arzu Baxshaliyev , <i>ass.prof. (executive editor, Azerbaijan)</i>
Geographical sciences	Vladimir Kozodyorov , <i>prof. (Russia)</i> , Anatoliy Yamashkin , <i>prof. (Russia)</i> , Niyaz Valiyev , <i>prof. (Russia)</i> , Yagub Garibov , <i>prof. (Azerbaijan)</i> , Mahammad Abduyev , <i>ass.prof. (Azerbaijan)</i> , Ilham Mardanov , <i>ass.prof. (Azerbaijan)</i> , Zoya Abdullayeva , <i>ass.prof. (Azerbaijan)</i>
Technical sciences	Telman Aliyev , <i>acad. (Azerbaijan)</i> , Aghasi Malikov , <i>Corresponding member of the ANAS</i> , <i>prof. (Azerbaijan)</i> , Nail Kashapov , <i>Corresponding member of the RAS</i> , <i>prof. (Russia)</i> , Italo Trivizan , <i>prof. (Italy)</i> , Yevgeniy Moshev , <i>prof. (Russia)</i> , Aleksandr Golenishev- Kutuzov , <i>prof. (Russia)</i> , Mixail Verxoturov , <i>prof. (Russia)</i> , Leonid Ponomarenko , <i>prof. (Ukraine)</i> , Vladimir Gvozdev , <i>prof. (Russia)</i> , Agil Huseynov , <i>prof. (Azerbaijan)</i> , Javanshir Mammadov , <i>prof. (Azerbaijan)</i> , Nikola Nikolov , <i>ass.prof. (Bulgaria)</i> , Igor Korshunov , <i>ass.prof. (Russia)</i> , Georgios Dafoulas , <i>ass.prof. (England)</i> , Ulduz Aghayev , <i>ass.prof. (Azerbaijan)</i> , Shahla Huseynzadeh , <i>Doctor of Technical Sciences, ass.prof. (executive editor Azerbaijan)</i> , Turgay Huseynov , <i>ass.prof. (Azerbaijan)</i>

Метод обратных задач диагностики нефтяных пластов

Мусаева Матанат Асаф гызы [ORCID](#)

Азербайджанский государственный педагогический университета, Баку, Азербайджан, доцент
musayeva08@inbox.ru

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ	РЕЗЮМЕ
История статьи Получено: 03.07.2025 Исправлено: 16.09.2025 Принято: 22.09.2025	<i>В статье описан метод обратных задач диагностики объектов и определены их физические характеристики, результаты применены к диагностике нефтяных пластов. Для ясности поставленной задачи исследование проведено для одномерного, однофазного случая с простым уравнением состояния. Доказано существование и единственность решения задачи диагностики для абстрактного случая, которая справедлива также для задачи в приложении, изложены принципы итеративной регуляризации решения задачи диагностики и алгоритм решения для типичного случая. Для типичного случая задачи приведен численный пример демонстрирующий методику проведения диагностики. Для других объектов диагностика поводится аналогичным образом</i>
Ключевые слова вариационный метод, математическая модель, тепловая неразрушающая диагностика, нефтегазовые пласты, регуляризация, обратные задачи	

1. Введение

Диагностикой является определение физических характеристик объекта, необходимых для описания его образа [1-3]. Среди методов диагностики особое место занимает неразрушающая диагностика, то есть диагностика без вывода объекта или его основных частей из рабочего режима, без изъятия проб, без нарушения его структуры и целостности, только на основе наблюдений вне объекта [1,4]. Тепловая диагностика, основана на определении теплофизических характеристик объектов. Методы диагностики объектов основанных на решении обратных задач дает возможность их тепловой неразрушающей диагностики. В данной работе исследуется метод диагностики, основанный на решении обратных задач [1-6].

Вопросы диагностики имеют давнюю историю. Однако, значительный прогресс в этом направлении был сделан после 60-х годов прошлого столетия, когда были созданы методы решения некорректных задач [1; 4-9]. Они образовали основу решения обратных задач, составляющих фундамент для исследования неразрушающей диагностики объектов. После создания и развития методов решения некорректных задач интенсивно велись разработки по неразрушающему измерению, контролю и диагностике, создавались физические основы и приборы для этой цели [1-6]. Бурное развитие теории и методов решения широкого класса обратных и некорректных задач прикладного и теоретического значения [1-9] за истекший период составили основу разработки методов диагностики медицинского и промышленного назначения [1-10].

В большинстве методов диагностики по наблюдениям вне объекта производится распознавание его физического образа. Диагностирование обычно проводится определением физических характеристик объектов, по которым дается заключение об их физическом образе. В этом смысле диагностика тесно связана с методами решения обратных и некорректных задач. Анализ опыта проведения многочисленных работ по диагностике в медицине и в промышленности дает основание обобщить их результаты. Современное

развитие методов диагностики опирается на развитие методов решения обратных задач. В настоящее время эта работа требует вариационную постановку изучаемых обратных задач [1-9], так как большинство методов регуляризации имеют вариационную природу. На основе этих обобщений ниже излагается математическая модель диагностики в абстрактном виде, где далее она применена к диагностике нефтяных пластов и приводится типичный численный пример этих задач.

2. Постановка задачи и абстрактной модели диагностики

Пусть H гильбертово, U, F и G банахово пространства. Предположим, что элемент v принадлежит гильбертовому пространству H , есть набор тех характеристик материала объекта, которые в принятом для диагностики смысле однозначно выражают его физический образ. Такой элемент, обычно, называют функцией или признаком диагностики. Возможные физические образы объекта составляют множество $S \subset H$, то есть функции диагностики $v \in S \subset H$. Предположим, что множество функций диагностики входят в шар $S_R \subset H$ с радиусом R в пространстве H . Для простоты изложения предположим, что признаки диагностики образуют шар $S_R \subset H$ с радиусом R в пространстве H . Пусть ω – некоторый заданный элемент множества $S_R \subset H$, который назовём также эталоном диагностики, то есть $\omega \in S_R \subset H$ является признаком диагностики эталона. В практике элемент $\omega \in S_R \subset H$ задается нормативными органами, то есть с участием органов ответственных за результаты диагностики. Обычно, элемент ω задается из множеств $S_R \subset H$, как наиболее предположительно ожидаемый физический образ объекта. Поэтому, допускается, что эталон $\omega \in S_R \subset H$ может содержать немало погрешностей [1-3].

Нетрудно проверить, что задача минимизации функционала $d(v) = \|v - \omega\|_H^2$ на множестве $S_R \subset H$ имеет единственное решение. Действительно, множество $S_R \subset H$ является шаром с радиусом $R > 0$. Поэтому оно выпукло в пространстве H . Функционал $d(v)$ является непрерывным и сильно выпуклым на множестве $S_R \subset H$. Поэтому, из теоремы о существовании и единственности минимума сильно выпуклого функционала на выпуклом множестве следует, что задача о минимизации функционала $d(v) = \|v - \omega\|_H^2$ на множестве $S_R \subset H$ имеет единственное решение.

Известно, что любая диагностика объекта производится при обстоятельствах протекания в них некоторых процессов. Пусть протекающие в изучаемом объекте процессы описываются семейством операторов $A(v, u)$, которые для каждого $v \in S_R \subset H$, действуют из банахова пространства U в банахово пространство F :

$$A(v, u) = f, \quad (1)$$

где, $f \in F$ – заданный элемент, $u \in U$ – решение уравнения (1). В уравнении (1) описываются процессы протекающие в диагностируемых объектах, наряду с элементом u также входит элемент выражающий физический образ объекта $v \in S_R \subset H$. Поэтому, зависимость оператора A как от элемента u так и от элемента v является естественным. Теперь предположим, что при фиксированном $f \in F$ и произвольных $v \in S_R \subset H$, на решениях уравнения (1) $u \in U$ задано дополнительное соотношение

$$B(v, u) = g, \quad u \in U, \quad g \in G, \quad (2)$$

где g – элемент банахова пространства G , оператор B для каждого элемента $v \in S_R \subset H$, по переменной u действует из пространства U в пространство G . Условия для операторов $A(v, u)$ и $B(v, u)$, а также выбор пространств H, U, F, G – оговариваются при рассмотрении

конкретных задач диагностики. В указанных выше соотношениях они общие операторы, удовлетворяющие условиям, которые указаны в конкретных случаях. Во многих практически важных случаях оператор $B(v; u)$ не имеет обратной задачи, а семейство операторов $A(v, u)$ для каждого $v \in S_R \subset H$ относительно $u \in U$

обычно, имеет ограниченную обратную задачу [5]. Предположим, что оператор $A(v, u)$ для каждого $v \in S_R \subset H$ имеет непрерывный и ограниченный обратный $A^{-1}(v, f)$. Если подставим решение уравнения (1) $u = A^{-1}(v, f)$, в соотношение (2), то оно относительно переменной $v \in S_R \subset H$ при каждом f и g приводит к следующему операторному уравнению:

$$B(v) = g, \quad (3)$$

где $B(v) = B(v, A^{-1}(v, f))$. Неявная нелинейность оператора $B(v)$ затрудняет явное исследование задачи (3). Предполагается, что оператор $B(v)$ непрерывный и ограниченный. В практике исходные данные задачи (1) и (3) задаются с погрешностями. Предположим, что f и g заданы с точностью $\delta > 0$, то есть:

$$\|f - f_\delta\|_F \leq \delta, \quad \|g - g_\delta\|_G \leq \delta,$$

где $f_\delta \in F$ и $g_\delta \in G$ – заданные элементы, δ – заданное положительное число. Если учесть соотношения (1), (2), то эти соотношения могут быть записаны в виде:

$$\|A(v, u) - f_\delta\|_F \leq \delta, \quad \|B(v, u) - g_\delta\|_G \leq \delta, \quad (5)$$

Из этих соотношений получим:

$$\|A(v, u) - f_\delta\|_F + \|B(v, A^{-1}(v; f)) - g_\delta\|_G \leq 2\delta, \quad (6)$$

Из вышеизложенного следует, что для диагностики объекта желательно минимизировать функционал $\|v - w\|_H^2$ на множестве $S_R \subset H$ при выполнении условий (5) или (6). Эта задача является вариационной задачей на условный экстремум и она методом множителей Лагранжа сводится к следующей задаче о минимуме функционала

$$J_\alpha(v) = \|A(v, u) - f_\delta\|_F^2 + \|B(v, u) - g_\delta\|_G^2 + \alpha \|v - w\|_H^2$$

на множестве $S_R \subset H$ [4,7,9]. Другими словами, для диагностики объекта необходимо решить вариационную задачу

$$J_\alpha(v) = \|A(v, u) - f_\delta\|_F^2 + \|B(v, u) - g_\delta\|_G^2 + \alpha \|v - w\|_H^2 \rightarrow \inf, \quad v \in S_R \subset H \quad (7)$$

с неизвестным параметром $\alpha \geq 0$, который определяется из условия (6) или (5) (см.[1-9]), w – заданный элемент множества $S_R \subset H$. Задача (7) при условии (5) или (6), является математической моделью диагностики. Практика решения экстремальной задачи типа (7) с неизвестным параметром $\alpha \geq 0$ [2-9] показывает, что более удобной формой реализации условия типа (5) или (6) является требование выполнения его в виде равенства, то есть в виде:

$$\|A(v, u) - f_\delta\|_F + \|B(v, u) - g_\delta\|_G = 2\delta. \quad (8)$$

Система (1), (2) является одной из общих абстрактных постановок задач диагностики. В итоге, математическая модель диагностики объекта задается в виде экстремальной задачи (7) с определением неизвестного параметра $\alpha \geq 0$ из условия (8). Очевидно, что широкий класс процессов может быть описан в виде операторного уравнения (1). В системе соотношений (1), (2) с заданными элементами f, g , элемент $u \in U$ и элемент $v \in S_R \subset H$ являются неизвестными. Решая задачу (7) при условии (8) находится элемент v_δ^α , а также

элемент u_s^α , [1 – 9]. Укажем теоремы существования и единственности решение задачи (7) при условии (8).

Теорема 1. Пусть функционал $J_o(v)$ на множества $S_R \subset H$ является непрерывным. Тогда задача (7) при условии (8) имеет хотя бы одно решение.

Доказательство Теоремы 1 проводится методом работы [7].

Непрерывность функционала $J_\alpha(v)$ может быть обеспечена непрерывностью операторов $A(v, u), B(v, u)$ с совокупностью переменных.

Теорема 2. Пусть функционал $J_o(v)$ на множества $S_R \subset H$ является непрерывным. Тогда существует такое плотное множество K в пространстве H , что при любом $\alpha > 0$ для произвольного $\omega \in K$ задача (7) при условии (8) имеет единственное решение. Доказательство этой теоремы базируется на принципе И. Экланда [13] и далее проводится методом, указанным в работе [7].

3. Диагностика нефтяных пластов

Вопросы диагностики нефтяных пластов часто возникают в нефтедобыче и представляют первостепенное значение в вопросах оценки запасов нефти. Диагностика пласта часто сводится к оценке гидродинамической связи между скважинами и пластом, а также определением гидродинамического коэффициента проницаемости. Отметим, что при эксплуатации нефтяных месторождений проводится регулярный контроль и диагностики состояния пласта, слежение за происходящими изменениями ее фильтрационных характеристик [12]. Все технические мероприятия с пластами проводятся на основе информации о диагностике пласта. Используются данные полученных по всем скважинам и по межскважинным пространствам. Наиболее трудным является получении информации по межскважинным пространствам [11,12].

Исследуем применение изложенной выше методики к диагностике нефтяных пластов. Пусть D плоский, неоднородный пласт с центральной скважиной радиуса $r_c > 0$, в виде окружности с радиусом R и границей ∂D , r – расстояние от центра этой области до произвольной ее точки, t – временная переменная, $t \in (0, T)$, $T > 0$ – время наблюдения за пластом, $\Omega = D \times (0, T)$, $S = \partial D \times (0, T)$.

Рассмотрим задачу диагностики нефтяного пласта по наблюдениям за центральной скважиной. При этом, жидкость, то есть нефть предполагается несжимаемой. Для простоты рассматривается асимметричный однофазный нестационарный процесс фильтрации нефти к центральной скважине. Все сказанное справедливо также для общего случая. Через $p = p(r, t)$ обозначим давление в пласте в точке r в момент времени t , а через $k(r) > 0$ – коэффициент гидропроводности пласта в точке r . При этих предположениях распределение давления в пласте описывается уравнением [11,12]:

$$\frac{dp(r, t)}{dt} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left[rk(r) \frac{\partial p(r, t)}{\partial r} \right] + f(r, t), 0 < r_c < r < R, 0 < t \leq T, \quad (9)$$

где $f(r, t)$ – заданная функция аргументов r, t .

В задаче диагностики пласта наряду с функцией $p(r, t)$, функция $k(r)$ также является неизвестной и подлежит определению. Так возникает обратная задача для уравнения (9) [11], которая используется для диагностики пласта. Пусть к уравнению (9) присоединены начальные

$$p(r, 0) = 0, \quad 0 < r_c \leq r \leq R, \quad (10)$$

и граничные условия

$$k(r_c) \frac{\partial p}{\partial r}(r_c, t) = g(t), 0 < t \leq T, \quad (11)$$

$$\frac{\partial p}{\partial r}(R, t) = 0, 0 < t \leq T, \quad (12)$$

где, $g(t)$ – заданная функция являющаяся дебитом центральной скважины, функция $f(r, t)$ выражает внутренние источники, (12) является условием «не протекания» на границе пласта [10-12].

Процессы происходящие в нефтяном пласте диагностируются знанием коэффициента гидропроводности $k(r)$. Другими словами, диагностирование пласта базируется на решении обратной задачи для уравнении (9), то есть определение коэффициента гидропроводности $k(r)$ и давления $p=p(r, t)$ пласта. Для определения гидропроводности $k(r)$, пусть к условиям (9)-(12) присоединены еще следующие условия о давлении в центральной скважине (см. также [11,12]):

$$p(r_c, t) = q(t), 0 \leq t \leq T, \quad (13)$$

где $q(t)$ – заданное давление на центральной скважине, которое измеряется и контролируется. Ниже использованы общеизвестные функциональные пространства, которые введены, например, в работах [7,8,10] и др.

Пусть $g(t) \in L_2(0, T)$, $q(t) \in W_2^{\frac{1}{2}}(0, T)$. Пару функций $p(r, t)$ и $k(r) > 0$ назовем решением задачи (10)-(13), если, давление $p(r, t) \in W_2^{1, \frac{1}{2}}(D)$ и $k(r) \in L_2(r_0, R)$, а также удовлетворяется следующее интегральное тождество:

$$\iint_{\Omega} [-p(r, t) \Psi_t(r, t) + k(r) p_r(r, t) \Psi_r(r, t) - f(x, t) \Psi(r, t)] dr dt = \int_0^T g(t) \Psi(r_c, t) dt, \quad (14)$$

для любой функции $\Psi(r, t) \in W^{1,0}(D)$ такое, что $\Psi(r, T) = 0$, где нижние индексы функций $\Psi_t(r, t)$, $p_r(r, t)$, $\Psi_r(r, t)$ означают производные по соответствующим переменным. Известно, что решение начальной–краевой задачи (9)-(12) существует и для него верна следующая априорная оценка [10-12]:

$$\|p\|_{W_2^{1, \frac{1}{2}}(\Omega)} \leq C \|g\|_{L_2(0, T)}, \quad (15)$$

где C – положительная постоянная.

Согласно изложенной модели в пункте 2, для диагностики нефтяного пласта на множестве $S = \{k: k=k(r) \in L_2(r_c, R), 0 < k(r) < \infty\}$ следует минимизировать функционал

$$J_{\alpha}(v) = \|p(r_c, t) - q_{\delta}(t)\|_{L_2(0, T)}^2 + \|k(r_c) \frac{\partial p}{\partial r}(r_c, t) - g_{\delta}(t)\|_{L_2(0, T)}^2 + \alpha \|k(r) - \omega(r)\|_{L_2(r_c, R)}^2 \rightarrow \inf, \quad (16)$$

где заданная функция $\omega=\omega(r)$ –определяется с участием мнений нормативных органов, ответственных за проведением диагностики. При этом неизвестный числовой параметр $\alpha \geq 0$, согласно условию (8), определится из соотношения:

$$\|p(r_c, t) - q_{\delta}(t)\|_{L_2(0, T)}^2 + \|k(r_c) \frac{\partial p}{\partial r}(r_c, t) - g_{\delta}(t)\|_{L_2(0, T)}^2 = 2\delta. \quad (17)$$

Функция $\omega=\omega(r)$ называется признаком диагностики эталона, она задается как наиболее ожидаемый физический образ диагностируемого пласта, $q_{\delta}(t)$ и $g_{\delta}(t)$ – заданные квадратично суммируемые функции, являющиеся приближенными значениями функций $q(t)$ и $g(t)$, соответственно, определяемые практическими измерениями. Решая задачу (16) при условии (17) находим функцию $k_{\delta}^{\alpha} = k_{\delta}^{\alpha}(r)$ и с его помощью из (9)-(12) функцию $p_{\delta}^{\alpha} = p_{\delta}^{\alpha}(r, t)$ выражающую распределение давления в пласте. Эту задачу назовем задачей (16). Из утверждений Теорем 1 и 2 следуют утверждения Теорем 3 и 4.

Теорема 3. Задача (16) при перечисленных выше условиях имеет хотя бы одно решение.

Теорема 4. Существует такое плотное множество K в пространстве $L_2(r_c, R)$, что при любом $\alpha > 0$ для произвольных $\omega \in K$ задача (16) имеет единственное решение.

В Теореме 4 единственность решения имеет место при $\alpha > 0$. Примеры аналогичные тому, которые приведены в [7,8] показывают, что при $\alpha = 0$, решение задачи (16) не единственное и неустойчивое. Следовательно, условия $\alpha > 0$ в Теоремах 2 и 4 существенно для единственности решения задачи диагностики.

4. Итеративная регуляризация задачи диагностики

Задача диагностики относится к классу неустойчивых задач (см. [1-9]). Поэтому к ним необходимо применить устойчивые методы решения. Изложим итеративную регуляризацию для решения этих задач [1-9].

Известно, что итеративная регуляризация является одним из универсальных устойчивых вычислительных методов решения некорректных задач. В работах [1-11] изложена и доказана регуляризуемость итеративных алгоритмов минимизации в функциональных пространствах. Применим итеративные алгоритмы к решению задачи (7). Ради конкретности изложим итерационную процедуру по методу условного градиента [7-9]. Хотя к решению задачи диагностики (7) могут быть применены также другие методы итеративной регуляризации, как метод Ньютона, метод проекции градиента и другие методы минимизации.

Пусть функционал $J_0(v)$ дифференцируем по Фреше на множестве S_R . Рассмотрим итеративную процедуру для решения задачи (7):

$$v^{(m+1)} = v^{(m)} + \beta_m [\omega - v^{(m)}], \quad m = 1, 2, \dots \quad (18)$$

где $v^{(0)}$ – начальное приближение, при котором может быть выбран произвольный элемент множества S_R , число $\beta_m \in (0, 1)$ – есть параметр алгоритма, который определяется из условия убывания функционала: $J_0(v^{(m+1)}) \leq J_0(v^{(m)})$, элемент $v^{(m)}$ определяется из условия минимума следующего линейного функционала относительно элемента $v^{(m)}$:

$$\langle J'_0(v^{(m)}), \omega - v^{(m)} \rangle + \alpha \langle v^{(m-1)} - v^{(m)}, \omega - v^{(m)} \rangle, \quad m = 1, 2, \dots \quad (19)$$

на множестве S_R , $\alpha \geq 0$ – параметр регуляризации, который выбирается в зависимости от $\delta > 0$ из условия (8). При принятых выше предположениях и указанных выше условие для выбора параметра алгоритма β_m в работах [6-9] доказаны регуляризуемость итерационной процедуры (18), (19).

Алгоритм итеративной регуляризации (18), (19) применим также к решению задачи (16) о диагностике нефтяных пластов. Для этого необходимо вычислить градиент функционала (15) и реализовать итеративную процедуру (18), (19). Нетрудно проверить дифференцируемость функционала $J_\alpha(v)$. Придерживаясь известной процедуре [7-9] нетрудно удостовериться, что при перечисленных выше условиях, заданный формулой (16) функционал $J_\alpha(k)$ дифференцируем по Фреше и для его градиента $J'_\alpha(k)$ верна формула

$$J'_\alpha(k) = \int_0^T \frac{\partial p}{\partial r} \frac{\partial \varphi}{\partial r} dt + 2\alpha(k - \omega), \quad (20)$$

где $p = p(r, t) = p(k; r, t)$ является решением краевой задачи (9)-(12) при любом $k \in S_R \subset L_2(\Omega)$ и $\varphi = \varphi(r, t)$ – решение, соответствующей сопряженной задачи. Из (20) получим, что

$$J'_0(k) = \int_0^T \frac{\partial p}{\partial r} \frac{\partial \varphi}{\partial r} dt. \quad (21)$$

Эта формула используется в (19) для проведения следующего шага итерации. Тем самым итеративная процедура регуляризации для решения задачи диагностики нефтяного пласта примет вид

$$k^{(m+1)} = k^{(m)} + \beta_m [\omega - k^{(m)}], \quad m = 1, 2, \dots \quad (22)$$

где $k^{(0)}$ – начальное приближение, которое может быть выбрано как произвольный элемент множества S_R , число $\beta_m \in (0, 1)$ – есть параметр, который определяется из условия

убывания функционала: $J_0(k^{(m+1)}) \leq J_0(k^{(m)})$, элемент $k^{(m)}$ – определяется из условия минимума следующего линейного функционала

$$\langle J'_0(k^{(m)}), \omega - k^{(m)} \rangle + \alpha \langle k^{(m-1)} - k^{(m)}, \omega - k^{(m)} \rangle, \quad m=1, 2, \dots, \quad (23)$$

где $J'_0(k) = \int_0^T \frac{\partial p}{\partial r} \frac{\partial \varphi}{\partial r} dt$, $p = p^{(m)} = p^{(m)}(r, t)$ – решение краевой задачи (9) – (12)

при $k^{(m)}(r)$ и $\varphi = \varphi^{(m)}(r, t)$ – решение соответствующей сопряженной задачи, $\alpha \geq 0$ – параметр регуляризации, который зависит от $\delta > 0$.

5. Заключение

Задачи диагностики относятся к классу задач с большими вычислительными объемами. Ярким примером этого класса задач являются задачи вычислительной томографии [5]. В настоящее время для задач вычислительной томографии разработаны несколько тысяч алгоритмов. К такому классу задач с большими вычислительными объемами относятся также ряд задач диагностики. Следует учесть, что для ряда задач неразрушающей диагностики, система уравнений оказываются в добавок плохо обусловленными, что приводит к резкому замедлению итерационной процедуры и ухудшению результатов. В случае нелинейных уравнений ситуация еще больше усложняется. Как выше было отмечено, что задачи диагностики по своему характеру принадлежат к классу обратных задач, которые обычно являются некорректными. Для частных случаев этой задачи примеры некорректности приведены в [7, 8] и др.

Нетрудно заметить, что результаты разделов 3 и 4 могут быть обобщены на другие случаи неразрушающей диагностики, когда в изучаемых объектах протекают процессы описываемые другими уравнениями. Таким же образом как в пункте 4, для всех этих случаев вывод понятия функции Гамильтона-Понтрягина и градиент функционала качества аналогично тому как было сделано выше для задачи диагностики нефтяного пласта. По такой же схеме реализуется итерационный процесс (25) для численного решения задачи диагностики.

Литература

- [1]. Тихонов, А. Н. Математические задачи компьютерной томографии / А.Н.Тихонов, В.Я.Арсенин, А.А.Тимонов –М.: Наука. –1987, –180 с.
- [2]. Огородников, И. Н. Введение в обратные задачи диагностики / И.Н. Огородников – Екатеринбург: Уральский Университет, –2017, –281 с.
- [3]. Нестерук, Д. А. Тепловой контроль и диагностика / Д.А.Нестерук, В.П.Вавилов –Томск: ТГУ, –2007, –104 с.
- [4]. Тихонов, А.Н. Методы решения некорректных задач / А.Н.Тихонов, В.Я.Арсенин –М.: Наука. –1979. –288 с.
- [5]. Романов, В. Г. Обратные задачи математической физики / В.Г.Романов –М.: Наука, –1984, –335 с.
- [6]. Алифанов, О. М. Идентификация математических моделей сложного теплообмена / О.М.Алифанов, Е.А.Артюхин, А.В.Ненарокомов –М.: МАИ, –1999, –202 с.
- [7]. Искендеров, А.Д. Идентификация квантовых потенциалов / А.Д.Искендеров, Г.Я.Ягубов, М.А.Мусаева –Баку: Чашыюглы, –2012, –550 с.
- [8]. Мусаева, М.А. Вычислительные методы определения квантовых потенциалов / М.А.Мусаева –Баку: АГПУ, –2024, –398с.
- [9]. Васильев, Ф.П. Методы оптимизации. в 2-х книгах: часть II, / Ф.П.Васильев М.: МЦНМО, –2011, –600 с.
- [10]. Ладыженская О. А. Краевые задачи математической физики / О.А. Ладыженская –М.: Наука. –1973, –410 с.

- [11]. Искендеров, А.Д. Обратные краевые задачи для определения параметров фильтрующих сред // Известия АН Азербайджана, серия физ.-техн. и матем. наук, – 1971 г. № 2, –с.30-35
- [12]. Мирзаджанзаде А. Х. Физика нефтяного и газового пласта / А.Х.Мирзаджанзаде –М.: Недра. –1992, –270 с.
- [13]. Экланд, И. Выпуклый анализ и вариационные проблемы / И.Экланд, Темам Р. –М.: Мир, –1979, –320 с.
- [14]. Goebel M. On existence of optimal control. Math. Nachr. –1979, v.93 ,№ 4, –р. 67-73
- [15]. Кобзаш С. Неподвижные точки и полнота в метрических и обобщенных метрических пространствах // Фундамент. и приклад. математика, –2018, т.22, вып.1, –с.127-215

Xülasə

Neft laylarının diaqnostikasının tərs məsələlər üsulu

Musayeva M.A.

Açar sözlər: *Variasiya metodu, riyazi model, diaqnostika, neft və qaz layları, tərs məsələlər*

Obyektlərin fiziki xüsusiyyətlərinin təyini tərs məsələlər metodu üzrə diaqnostikası mücərrəd şəkildə təsvir edilmiş, nəticələr neft laylarının diaqnostikasına tətbiq edilmişdir. Burada aydınlıq üçün təqdimat sadə hal tənliyi ilə, birölçülü, birləşən hal üçün həyata keçirilir. Əlavədəki məsələ üçün də etibarlı olan mücərrəd hal üçün diaqnostika məsələnin həllinin mövcudluğu və ekanəliyi isbat edilmiş, diaqnostika məsələnin həllinin rəqulyarlaşması prinsipləri və tipik hal üçün həll alqoritmi təqdim olunur. Problemin tipik halı üçün diaqnostikanın aparılması metodologiyasını nümayiş etdirən ədədi nümunə verilir. Digər obyektlər üçün diaqnostika oxşar şəkildə aparılır.

Summary

Inverse Problem Method for Oil Reservoir Diagnostics

Musayeva M.A.

Keywords: *Variational method, mathematical model, thermal non-destructive diagnostics, oil and gas reservoirs, inverse problems*

Description of the inverse problem method for diagnostics of objects for determine their physical characteristics; results are applied to diagnostics of oil reservoirs. For clarity, the presentation is given for a one-dimensional, single-phase case with a simple equation of state. Existence and uniqueness of the diagnostic problem solution for the abstract case, which is also valid for the problem in the appendix, are proven; principles of iterative regularization of the diagnostic problem solution and a solution algorithm for a typical case are presented. A numerical example demonstrating diagnostic methods is given for a typical case of the problem. Diagnostics for other objects is proved in a similar manner.

Neyron şəbəkə ilə obraz tanıma məsələlərinin analiziƏliyeva Könül Rizvan qızı [ORCID](#)*Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqayıt, Azərbaycan,*
konul.aliyeva1@sdu.edu.az

MƏQALƏ HAQQINDA MƏLUMAT	XÜLASƏ
Məqalənin tarixçəsi Daxilolma tarixi: 04.04.2025 Düzəliş tarixi: 18.05.2025 Qəbul olunma tarixi: 20.09.2025	Məqalədə neyron şəbəkə ilə obraz tanınma məsələlərinin analiz olunmasına baxılmışdır. Bu məqsədlə süni intellekt və maşın öyrənmədə neyron şəbəkəsinin riyazi model kimi tətbiqi əsaslandırılmışdır. Neyron şəbəkəsinin riyazi modeli təyin edilmiş, çəki əmsalları və hədd qiyətləri hesablanmışdır. İki girişli neyronun öyrətmə və obraz tanınma algoritmi işlənmişdir. İstifadəçi interfeysi vasitəsilə modelin sınaq mərhələləri reallaşdırılmışdır
Açar sözlər neyron şəbəkəsi, öyrətmə algoritmi, tanınma algoritmi, obraz tanınması, riyazi model	

Giriş

Neyron şəbəkələr süni intellekt və maşın öyrənməsinin əsas alətlərindən biridir. Onlar insan beyninin işləmə prinsipləri əsasında yaradılmış riyazi modellərdir. Neyron şəbəkələr verilən məlumatları qəbul edir, onları emal edir və nəticə çıxarır — məsələn, təsvir tanıma, nitq tanıma, proqnozlaşdırma və s. kimi sahələrdə tətbiq olunur [1].

Obraz Tanımadə verilənlərin azlığı və ya qeyri-dəqiqliyi, Overfitting və underfitting problemləri, İşıq, bucaq, fon dəyişiklikləri, real vaxtda sürətli tanıma tələb edən sistemlərdə resurs məhdudiyyəti, modelin səhv tanımasına səbəb ola bilər.

Məqalədə açıq mənbəli (open-source) süni intellekt və maşın öyrənməsi və dərin öyrənmə (deep learning) modellərinin qurulması üçün istifadə olunan TensorFlow kitabxanasına müraciət olunaraq python proqramlaşdırma dilinin tətbiqi ilə alqoritm tərtib olunur. Neyron şəbəkələrin qurulması, təlimi və real tətbiqi, emalın süni intellektlə təchiz edilməsi proqramın əsas məqsədlərindəndir. Verilənlərin çoxölçülü strukturu (matris, vektor və s.), hesablama əməliyyatları qraf şəklində modelləşdirilməsi, modellərin vizual təhlili və izlənməsi üçün interfeys icra edilir.

Neyron şəbəkəsinin öyrətmə algoritmi

Neyron şəbəkəsinin əsas tərkib hissələrindən biri daxili strukturu təyin edilmiş və siqnalları çevirmə qaydasına malik olan süni neyronlardır. Süni neyron tərkibi sinapslardan, cəmləyici və qeyri xətti çeviricidən ibarət olur. Sinapslar neyron şəbəkəsində kürəciklərlə təsvir olunur, giriş siqnallarının sabit ədədlərlə hasilinin hesablanması funksiyasını yerinə yetirir. Həmin sabit ədələr sinapsın çəkisi adlanır və bu əlaqələrin gücünü xarakterizə edir. Cəmləyici neyronun girişinə digər neyronlardan daxil olan, həmçinin bütün xarici giriş siqnallarını cəmləyir. Qeyri xətti çevirici cəmləyicinin dəyişən qeyri xətti çıxış qiymətlərini hesablayan birdəyişənli funksiyadır. Bu funksiya aktivlik və ya ötürmə funksiyası adlanır. Siqnalların çevrilməsi qaydası neyron şəbəkəsinin riyazi modeli ilə təyin edilir və aşağıdakı analitik ifadə ilə yazılır [2] :

$$S = \sum_{i=1}^n w_i x_i + b; \quad y = f(x),$$

burada w_i ($i \in \{1,2,...,n\}$) – sinapsların çəkisidir, b - qarışma qiymətidir, x_i ($i \in \{1,2,...,n\}$) – giriş siqnallarıdır, s - cəmləmənin nəticəsidir, y - neyronun çıxış siqnalıdır, n - neyronun girişlərinin sayıdır, f - neyronun müəyyən qeyri xətti çevirmələrini yerinə yetirən ötürmə funksiyasıdır, $w_i x_i$, $b \in R$ ($i \in \{1,2,...,n\}$)

Sabit strukturlu neyron şəbəkəsi çəkisinin təyin edilməsi müəyyən bir giriş-çıxış məlumatları əsasında yerinə yetirilir. Bu məlumatlar təlim çoxluğu adlanan müəyyən çıxış qiymətlərinin giriş qiymətlərinin kombinasiyalarının asılılığını əks etdirir [3].

Tədqiqat çoxluğundan verilmiş neyroşəbəkə modelinin uyğunluq integral dərəcəsi (bütün qaydalara görə) aşağıdakı funksional vasitəsilə verilə bilər.

$$J(\omega) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k Q_i(\omega) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k (y_i(\omega) - \tilde{y}_i)^2 = \frac{1}{2} \|y(\omega) - \tilde{y}\|^2, \quad (1)$$

burada $y(\omega)$ və $\tilde{y}$ - müvafiq olaraq tədqiqat çoxluğu üzrə NŞ BY-nın çıxış vektoru və müəllim təlimatlarının vektorudur. NŞ-in təlim məqsədi - elə bir çəki vektoru ω^* müəyyən etmək lazımdır ki, (1) funksionalının minimal qiyməti olsun [4].

$$\omega^* = \arg \min_{\omega \in R^s} J(\omega) \quad (2)$$

Faktiki olaraq, NŞ-in öyrənilməsi - qeyri-xətti modelin parametrik identifikasiyasının çoxekstremal məsələsidir ki, bu da optimallaşma üsulları vasitəsilə həyata keçirilə bilər.

Neyron şəbəkələrinin tədqiqi müəyyən bir giriş-çıxış məlumatları əsasında sabit strukturlu NŞ çəkisinin təyin edilməsidir. İkidəyişənli BULL funksiyaları üçün aşağıdakı formada təyin olunur: hər bir giriş obrazına elementləri 0 və 1 olan $X=(x_1, x_2, ..., x_n)$ vektoru qarşı qoyulur. Y çıxış, X vektor komponentlərinin uyğun çəki yükünə hasilininin cəbri cəminin hər hansı bir T hədd qiyamətini aşması ilə təyin olunur. Neyron şəbəkəsi qurulan zaman çəki əmsalı və hədd qiyaməti təsadüfi verilir [5].

$$\sigma(net) = \begin{cases} 1, & \omega_1 x_1 + \omega_2 x_2 + \dots + \omega_n x_n \geq T \\ 0, & \omega_1 x_1 + \omega_2 x_2 + \dots + \omega_n x_n < T \end{cases} \quad (3)$$

Verilmiş alqoritmin icrasını $y = \tilde{x}_1 \vee x_2$ bul funksiyasının tətbiqində nəzərdən keçirək. Nümunələrin sayı $k=3$. Perseptronun çəkilərinin təyini alqoritm aşağıdakı addımlarla icra olunur [6].

ADDIM 1. Öyrənilən alqoritmin ilkin addımının sabitini təyin edilir: $\eta := 0.8$.

ADDIM 2. Qiyməti inisiallaşdırılır: $E:=0$, $m:=1$, vektorların çəki qiymətini $\omega := [1 \ 0 \ 2]$ qeyd edilir.

ADDIM 3. Öyrənilən çoxluqdan birinci misal nümunə seçilir. $m=1$ $\tilde{x} := [1 \ 0 \ 0]$, $\tilde{y} := 1$

Neyronun aktivlik dərəcəsi hesablanır. $net=1 \cdot 1 + 0 \cdot 0 + 2 \cdot 0 = 1$. Perseptronun çıxışı: $y = 1$ qəbul edilir.

ADDIM 4. $y = \tilde{y}$ olduğu üçün çəkilərin yenilənməsi baş vermir.

ADDIM 5. Perseptron işinin xətası $E:=0 + 1/2 \cdot 0 = 0$ olur.

ADDIM 6. $m < 3$ olduğu üçün $m:=m+1=2$ qəbul edilir və növbəti 3-cü addıma keçid olur. Alqoritmi icra edilir.

ADDIM 7. Təlim çoxluğundan ikinci giriş və çıxış siqnalları $\tilde{x} := [110]$, $\tilde{y} := 0$ seçilir.

Neyronun aktivlik dərəcəsi hesablanır və nəticədə $net=1$, perseptronun çıxışı $y=1$ alınır.

ADDIM 4. $y \neq \tilde{y}$ olduğu üçün çəkiləri alqoritmin addımlarına uyğun olaraq yenilənir.

$$\omega := \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 2 \end{bmatrix} + 0.8 \cdot (0 - 1) \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.2 \\ -0.8 \\ 2 \end{bmatrix}$$

ADDIM 5. $E:=0 + 1/2 \cdot \|0 - 1\|^2 = 1/2$ 7. $E = 1/2 \neq 0$ olduğundan bəzi misallarda perseptron səhv

nəticələr verib, təlim dövrü yenidən təkrarlanır. $E:=0$, $m:=1$. qəbul edilir, 3-cü addıma keçid olunur.

ADDIM 3. Təlim çoxluğundan birinci nümunə seçilir: ($m=1$). $\tilde{x} := [100]$, $\tilde{y} := 1$ net=0.2, $y=1$.

ADDIM 4. $y = \tilde{y}$ olduğu üçün çəkirlərin yenilənməsi baş vermir.

ADDIM 5. $E := 0 + 1/2 \cdot 0 = 0$ Perseptron xətası $E := 0$ və növbəti addımın icrasına keçid olunur.

ADDIM 6. $m < 3$ olduğu üçün $m := m + 1$ artırılır və 3-cü addım yerinə yetirilir.

ADDIM 3. Öyrənmə çoxluğundan $m=2$ olduğu üçün $\tilde{x} := [1\ 1\ 0]$, $\tilde{y} := 0$, net=-0.6, $y=0$ olur.

ADDIM 4. $y = \tilde{y}$ olduğu üçün çəkirlərin yenilənməsi baş vermir və xəta hesablanır.

ADDIM 5. $E := 0 + 1/2 \cdot 0 = 0$ İşin xətası 0-a bərabər olduğundan növbəti addım icra olunur.

ADDIM 6. $m < 3$ olduğu üçün $m := m + 2$ artırılır və 3-cü addıma keçilir və alqoritmi icra edilir.

ADDIM 3. Öyrənmə çoxluğundan ikinci misalını seçilir. $\tilde{x} := [1\ 1\ 0]$, $\tilde{y} := 0$, net=-0.6, $y=0$.

ADDIM 4. $y = \tilde{y}$ olduğu üçün çəkirlərin yenilənməsi baş vermir.

ADDIM 5. $E := 0 + 1/2 \cdot 0 = 0$

ADDIM 6. $m=2$ olduğu üçün 7-ci addıma keçilir.

ADDIM 7. $E=0$ olduğundan proses sona çatır və aşağıdakı çəkilər vektoru alınır:

$$\omega = \begin{bmatrix} 0.2 \\ -0.8 \\ 2 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Neyron şəbəkəsi ilə obraz tanınma alqoritmi

Bir neyron şəbəkə aşağıdakı hissələrdən ibarət olur:

1. **Giriş qatı (Input Layer):** Məlumatlar bu qatla neyron şəbəkəyə daxil olur.
2. **Gizli qat (Hidden Layers):** Hesablama bu qatlarda aparılır. Burada neyronlar aktivasiya funksiyaları vasitəsilə məlumatı emal edir.
3. **Çıxış qatı (Output Layer):** Əldə olunan nəticə bu qatda formalaşır.
4. **Ağırlıqlar (Weights) və bias:** Məlumatın nə qədər əhəmiyyətli olduğunu müəyyən edir.
5. **Aktivasiya funksiyası:** Neyronun aktiv olub-olmayacağını qərarlaşdırır (məsələn, ReLU, Sigmoid, Tanh).

Bu sahə süni intellektin və kompüter görməsinin mühüm istiqamətlərindən biridir.

Obraz tanınması, şəkillər, videolardakı obyektləri, canlıları və ya simvolları avtomatik şəkildə tanımaq prosesidir. Bu proses **süni neyron şəbəkələri (Artificial Neural Networks – ANN)** vasitəsilə həyata keçirilir.

Əsas məqsədlər şəkildəki obyektləri tanımaq,üz tanınması (face recognition) xəstəliklərin tibbi şəkillərdən diaqnostikası, nəqliyyat vasitələrinin nömrə nişanlarının tanınması (ANPR) prosesinin təyin edilməsidir. Bu tip məsələlər **Konvolyusiya Neyron Şəbəkələri (CNN)** ilə **şəkil məlumatlarının emalı üçün xüsusi olaraq dizayn edilir. Konvolyusiya layı (Convolutional Layer)** – şəkildən xüsusiyyətləri çıxarır, **aktivasiya funksiyası (ReLU və s.)** – şəbəkəyə qeyri-xətti davranış verir, **pooling layı (Max Pooling, Average Pooling)** – məlumatı sıxlaşdırır və sonunda **tam əlaqəli lay (Fully Connected Layer)** – son qərarı yəni nəticəni emal edir. Obrazın hansı sinfə aid olduğunu müəyyən edir. Daha dəqiq təcrübədən keçmiş, öyrədilmiş modellərdən istifadə edərək (məsələn, **ResNet, VGG, MobileNet, EfficientNet**) yeni verilənlər üzərində daha az resursla effektiv nəticə almaq mümkündür.

Obraz tanınma sisteminin iş prinsipi

1. Verilənlərin hazırlanması

- Minlərlə şəkil və onların sinif etikətləri
- Verilənlərin normallaşdırılması və artırılması (data augmentation)

2. Modelin qurulması

- CNN arxitekturası qurulur
- Layer-lər və hiperparametrlər təyin olunur

3. Modelin öyrədilməsi (training)

- Sistem məlumatlardan öyrənir
- Loss function (xəta ölçüsü) və optimizer-lər (məs: Adam) istifadə olunur

4. Test və qiymətləndirmə

- Accuracy, Confusion Matrix, Precision və Recall kimi metriklərlə yoxlanılır

5. Real vaxt və ya offline tətbiqi

Effektivlik üçün müxtəlif kitabxanalara müraciət etməklə yeni metodlarla obraz tanınması prosesinin alqoritmini daha dəqiq etmək mümkündür.

Süni intellekt və maşın öyrənməsi sahəsində, xüsusilə obraz tanıma (image recognition) modellərinin sınaqdan keçirilməsi və öyrədilməsi üçün MNIST (Modified National Institute of Standards and Technology) – əl yazısı ilə yazılmış rəqəmlərdən ibarət məşhur görüntü (image) datasetindən istifadə olunur. Əl ilə daxil edilmiş rəqəm obrazlarının tanınması proqram kodları tamlığı və həqiqiliyi təmin edir.

İlk olaraq layihədə istifadə olunacaq əsas kitabxanalar idxal edilir. TensorFlow və Keras neyron şəbəkənin qurulması və öyrədilməsi üçün istifadə olunur. NumPy massiv əməliyyatlarını, matplotlib.pyplot isə vizualizasiyanı təmin edir.

Obrazlar kitabxanasına müraciət alqoritmi aşağıdakı mərhələlərdən ibarətdir.

1.Kitabxanaya müraciət

Python

```
import tensorflow as tf
from tensorflow.keras import layers, models
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
```

2.MNIST Verilənlər Bazasından istifadə

MNIST, 0-dan 9-a qədər olan rəqəmlərin əlyazma şəkillərini ehtiva edən məşhur verilənlər bazasıdır. `tf.keras.datasets.mnist.load_data()` funksiyası ilə verilənlər bazası yüklənərək və `x_train`, `y_train`, `x_test`, `y_test` kimi təlim və test hissələrinə ayrılır. MNIST verilənlərini (`x_train`, `y_train`), (`x_test`, `y_test`) = `tf.keras.datasets.mnist.load_data()` ardıcılığı ilə yüklənir. Verilənlərin normallaşdırılması prosesi 0-255 aralığında şəkillərin piksel dəyərləri ilə müəyyən olunaraq neyron şəbəkənin daha effektiv öyrənməsi üçün bu dəyərlər 0 ilə 1 arasına normallaşdırılır.

```
x_train = x_train / 255.0
```

```
x_test = x_test / 255.0
```

3.Modelin seçilməsi mərhələsi

Neyron Şəbəkənin Qurulması üçün Sequential model yaradılır. Giriş qat Flatten vasitəsilə 28x28 ölçülü şəkil bir sıra müxtəlif vəziyyətlərdə qeyd olunur. Daha sonra `relu` aktivasiya funksiyasına sahib 128 neyronluq gizli qat və 10 neyronlu softmax çıxış funksiyalı çıxış qatı daxil olunaraq hər rəqəm üçün ehtimal nəticə verir.

4.Model qurulmasının avtomatlaşdırılması mərhələləri.

```
model = models.Sequential([
    layers.Flatten(input_shape=(28, 28)),
    layers.Dense(128, activation='relu'),
    layers.Dense(10, activation='softmax')])
```

5.Modelin Compile edilməsi mərhələsi

Model adam optimizatoru ilə, `sparse_categorical_crossentropy` itkisi və `accuracy` göstəricisi ilə compile edilir.

Compile

```
model.compile(optimizer='adam',
               loss='sparse_categorical_crossentropy',
               metrics=['accuracy'])
```

6. Modelin Öyrədilməsi və qiymətləndirilməsi mərhələsi

Model fit funksiyası ilə öyrədilir. Daha sonra evaluate ilə test dəqiqliyi ölçülür və nəticə qeyd olunur.

```
model.fit(x_train, y_train, epochs=5)
test_loss, test_acc = model.evaluate(x_test, y_test)
print("Test dəqiqliyi:", test_acc)
```

7. Verilənlərin test edilməsi mərhələsi

İstifadəçi Google Colab-da files.upload() funksiyası ilə öz çəkdiyi şəkli yükləyə bilər. Bu, interaktiv tətbiq hissəsidir.

```
from google.colab import files\
uploaded = files.upload()
```

8. Yüklənmiş Şəkil üzərində Proseslər və Təxmin

Bu hissədə istifadəçi tərəfindən yüklənmiş şəkil əvvəlcə PIL kitabxanası ilə oxunur və L (boz) rejiminə çevrilir. Daha sonra şəkil MNIST formatına uyğun olaraq 28x28 ölçüsünə salınır, massivə çevrilir və normallaşdırılır. Fon ağ olduğu üçün rəqəm daha aydın görünsün deyə 255 - img_array əməliyyatı aparılır.

Modelə uyğun olması üçün şəkil (1, 28, 28) ölçüsündə formatlaşdırılır və predict() ilə təxmin edilərək müəyyən olunur.

```
from PIL import Image
image_path = 'my_digit.png'
```

```
img = Image.open(image_path).convert('L')
img = img.resize((28, 28))
img_array = np.array(img)
img_array = 255 - img_array
img_array = img_array / 255.0
input_data = img_array.reshape(1, 28, 28)
prediction = model.predict(input_data)
predicted_label = np.argmax(prediction)
plt.imshow(img_array, cmap='gray')
```



Nəticə

Məqalədə neyron şəbəkə ilə obraz tanınma məsələlərinin analiz olunmasına baxılmışdır. Bu məqsədlə süni intellekt və maşın öyrənmədə neyron şəbəkəsinin riyazi model kimi tətbiqi əsaslandırılmışdır. Neyron şəbəkəsinin riyazi modeli təyin edilmiş, çəki əmsalları və hədd qiymətləri hesablanmışdır. İki girişli neyronun öyrətmə və obraz tanınma alqoritmi işlənmişdir. İstifadəçi interfeysi vasitəsilə modelin sınaq mərhələləri reallaşdırılmışdır. Bu layihə göstərir ki, çox sadə bir neyron şəbəkə ilə MNIST verilənləri üzərində yüksək dəqiqliklə rəqəm tanımaq mümkündür. Eyni zamanda istifadəçi interfeysi vasitəsilə öz şəkillərini sınaq və modelin performansını yoxlamaq olar.

Ədəbiyyat

1. Сараев, П.В. Нейросетевые методы искусственного интеллекта: учебное пособие/ П.В. Сараев –Липецк: ЛГТУ, 2007.-64с.
2. Борисов, В.В., Круглов В.В., Федюлов Ф.С. Нечеткие модели и сети. М.: Телеком, 2012, 725с.
3. Balduzzi, F., Giua, A., and Menga, G. (2000). First-order hybrid Petri nets: a model for optimization and control. IEEE transactions on robotics and automation, 16(4), 382-399.
4. Mustafayev, V.A., Salmanova, M.N. Decision making model for controls of complex parallel functioning distributed systems //The 7th International Conference on Control and Optimization

with Industrial Applications (COIA 2020), Volume I, -Baku:- 26-28 August,-2020,-p.293-295

5. Mustfayev, V.A., Zeynalabdiyeva, I.S., Kravets O.Ja. Control model of parallel functioning production modules as fuzzy Petri nets. Journal of Physics: Conference Series (JRC, Volum 2021, pp.1074-1079)
6. Ahmedov, M.A., Mustfayev, V.A., Atayev, G.N., Rahimov Sh.R. Simulation of Dynamical Enterprises Process with Application of the Modification Fuzzy Net Petri. Advances in Intelligent Systems and Computing: Volume 502, 2017, pp.913-921.

Summary

Analysis of image recognition issues with neural network

Aliyeva K.R.

Keywords: *neural network, learning algorithm, recognition algorithm, image recognition, mathematical model*

Analysis of image recognition problems with neural network was considered in the article. For this purpose, the application of the neural network as a mathematical model in artificial intelligence and machine learning is substantiated. A mathematical model of the neural network was determined, weight coefficients and boundary values were calculated. The algorithm for teaching and image recognition of two-input neurons has been developed. Test stages of the model were carried out through the user interface.

Резюме

Анализ проблем распознавания изображений с помощью нейронной сети

Алиева К.Р.

Ключевые слова: *нейронная сеть, алгоритм обучения, алгоритм распознавания, распознавание образов, математическая модель*

В статье рассматривается анализ проблем распознавания изображений с помощью нейронной сети. С этой целью обосновано применение нейронной сети в качестве математической модели в искусственном интеллекте и машинном обучении. Определена математическая модель нейронной сети, рассчитаны весовые коэффициенты и пороговые значения. Был разработан алгоритм обучения и распознавания образов нейронов с двумя входами. Через пользовательский интерфейс реализованы этапы тестирования модели.

(TlInTe₂ - TlDyTe₂) sistem ərintisinin qəfəs istilikkeçiriciliyi və fononların sərbəst yolunun orta uzunluğu**Quliyeva Kifayət Əjdər qızı** [ORCID](#)*Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqayıt, Azərbaycan, müəllim*
kifayat.quliyeva@sdu.edu.az

MƏQALƏ HAQQINDA MƏLUMAT	XÜLASƏ
Məqalənin tarixçəsi Daxilolma tarixi: 04.04.2025 Düzəliş tarixi: 18.05.2025 Qəbulolunma tarixi: 20.09.2025	<i>Bu işdə TlInTe₂-TlDyTe₂ sistem ərintisinin istidən genişlənməsi və izotermik sıxılma əmsallarının eksperimental qiymətləri verilmişdir. İstilik parametrləri arasında əlaqəni müəyyən edən mövcud nəzəri və empik düstürlər əsasında hesablanmış Debay xarakteristik temperaturu, fonon dalğasının yayılma sürəti, Qrunayzen parametri, qəfəs istilik keçiriciliyi və fononların sərbəst yolunun orta uzunluğunun qiymətləri cədvəl şəklində verilmişdir. İstilik parametrlərinin temperatur asılılıqları nəzəri baxımdan əsaslandırılmış və praktik tətbiq sahələrinə aid müəyyən təkliflər verilmişdir. Mövcud nəzəri modellərin mürəkkəb yarımkeçiricilər üçün yararlılığı araşdırılmışdır. İstilik keçiriciliyində baş verən dəyişikliyin istilik fononlarının səpilmə mexanizmi və kristal qəfəsində atomların rəqsinin qeyri-harmoniklik dərəcəsi ilə əlaqədar olduğu göstərilmişdir.</i>
Açar sözlər ərinti, istilik keçirmə, istidən genişlənmə, izotermik sıxılma, istilik tutumu, Debay temperaturu, fonon, Debay funksiyası	

Giriş

$A^3B^3C_2 - A^3B^3C_2$ tipli sistemlərin hal diaqramlarının təhlili nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, bu tip sistemlərin bərk məhlullarında geniş həllolma sahələri mövcuddur. Ədəbiyyatdan məlumdur ki, qeyri-məhdud bərk məhlullar $TlGaS_2 - TlInS_2$, $TlGaS_2 - TlGaSe_2$, $TlInTe_2 - TlGaTe_2$, $TlInSe_2 - TlInTe_2$ sistemlərində yaranır. Bu sistemlərdə iştirak edən birləşmələrin elementar özəyinin α parametrinin fərqlənməsi $\Delta\alpha = 1,0-6,4\%$ arasında dəyişməsinə baxmayaraq, c parametrində dəyişmə (Δc) isə son dərəcə zəifdir. $A^3B^3C_2 - A^3B^3C_2$ tipli sistemlərin bəzisində likvidus əyrisində minimumun yaranması müşahidə olunur, mövcud diaqramlar üzrə apardığımız təhlil göstərmişdir ki, bu hal qəfəs parametrləri kiçik olan komponentin əvəzləmə zamanı parametrləri böyüdüüyü halda hal diaqramında ona yaxın sahələrdə baş verir.

Hazırda optoelektronikanın sürətli inkişafı tədqiqatçıları, fiziki xassələri lazımi göstəricilərə malik olan yarımkeçirici materiallar axtarışına vadar edir. Bu baxımdan tallium, indium, qalliumun üçqat halkogenidli birləşmələri və eləcə də onların nadir torpaq elementləri daxil olan birləşmələr əsasında alınmış bərk məhlulları daha perspektivli materiallar hesab edilir. Bu tip materiallar eyni zamanda tenzo-həssas materiallar olduğundan, onların əsasında bir sıra həssas çeviricilər düzəldilməsində istifadə edilir.

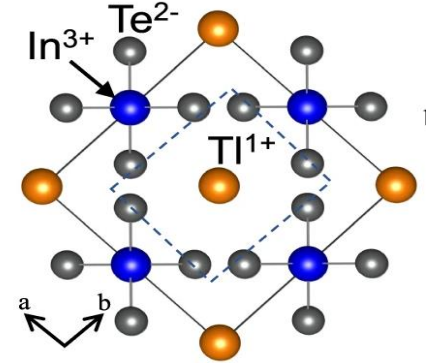
Bu materialların istilik parametrlərinin geniş temperatur intervalında tədqiqi, bir tərəfdən mövcud nəzəri modellərin yoxlanılması və mürəkkəb yarımkeçiricilərin termodinamik parametrləri arasında qarşılıqlı əlaqəni özündə birləşdirən yeni modellərin işlənilməsi, digər tərəfdən tədqiq edilən materialların praktik tətbiq sahələrinin əvvəlcədən proqnozlaşdırılmasına imkan yaradır. Bu tədqiqatlar həmçinin, tədqiq edilən materiallarda baş verə biləcək istənilən dəyişikliyi, o cümlədən faza keçidini aşkara çıxarmağa imkan verir [1].

Bu işdə $TlInTe_2 - TlDyTe_2$ sistem ərintisinin istidən genişlənmə və izotermik sıxılma əmsallarının təcrübi qiymətlərinin daxil olduğu nəzəri və empik düstürlər əsasında hesablanmış istilik keçiriciliyi və fononların sərbəst yolunun orta uzunluğunun qiymətləri verilmişdir.

Eksperimental metod

Nümunələr TlInTe_2 və TlDyTe_2 ərintilərindən hazırlanmışdır. Ərintilər 10^{-3} Pa təzyiq altında vakuumda sintez edilmişdir. Pa . TlDyTe_2 Tl -000 tallium , In-000 indium , Dy-000 qallium, Te-3 tellur və OSCh 16-4 selenium. Nümunələri 5-7 saat 75-130 K- də tablama aparılmışdır. DTA və RFA analizlər aparılmışdır. Nümunələr Bridjman - Stokbarger üsulu vasitəsilə aparılmışdır. Sintez olunan nümunədən qalınlığı 8-10 mm ölçüdə kəsilib götürülmüş nümunələrdə ölçmələr aparılmışdır. X-şüalarının difraksiyası nümunələri DRON-3 rentgen difraktometrində temperatur (CuK α şüalanması). Görünür ki hər ikisi son üzvlər tetraqonal simmetriyada kristallaşır və TlInTe_2 quruluşu şəkil 1-də olduğu kimi alınır .(Şəkil 1).

İndium atomları qismən disprosium atomları ilə əvəz olunduqca, həllolma bölgəsində elementar qəfəs parametrləri (0-10 mol% TlDyTe_2) Veqard qaydasına uyğun olaraq əlavə olaraq artır. Bu onunla əlaqədardır ki, TlInTe_2 kristal şəbəkəsində ion radiusu 0,81 Å olan trivalent In atomları daha böyük ion radiuslu (0,908 Å) Dy atomları ilə əvəz olunur [2]. üçün rentgen şüalarının difraksiya məlumatları $\text{TlInTe}_2 - \text{TlDyTe}_2$ - nin son üzvləri sistemi və tetraqonal quruluş, sp. gr. $D_{4h}^{18} = 14/mcm$ a the nəticələri təhlil var Cədvəl 1- də göstərilmişdir .



Şəkil 1. Kristal strukturu TlInTe_2

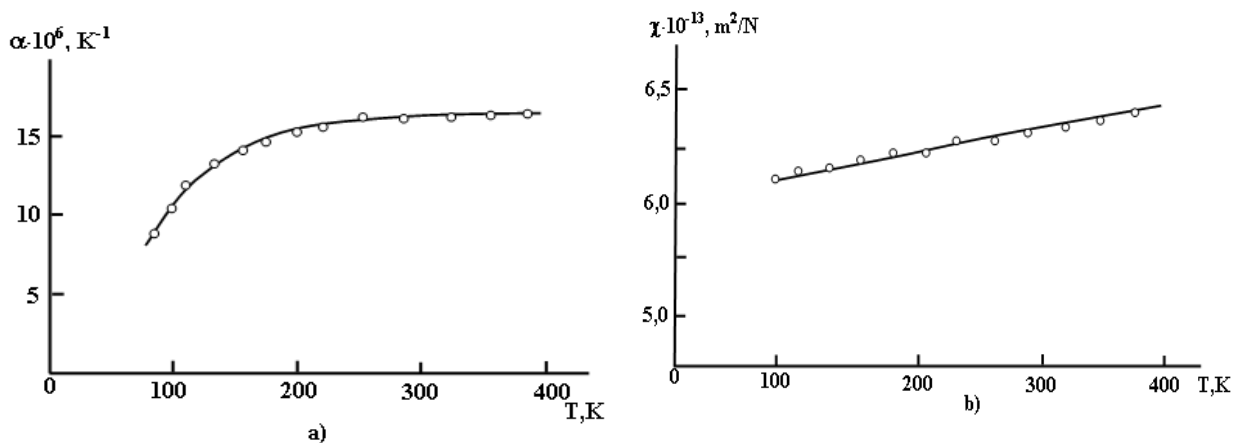
Cədvəl 1 .

Ərintilərin qəfəs parametrləri

Faza	$a, \text{\AA}$	$c, \text{\AA}$
TlInTe_2	$8,484 \pm 0,002$	$6,471 \pm 0,004$
TlDyTe_2	$8,871 \pm 0,002$	$6,736 \pm 0,004$
$\text{TlInTe}_2 - \text{TlDyTe}_2$	$8,678 \pm 0,002$	$6,601 \pm 0,004$

Nəticələr və müzakirə

Nisbi uzanmanın temperatur asılılığına əsasən istidən genişlənmə və izotermik sıxılma əmsallarının qiymətləri təyin edilmişdir. Bu parametrlərin temperatur asılıqları şəkindəki kimidir (şəkil 2 a və b)



Şəkil 2. $\text{TlInTe}_2 - \text{TlDyTe}_2$ sistem ərintisinin istidən genişlənmə əmsalı (a) və izotermik sıxılma əmsalının (b) temperatur asılılığı.

Şəkillərdən göründüyünü kimi ölçü aparılan temperatur intervalında $\text{TlInTe}_2 - \text{TlDyTe}_2$ sistem ərintisində heç bir faza keçidi müşahidə edilməmişdir.

İstidən genişlənmə (α) və izotermik sıxılma χ_T əmsallarının qiymətlərindən istifadə edərək mövcud düsturlar əsasında tədqiq edilən sistem ərintidə fonon dalğasının yayılma sürətinin orta qiyməti ($\bar{v}$) və Debay xarakteristik temperaturu (θ_D) hesablanmışdır [4].

$$\bar{v} = (\rho \cdot \chi_T)^{-\frac{1}{2}} \quad (1)$$

$$\theta_D = \frac{19,37}{\sqrt{\bar{A}V^{2/3}\alpha}} \quad (2)$$

Burada $\bar{A}$ - orta kvadratik atom kütləsi, V - molyar həcm, ρ - sıxlıqdır. Sıxlığın qiyməti piknometrik üsulla təyin olunmuşdur.

Ölçmələrin və hesablamaların nəticələri cədvəldə verilmişdir (Cədvəl2).

Cədvəl 2.

T, K	$\alpha, 10^6$ 1/K	$\chi_T, 10^{-13}$ m ² /N	θ, K	C_p , C/mol·K	C_v C/mol·K	γ_Q	$\bar{v}$	χ_0 , Vt/m·K	χ_L , Vt/m·K	$\bar{l}$, 10 ⁻⁹ m
90	9,85	6,05	330	70,2	69,9	1,73	3762	31,5	12,4	6,3
100	10,61	6,13	325	74,1	71,8	1,76	3516	29,5	12,1	6,4
120	11,12	6,18	321	80,3	77,6	1,78	3321	26,4	11,9	6,5
140	13,24	6,21	316	83,2	80,6	1,83	3148	23,2	11,8	6,6
160	15,81	6,23	286	86,3	83,5	1,89	2936	22,4	11,7	6,7
180	16,06	6,25	274	89,1	86,4	1,95	2712	17,8	11,6	6,8
200	16,45	6,26	260	92,4	89,8	1,97	2538	14,5	11,4	6,9
250	16,54	6,28	257	95,6	92,2	1,98	2246	13,5	11,1	7,1
300	16,72	6,29	254	98,1	95,1	1,98	2090	13,6	10,8	7,2

İstilik keçiriciliyinin təyin olunması üçün mövcud termodinamik münasibətdən istifadə edilmişdir [5]:

$$\chi_L = \chi_0 f\left(\frac{\theta_D}{T}\right) \quad (3)$$

Burada χ_L - qəfəs istilik keçirməsi, χ_0 - Debay temperaturundakı istilik keçiriciliyi, $\left(\frac{\theta_D}{T}\right)$ isə Debay funksiyasıdır. χ_0 - ın qiyməti bu mövcud münasibətdən təyin edilmişdir:

$$\chi_0 = \frac{12}{5} \cdot 4^{1/3} \left(\frac{k}{h}\right)^3 \frac{M\delta\theta_D^2}{\gamma_Q^2} \quad (4)$$

Burada k - Bolsman sabiti, h - Plank sabiti, M - molyar kütlə, δ - bir atomaya düşən həcm, θ_D - Debay temperaturu və γ_Q - Qrunayzen parametridir. Qrunayzen parametrinin qiyməti

$$\gamma_Q = \frac{\alpha V}{\chi_T C_V} \quad (5)$$

düsturu vasitəsilə hesablanmışdır. Burada C_V - sabit həcmə düşən istilik tutumudur. Debay funksiyasının qiyməti mövcud cədvəldən götürülmüşdür [6]

Fononların sərbəst yolunun orta uzunluğunu ($\bar{l}$) tapmaq üçün:

$$\chi_L = \frac{1}{3} C_V \bar{v} \bar{l} \quad (6)$$

düsturundan istifadə edilmişdir. C_V -nin qiyməti istidən genişlənmə və izotermik sıxılma əmsalları ilə sabit təzyiqdə xüsusi istilik tutumu və $(C_p - C_v)$ - fərqiə aid termodinamik münasibətlərdən tapılmışdır [7]. Bütün bu hesablamaların nəticələri də cədvəl 1- də qeyd olunmuşdur.

Cədvəldən görünündüyü kimi, TlInTe₂ - TlDyTe₂ sistem ərintisində istidən genişlənmə və izotermik sıxılma əmsalları, eləcə də xüsusi istilik tutumu temperaturun artması ilə artırlar. Debay xarakteristik temperaturu və fonon dalğalarının yayılması sürətinin qiymətində isə əksinə azalma baş verir. Bu dəyişikliyi onunla əlaqələndirmək olar ki, temperaturun artması ilə kristal qəfəsində atomların kimyəvi rabitə qüvvəsi zəifləyir və rəqslərin qeyri harmoniklik dərəcəsi artır.

İstilik keçiriciliyinin qiymətindəki dəyişikliyi təkcə bu səbəblərlə əlaqələndirmək olmur. Belə ki, orada qəfəs istilikkeçiriciliyinə elektronların və fononların hesabına yaranan əlavələr də təsir göstərir. Kimyəvi rabitənin və qarşılıqlı əlaqə qüvvələri ilə fononların sərbəst yolunun uzunluğu da dəyişir ki, bu da bilavasitə istilikkeçiriciliyinin ümumi qiymətinin dəyişməsinə təsir göstərir.

Cədvəllərdən göründüyü kimi, təcrübə edilən sistem ərintidə qəfəs istilik keçiriciliyi temperaturun artması ilə azalır. Bu azalmanın bir səbəbi də metallardan fərqli olaraq yarımkeçiricilərdə sərbəst elektronlar hesabına verilən əlavənin nəzərə alınmaz dərəcədə kiçik olması ilə əlaqələndirmək olar. Fononların sərbəst yolunun uzunluğunun dəyişməsinə rəqslərin qeyri - harmoniklik dərəcəsinin temperatur asılılığındakı dəyişikliklə baş verdiyini demək olar.

Aparılan tədqiqatı yekunlaşdıraraq onu demək olar ki, bərk cisimlərin istilikkeçiriciliyinin temperatur asılılığına aid kvant nəzəriyyəsi əsasında çıxarılmış düsturları yüksək dəqiqlik tələb olunmayan hallar üçün mürəkkəb yarımkeçirici birləşmələr üçün də tətbiq etmək olar. Beləliklə, uzun müddət vaxt tələb edən mürəkkəb eksperimentlər aparmadan da praktik tətbiqlə əlaqədar lazım olan məlumatları əldə etmək mümkün olur.

İstilikkeçiriciliyin qiymətinə təsir göstərən digər amillər haqda ətraflı məlumat əldə etmək üçün daha aşağı temperaturlarda tədqiqat aparmaq lazım gəlir.

Ədəbiyyat

1. Allakhverdiev, K.R. Behavior of the layered crystals TlInS_2 , TlInS_2 and TlGaSe_2 , TlGaSe_2 near phase transitions in a static electric field // *Low Temperature Physics* 26, 56 (2000); <https://doi.org/10.1063/1.593863>
2. S.N.Mustafaeva, M.M.Asadov, A.İ.Jabbarov S. N. Mustafaeva Electrical conductivity and thermoelectric power of $(\text{TlInSe}_2)_{0.2}(\text{TlGaTe}_2)_{0.8}$ crystals \ *norganic Materials* 51(3):220-224/ <https://doi.org/10.1134/S0020168515030115>
3. Pal, K., Xia, Y. & Wolverton, C. Microscopic mechanism of unusual lattice thermal transport in TlInTe_2 . *npj Comput Mater* 7, 5 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41524-020-00474-5>
4. Sheleg, A.U. Low-Temperature X-Ray Studies of TlInS_2 , TlGaS_2 , and TlGaSe_2 single crystals./ A.U.Sheleg, V.V. Shautsova, V.G. Hurtavy [et al.] // *Journal of Surface Investigation. X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques*, -2013. Vol. 7, No. 6, -p. 1052–1055.
5. Watzke O., Schneider T., Martienssen W. Crisis induced intermittency in the electrical conductivity of TlInTe_2 // *Chaos, Solitons and Fractals*, 2000, v.11, no 8, 1163-1170
6. Stowe, K. J. The phase transition of TlTe : crystal structure // *Solid State Chem.* -2000. v. 149,i.1, -p. 123-132
7. Seidov, F.M., Kerimova E.M., Gasanov N.Z. [et al.] Phase relations in the TlInS_2 - TlYbS_2 system and electrical properties of $\text{Tl}_2\text{InYbS}_4$ crystals. *Inorg. Mater.*, -2011. vol.47, no.12, -p. 1429-1304

Summary

Lattice thermal conductivity and phonon mean free path of $(\text{TlInTe}_2 - \text{TlDyTe}_2)$ system alloy

Guliyeva K.A.

Keywords: alloy, heat conduction, heat expansion, isothermal compression, heat capacity, Debay temperature, phonon, Debay function

In this work, experimental values of thermal expansion and isothermal compression coefficients of the TlInTe_2 - TlDyTe_2 system alloy are given. The values of the Debye characteristic temperature, phonon wave propagation velocity, Gruneisen parameter, lattice thermal conductivity and phonon mean free path calculated on the basis of existing theoretical and empirical formulas determining the relationship between thermal parameters are given in tabular form. The temperature dependences of thermal parameters are theoretically justified and certain proposals for practical application areas are given. The suitability of existing theoretical models for complex semiconductors is investigated. It is shown that the change in thermal conductivity is related to the scattering mechanism of thermal phonons and the degree of anharmonicity of the oscillation of atoms in the crystal lattice.

Резюме

Решеточная теплопроводность и длина свободного пробега фононов сплава системы (TlInTe₂ - TlDyTe₂)

Гулиева К.А.

Ключевые слова: *сплав, теплопроводность, тепловое расширение, изотермическое сжатие, теплоемкость, температура Дебая, фонон, функция Дебая*

В работе приведены экспериментальные значения коэффициентов теплового расширения и изотермического сжатия сплава системы TlInTe₂-TlDyTe₂. В табличном виде приведены значения характеристической температуры Дебая, скорости распространения фононных волн, параметра Грюнайзена, решеточной теплопроводности и длины свободного пробега фононов, рассчитанные на основе существующих теоретических и эмпирических формул, определяющих связь между тепловыми параметрами. Теоретически обоснованы температурные зависимости тепловых параметров и даны некоторые предложения по областям практического применения. Исследована пригодность существующих теоретических моделей для сложных полупроводников. Показано, что изменение теплопроводности связано с механизмом рассеяния тепловых фононов и степенью ангармоничности колебаний атомов в кристаллической решетке.

Characteristics of composites based on high-dense polyethylene and polyacrylate

¹Jafarov Valeh Jabbar [ORCID](#)

²Manafov Mubariz Arziman

³Bektashi Sevil Alihaydar

⁴Rajabova Mansura Jamal [ORCID](#)

⁵Khalilova Sanam Musa [ORCID](#)

⁶Ismailova Gulmira Jafar

⁷Karimova Nigar Nazim

⁸Alimirzaeva Nahida Amanulla [ORCID](#)

Institute of Polymer Materials, Sumgait, Azerbaijan, 1-Corresponding member of the ANAS, professor, 2,8 - PhD in chemistry, 3,7 - researcher in chemistry, 4,5,6, - engineer
nahidalimirzayeva@gmail.com

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article history: Received 01.06.2025 Received in revised form 21.07.2025 Accepted 18.09.2025	The article presents a study of the effect of polyacrylate and filler from natural mineral rocks as a finishing coating on composites created on the basis of high-pressure polyethylene. The scientific study was conducted taking into account a number of characteristic properties of the original raw materials taken in the conducted research work. Samples were selected in various mass percentage ratios of the components included in the created polymer composite, and their physical, mechanical, thermal properties were determined. High-density polyethylene was used as a polymer matrix, local natural mineral rocks were used as a filler, and polyacrylate synthesized in laboratory conditions was used as a finishing coating. Composite samples corresponding to a 106-micrometer dispersion of the filler and 3-5% by weight of the finishing coating were processed. Strength, relative elongation, rheological properties and heat resistance properties of the samples corresponding to individual ratios of the components included in the composite were compared, and the optimal ratio was determined
Keywords HDPE, finishing agent, natural mineral rock, polyacrylate, Vict. heat resistance, MFI	

Introduction

The production of materials characterized by complex quality criteria as a result of the development of polymer composite materials directly depends on the distinctive properties of the components that make up the composite. Thus, the properties of a composite created on the basis of polyolefin, mineral rock and filler depend on the stereoregular structure of the selected polymer, the reactivity of the outer rings and the conditions for breaking the strength bonds of the groups, the shape and nature of the filler, the structural features of the area from which it is obtained, the degree of functionality of the filler, etc. The correct selection of the appropriate initial raw material leads to the improvement of a number of properties and the solution of the problem.

Based on a series of literature reviews, information on polyolefins, fillers, and binders has been collected and presented.

Bio-polymer composites are emerging as a feasible substitute for conventional polymers in various major fields of applications. In the current research, the impact of hybridization of inter and intra-woven natural engineering fibers namely, brown flax, white flax, and jute of different amalgamations along with commingled SCF and novel nano IW filler has been studied. The

composites are manufactured by hand layup process and physical and thermomechanical characteristics of the composites are experimentally studied. The composites mingled with IW filler demonstrated better dimensional stability and mechanical properties such as maximum tensile strength of 36.74 MPa, bending strength of 82.53 MPa, and hardness of 84.89 D compared to other composites. However, elastic and flexural modulus are maximum for composite without any filler. The composites mingled with SCF filler demonstrated the highest impact strength, energy absorption, and elongation. Thermogravimetric analysis and thermal conductivity study demonstrated that the composite with SCF filler exhibited better thermal stability and thermal resistance than the other hybrid composites [1].

The most widely used plasticized polymer is poly(vinyl chloride) (PVC) due to its excellent plasticizer compatibility characteristics. Traditionally, PVC plasticizers belong to the phthalate family; however, they have harmful effects on human health and the environment. In this work, we evaluated the effect of six types of plasticizers (dioctyl phthalate, dioctyl adipate, Lestarflex (a polymeric polyester plasticizer), polycaprolactone, polyester polyol, and 1,2,3-propanetriol triacetate) on the properties of PVC plastisol used in manufacturing shoes and toys. The mechanical properties (hardness, tensile strength, tear strength, and elongation at break) were evaluated before and after accelerated aging tests (in an ultraviolet oven and at 50°C). A thermal study was also carried out using differential scanning calorimetry and thermogravimetric analysis, while possible structural changes during deformation were investigated using the small-angle X-ray scattering technique. In general, the results have shown that in the plasticization and stabilization of PVC, the plasticizer dioctyl phthalate can be replaced by dioctyl adipate or Lestarflex without relevant changes in the final properties of the material, even after accelerated aging [2].

This study investigates the impact of heat treatment on the mechanical, morphological, and dimensional properties of polyethylene terephthalate glycol (PETG), a commonly used thermoplastic in 3D printing. Taguchi L25 orthogonal array (OA) was employed to optimize 3D printing parameters, considering factors such as infill percentage (ranging from 20% to 100%), layer height (0.12 mm to 0.28 mm), layer width (0.32 mm to 0.62 mm), and infill pattern. Following ASTM D638 type IV standards, mechanical testing revealed that the optimal printing conditions included a 100% infill percentage, a layer height of 0.16 mm, a layer width of 0.32 mm, and an infill pattern of 5. Specimen 22, produced under these conditions, exhibited a notable stress-bearing capacity of 46.43 ± 1.394 MPa [3].

The presented research work provides for the production of new composites with complex performance properties in various mass. % ratios of components based on isotactic polypropylene and the natural mineral “Demirchi Dam” of the Karabakh region and the study of the effect of fillers on a number of their properties is reflected. In order to ensure and improve adhesion between the polymer matrix and the filler, as well as to obtain composites with higher physical and mechanical properties, a sizing agent is included in the system. Acrylic acid polymer synthesized in laboratory conditions was taken as a coupling agent. The complex and multifaceted properties of polymers greatly facilitate their use as a matrix in obtaining a homogeneous system using them as raw materials. The goal is to realize the possibility of obtaining and using both economically and environmentally competent products for various purposes. It has been established that a number of properties of the resulting polymer composites directly depend on various factors - the structure of the polymer matrix, the amount and dispersion properties of fillers, and the properties of the sizing agent in the interfacial layer. From this point of view, work is considered purposeful [4].

The review, presented as a continuation of a series of studies of literature reviews, reports on the influence of tantalum oxide nanoparticles on the structure and thermal properties of HDPE + Ta₂O₅ based polymer nanocomposites prepared by ex-situ solution casting method. XRD analysis confirmed the orthorhombic structure of Ta₂O₅ nanoparticles and an increase in the degree of crystallinity of HDPE/Ta₂O₅ based nanocomposites after the introduction of Ta₂O₅ into the HDPE matrix. SEM analysis showed that Ta₂O₅ nanoparticles were distributed over the surface of the

sample in a spherical shape. FT-IR analysis confirmed the presence of Ta –O-Ta stretching vibration bands at 557 cm^{-1} , 584 cm^{-1} , 599 cm^{-1} , 614 cm^{-1} and Ta-O bands at 824 cm^{-1} , 828 cm^{-1} for HDPE/3-7 wt%Ta₂O₅ nanocomposites. The results indicate that small amounts of Ta₂O₅ nanoparticles (3–7 wt.%) introduced into HDPE act as nucleating agents, which enhance the thermal properties of the HDPE/Ta₂O₅ nanocomposite. Additionally, the properties of the polymer nanocomposite are influenced by both the structural changes in the polymer matrix and the interactions at the nanoparticle-polymer interface [5].

The minerals used as fillers are solid. However, the material that plays the role of a modifier can be either a liquid or a gas aggregate. When polymers are filled with gases, a polymer-foam composite is obtained, thus it is possible to reduce the density of materials or increase intermolecular pores. Filling polymers with liquid is a technologically complex process. Using liquid filler emulsions, it is possible to obtain a solid and fairly durable material as the final product. A number of scientific research works produces a new generation of composites with different ratios of components based on lowdensity polyethylene (LDPE) and natural mineral from the village of Gızıl Zod in the Kelbajar region. The influence of the filler on the properties of the resulting composites was studied. In order to improve the adhesion between the polymer matrix and the filler and obtain composites with higher physical and mechanical properties, a sizing agent is included in the system. A copolymer of heptene-1 with maleic anhydride was taken as a coupling agent (apprete). It has been established that the properties of the resulting polymer composites directly depend on various factors: the structure of the polymer matrix, the amount and dispersion properties of fillers, and the properties of the sizing agent formed and acting on the interfacial layer [6].

The study of a number of properties of composites obtained in the presence of various modifiers is also a large-scale scientific research area by our laboratory. For example, in the presented scientific research presents the creation of a new generation of high-performance composite materials using high-density polyethylene (HDPE) as a matrix and natural local mineral rocks as a filler. The goal is to obtain new generation composite materials with high physical and mechanical properties. Thus, carrying out research work towards the production of new generation composites with simple technology and low cost due to processing is considered relevant, economically and environmentally beneficial. To ensure conditions for the fusion of the polymer matrix and mineral rock with each other and achieve parameters characteristic of high performance indicators, a sizing agent synthesized in the laboratory is included in the composition of the filled system.

One of the advanced directions of modern science and technology is to obtain polymer composites with complex properties by mixing two or more polymers. The application of fillers to the acquired system and, as a result, the acquisition of a newer type of material is considered progressive. Currently, there is increasing interest in composite materials based on polymer matrix and small particles. Thus, they have the possibility of wide application in various fields, from catalysis to modern information technology, as well as chemistry, physics and material science. The development of scientific research on the study of particles with different natural mineral composition as a filler has led to the achievement of polymer composites with many characteristic physical-mechanical and operating properties. Such materials have properties such as high thermal and electrical conductivity, magnetization, shielding of ionizing rays [7].

Based on experimental parameters, in most cases the optimal amount of filler in the composition varies depending on its nature, composition, dispersion, porosity. Increasing the amount of filler to 70 or even 80 mass percent can achieve high results [8].

The demand for fillers is based on: high dispersibility, thermal stability, easy compatibility with the matrix, low cost and environmental friendliness [9].

Obtaining a quality material depends on a number of conditions and the issue of the influence of factors is relevant. In order to ensure maximum compatibility in the system and to

obtain a material that meets higher quality criteria, a filler synthesized in laboratory conditions is added to the system [10].

Obtaining composites with complex operational properties and their analysis from an experimental aspect indicate the effectiveness of research conducted by mixing two or more polymers. The purpose of mixing polymers is to improve the properties of the resulting material by introducing a number of targeted additives into the initial polymer. Extrusion, pressure casting, and pressing methods are widely used as mixing methods in the technological process [11].

Experimental part:

High-density polyethylene (HDPE) of the brand 108-030-020 was taken as a polymer matrix. A number of specific properties of HDPE make it necessary to use it as a matrix.

The presented article clarifies the production of polymer composite materials based on a number of natural mineral rocks and the effect of sizing on the created materials.

A number of chemical and mineralogical compositions and properties of the natural mineral rocks used in the work were studied.

Table 1.

Chemical composition of bentonite, vesuvian, albite mineral rocks. (%)

Rock comp.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	CaO	TiO ₂
Bent.	58.6	13.4	4.7	2.3	2.3	0.40	0.11	0.25	2.05	0.39
Vesuv.	36.7	15.8	4.8	3.2	0.5	0.3	0.02	0.03	30.5	0.05
Albite	63.7	13.7	4.2	1.5	0.05	3.3	0.12	0.17	3.8	0.53

Based on the chemical compositions given in the table, it is determined that albite is a glass-quartz-sand mineral. The composition of the Vesuvian rock is higher in aluminum oxide than in the others.

The mineralogical composition of the extracted fillers was also determined.

Vesuvian: Ca₁₉MgFe₂Al₁₀(Si₁₈O₇₀)(OH)₈ - 71.3 % - vesuvianit
(Mg,Al)₆(Si,Al)₄O₁₀(OH)- 28.7% - clorite-serpentine

Albite: (Ca,Mg(CO₃)) – calsit, magnesite – 10 %
(Na(AlSi₃O₃)) – albite – 30 %
Caolinite – 15%
Illite – 7 %
Chematite – 4 %

In order to improve the compatibility between the polymer matrix and the modifier and obtain a higher quality product, a sizing agent - polyacrylate synthesized in a laboratory is added to the system.

Polyacrilate: general formula (-CH₂-CR'(COOR)-)_n

Akrylic acid

CH₂=CH-COOH

Molecular mass Mr(C₃H₄O₂)=72 g/mol

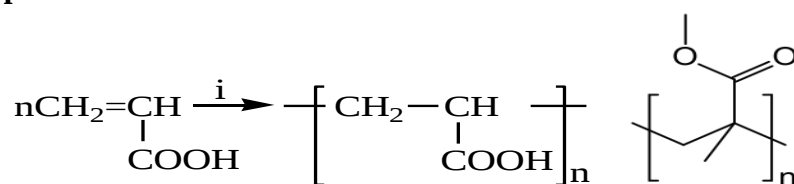
Pressure - d₄²⁰ 1,05 g/mol

Melting temperature T_m=13 °C

Boiling temperature T_b=141 °C

Synthesis of polyacrylate from acrylic acid:

72 g (1 g/mol) of acrylic acid and 300 ml of benzene are added to a three-necked reaction flask and heated at a temperature of 70-75°C. A solution of 0.01 g of benzoyl peroxide dissolved in 50 ml of benzene is added dropwise to the reaction medium. Benzoyl peroxide is synthesized in the laboratory by a known method. When the reaction is complete, a white (grayish) viscous product precipitates at the bottom of the flask. The obtained product polyacrylate is washed repeatedly with hot benzene and dried in a vacuum (desiccator) and then in a drying cabinet for 1.5-2 hours at a temperature of 80-90°C and stored in a closed laboratory container. The yield was 86% (2g).

The principle scheme of the reaction:**Results and their discussion:**

The initial raw materials taken were brought into a state suitable for production, research was carried out and a number of physical-mechanical, thermal-physical properties of the created composites were determined. The process was carried out by taking the fillers in a dispersion of 106 microns.

Table 2.

Physical and mechanical properties of bentonite-based composite samples without and with apprete

№	Composition, %	Tensile strength limit, σ , MPa	Relative elongation, ϵ , %	MFI, g/10min
1.	HDPE-70 Bentonite-30	12.0	50	2.1
2.	HDPE-50 Bentonite-50	13.6	32	0.5
3.	HDPE-30 Bentonite-70	16.7	12	-
4.	HDPE-70 Bentonite-30 Polyacrylate-3	14.2	34	2.5
5.	HDPE-50 Bentonite-50 Polyacrylate-3	15.0	10	1.2
6.	HDPE-30 Bentonite-70 Polyacrylate-3	17.5	4	0.8

HDPE - high density polyethylene: Polymer matrix

Bentonite - natural mineral rock: Filler-106 mkm

Polyacrylate - Appete: 3 %

It is clear from table 2 that as the amount of filler in the composite system increases and in the presence of sizing, the strength indicators increase. Thus, in the sample corresponding to the HDPE/Bentonite-30/70% mass ratio, the strength increases and becomes $\sigma=16.7$ MPa. When sizing is introduced into the system, the strength indicator in analogy ratios increases and becomes 17.5 MPa. In the absence of sizing, the fluidity indicator of the alloy does not give any results, that is, the system does not flow. However, in the presence of sizing, this indicator increases slightly and becomes 0.8 g/10 min. This is explained by the fact that the sizing introduced into the system affects the softness and adhesive properties of the homogeneous mass, causing very little fluidity in it.

Table 3 presents the physical and mechanical characteristics of the vesuvian-based composite samples. Here, the tensile strength of the uncoated sample corresponding to the HDPE/Vesuviane-70/30% mass fraction is 18.7 MPa, while the tensile strength of the HDPE/Vesuviane/Polyacrylate-30/70/3% mass fraction with the presence of the size is 19.0 MPa. Therefore, when the size is included in the system, the strength characteristics reach maximum values at a filler size of 106 mkm and a mass content of 70%.

Table 3.**Physical and mechanical properties of vesuviane-based composite samples without and with apprete**

№	Composition, %	Tensile strength limit, σ , MPa	Relative elongation, ε , %	MFI, g/10min
1.	HDPE-70 Vesuviane-30	15.0	30	1.4
2.	HDPE-50 Vesuviane -50	17.6	22	0.3
3.	HDPE-30 Vesuviane -70	18.7	8	-
4.	HDPE-70 Vesuviane -30 Polyacrylate-3	15.2	24	1.5
5.	HDPE-50 Vesuviane -50 Polyacrylate-3	18.0	10	1.3
6.	HDPE-30 Vesuviane -70 Polyacrylaet-3	19.0	4	0.3

HDPE - high density polyethylene: Polymer matrix

Vesuviane - natural mineral rock: Filler-106 mkm

Polyacrylate - Appete: 3 %

Table 4.**Physical and mechanical properties of albite-based composite samples without and with apprete**

№	Composition, %	Tensile strength limit, σ , MPa	Relative elongation, ε , %	MFI, g/10min
1.	HDPE-70 Albite-30	11.4	36	2.4
2.	HDPE-50 Albite -50	12.8	24	0.9
3.	HDPE-30 Albite -70	14.7	4	-
4.	HDPE-70 Albite -30 Polyacrylate-3	13.2	40	1.9
5.	HDPE-50 Albite -50 Polyacrylate-3	14.0	19	1.7
6.	HDPE-30 Albite -70 Polyacrylaet-3	16.7	4	0.9

HDPE - high density polyethylene: Polymer matrix

Albite - natural mineral rock: Filler-106 mkm

Polyacrylate - Appete: 3 %

Looking at table 4., a number of physical and mechanical indicators of composite samples based on natural albite mineral and HDPE with different mass percentages of components without and with the presence of a filler are presented. When the component ratio of the system without the presence of a filler is HDPE/Albite-30/70%, the tensile strength indicator is 14.7 MPa, but when a filler is included in the system, this value increases and becomes $\sigma=16.7$ MPa. This is explained by the fact that the strength occurs as a result of the dominance of gravitational forces in the interlayer

layers in a homogeneous system due to the effect of the filler. Analogously, here, unlike samples without a filler, the fluidity indicator of the alloy takes a certain value and is $MF\dot{I}=0.9$ g/10min.

By studying the physical and mechanical properties of the composite samples corresponding to the dispersion of all three modifiers at 106 mkm, it was concluded that the most suitable filler, both experimentally and scientifically, was Vesuvian. As a result of Vesuvian showing superior properties to other fillers, a high result was obtained by conducting a study in its dhah ratio in the system. Thus, when the filler was taken in an amount of 80% by mass, the tensile strength limit was exceptionally 32.1 MPa.

The thermal-physical properties of composite systems filled with modifiers corresponding to a dispersion size of 106 microns were studied and the heat resistance indicators according to Vic were determined.

Table 5.

Heat resistance of composite samples treated with fillers with a dispersion of 106 mkm

№	Bentonite-containing comp., %	Heat resis. accor. to Vic., °C	Vesuviane containing comp., %	Heat resis. accor. to Vic., °C	Albite Containing comp., %	Heat resis. accor. to Vic., °C
1.	HDPE-70 Bentonite-30	132	HDPE -70 Vesuviane-30	140	HDPE -70 Albite-30	130
2.	HDPE-50 Bentonite-50	136	HDPE -50 Vesuviane-50	143	HDPE -50 Albite -50	132
3.	HDPE-30 Bentonite-70	143	HDPE -30 Vesuviane-70	148	HDPE -30 Albite-70	141
4.	HDPE-70 Bentonite-30 Polyacrylate-3	135	HDPE -70 Vesuviane-30 Polyacrylate-3	145	HDPE -70 Albite -30 Polyacrylate-3	131
5.	HDPE-50 Bentonite-50 Polyacrylate-3	151	HDPE -50 Vesuviane-50 Polyacrylate-3	155	HDPE -50 Albite -50 Polyacrylate-3	148
6.	HDPE-30 Bentonite-70 Polyacrylate-3	155	HDPE -30 Vesuviane-70 Polyacrylate-3	165	HDPE -30 Albite -70 Polyacrylate-3	150

Analyzing the evidence in table 5, it is observed that the composite containing vesuvian is more favorable in terms of both strength and heat resistance.

Conclusion

The demand for new class of polymer composite materials, which are obtained with the aim of maintaining their importance from an ecological and economic point of view, is increasing day by day. Taking this into account, new class of composites based on polyolefin, modifier and binder were created and a number of their important properties were analyzed. As a result of the research, it was determined that these composites, which are considered valuable from a scientific and practical aspect, can be applied as raw materials in various fields, in the industrial sphere, in the production of household and other equipment. Composites were created in different proportions of components based on three types of local natural mineral rock, high-pressure polyethylene and polyacrylate synthesized in the laboratory in 106 micron dispersion and their properties were studied.

As a result of the scientific research work conducted, it can be said that the composite, the ratio of components of which corresponds to the amount of YTPE/Filler/Appret-30/70/3% in the presence of a finish based on a natural mineral from Vesuvian, is considered a more favorable material from a physical-mechanical and thermal-physical aspect and carries quality criteria. Thus, in the HDPE/Vesuviane/Polyacrylate HDPE/VV/PA-30/70/3 % system, the tensile strength $\sigma=19.0$

MPa, the relative elongation at break $\varepsilon=4\%$, and the fluidity index of the alloy $MF\dot{I}=0.3$ g/10 min were obtained.

The polymer composite materials created in this way are considered economically and environmentally favorable and have a wide range of applications.

References

- [1]. Sasmita, K. Influence of nano industrial waste and short coir fiber filler on hybrid inter and intra yarn bio fiber composites / K.Sasmita, P.Sarojrani, K.S.Mihir // *Journal Elastomers and Plastics*, –2025, Vol. 56, No. 8, –pp. 958-983
- [2]. Eder, D.P. Chemical, thermal and mechanical evaluation of poly(vinyl chloride) plastisol with different plasticizers / D.P.Eder, N.B.Guerra, M.Giovanela [et al.] // *Journal Elastomers and Plastics*, –2024, Vol. 54, No. 8, –pp. 1277-1294
- [3]. Sudhir, K. Mechanical, morphological, and dimensional properties of heat-treated fused deposition modeling printed polymeric matrix of polyethylene terephthalate glycol / K.Sudhir, S.Inderjeet, K.Dinesh [et al.] // *Progress in Rubber, Plastics and Recycling Technology*, – 2024, Vol. 40, No. 2, –pp. 168-190
- [4]. Jafarov, V.J. Influence of apprete on composites based on isotactic polypropylene / V.J.Jafarov, N.A.Alimirzaeva, M.A.Manafov [et al.] // *Processes of Petrochemistry and Oil Refining*, – 2025, Vol. 26, No. 2, –pp. 511-523
- [5]. Huseynova, A.S., Investigation on the structure and thermal properties of HDPE/Ta₂O₅-based nanocomposites / A.S.Huseynova, R.M.Rzayev, F.V.Hajiyeva // *Elastomers and Plastics*, – 2024, Volume 56, Issue 8, –pp.929-941
- [6]. Jafarov, V.J. Influence of filler and apprete on the properties of composite based on low density polyethylene and mineral roc “Gizil Zod” / V.J.Jafarov, N.A.Alimirzaeva, G.H.Musaeva [et al.] // *Azerbaijan Technical University, Journal of Scientific Works*, –2024, No.2, –pp. 98-103
- [7]. Jafarov, V.J. Production of new generation composite materials based on high-density polyethylene and “artesian clay” and the effect of appret / Ja. V. Jabbar, N. A. Alimirzayeva, G. H. Musaeva [et al.] // *Scientific News. Series for Natural and Technology Sciences*. – 2024. – Vol. 24, No. 3. – P. 31-36. – DOI 10.54758/16801245202424331. – EDN KBWYMS. <https://elibrary.ru/item.asp?id=80062184>
- [8]. Jafarov V.J. The role of ionomeric structured apprete in polymer compositions / V.J.Jafarov, P.Sh.Alkhanov, M.A.Manafov [et al.] // *Herald of the Azerbaijan Engineering Academy*, – 2024, Vol. 16, No. 1, –pp. 94-100
- [9]. Jafarov, V.J. Conditions for compatibility of polymer blends / V.J.Jafarov, M.A.Manafov, P.Sh.Alkhanov [et al.] // *Herald of the Azerbaijan Engineering Academy*, –2023, Vol. 15, No. 4, –pp. 48-52
- [10]. Bektashi, S.A. On the mechanism of the finishing action of maleic anhydride copolymers in the formation of a polymer composite based on polyethylene and mineral fillers / S.A.Bektashi, P.Sh.Alkhanov, B N.R.ektashi [et al.] // *Herald of the Azerbaijan Engineering Academy*, – 2020, Vol. 12, No. 3, –pp. 81-86
- [11]. Alkhanov, P.Sh. Effect of polyacrylate on the properties of polyethylene compositions / P.Sh.Alkhanov, S.A.Bektashi, G.H.Musaeva [et al.] // *Herald of the Azerbaijan Engineering Academy*, –2021, Vol. 13, No. 4, –pp. 86-99

Xülasə

Yüksək təzyiq polietileni və poliakrilat əsasında kompozitlərin xüsusiyyətləri

*Cəfərov V.C., Mənafov M.Ə., Bəktaşi S.Ə., Rəcəbova M.C., Xəlilova S.M.,
İsmaylova G.C., Kərimova N.N., Əlimirzəyeva N.Ə.*

Açar sözlər: *YTPE, appret, təbii mineral süxur, poliakrilat, Vik.-ə görə istiliyədavamlılıq, ƏAG*

Məqalədə yüksək təzyiq polietileni əsasında yaradılmış kompozitlərə appret olaraq poliakrilatın və təbii mineral süxur tərkibli doldurucunun təsirinin tədqiqi təqdim edilir. Aparılan elmi tədqiqat işində götürülən ilkin xammalların bir sıra səciyyəvi xassələri nəzərə alınaraq yerinə yetirilmişdir. Yaradılan polimer kompoziti təşkil edən komponentlərin müxtəlif kütlə faizi nisbətlərində nümunələr alınmış və fiziki-mexaniki, istilik-fiziki xassələri müəyyənəndirilmişdir. Polimer mətris kimi YTPE, doldurucu olaraq yerli təbii mineral süxurlar və appret olaraq laboratoriya şəraitində sintez edilmiş poliakrilat götürülmüşdür. Doldurucunun 106 mikrometr dispersliyinə və appretin 3-5 % kütlə miqdarına uyğun kompozit nümunələr işlənmişdir. Kompoziti təşkil edən komponentlərin ayrı-ayrı nisbətlərinə uyğun nümunələrdə möhkəmlik dərəcəsi, nisbi uzanma, axıcılıq xüsusiyyətləri, istiliyədavamlılıq xassələri müqayisə edilərək optimal nisbət müəyyənəndirilmişdir.

Резюме

Характеристики композитов на основе полиэтилена высокого давления и полиакрилата

*Джафаров В.Дж., Манафов М.А., Бекташи С.А., Раджабова М.Дж.,
Халилова С.М., Исмаилова Г.Дж., Каримова Н.Н., Алимирзаева Н.А.*

Ключевые слова: *ПЭВД, аппрет, природная минеральная порода, полиакрилат, термостойкость по Вик., ПТР*

В статье представлено исследование влияния полиакрилата и наполнителя из природных минеральных пород в качестве отделочного покрытия на композиты, созданные на основе полиэтилена высокого давления. Научное исследование проводилось с учетом ряда характерных свойств исходного сырья, взятого в проведенной научно-исследовательской работе. Отбирались образцы в различных массовых процентных соотношениях компонентов, входящих в состав созданного полимерного композита, и определялись их физико-механические, теплофизические свойства. В качестве полимерной матрицы использовался полиэтилен высокого давления, в качестве наполнителя — местные природные минеральные породы, в качестве отделочного покрытия — полиакрилат, синтезированный в лабораторных условиях. Обрабатывались образцы композита, соответствующие 106-микрометровой дисперсности наполнителя и 3-5% по массе отделочного покрытия. Сравнивались прочностные, относительное удлинение, реологические свойства и свойства термостойкости образцов, соответствующие индивидуальным соотношениям компонентов, входящих в состав композита, и определялось оптимальное соотношение.

3-propeniloksipropan turşusunun propinil efirinin katalitik hidrosililləşdirilməsi¹Mustafayev Musa Musa oğlu [ORCID](#)²Cavadova Sadəgül Həsən qızı [ORCID](#)³Əhmədova Firuzə Famil qızı

Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqayıt, Azərbaycan, 1- dosent, 2,3-baş müəllim
musa.mustafayev@sdu.edu.az

MƏQALƏ HAQQINDA MƏLUMAT	XÜLASƏ
Məqalənin tarixəsi Daxilolma tarixi: 04.04.2025 Düzəliş tarixi: 18.05.2025 Qəbulolunma tarixi: 20.09.2025	<i>Rh(acac)(CO)3</i> iştirakı ilə triorganosilanların propinil Ester 3-propeniloksipropanoik turşuya katalitik birləşməsinin reaksiyası araşdırıldı. Müəyyən edilmişdir ki, triorganosilanların reaksiya verən komponentlərinin ekvimolyar nisbəti, əsasən dien seriyasının müvafiq orqanosilikon esterlərinin əmələ gəlməsi ilə əlaqəli tədqiq olunmamış eterə qoşulur.
Açar sözlər polimer materialları, üçüzvisilanlar, katalizator, silisiumüzvi mürəkkəb efirlər, spektr, udma zolağı, valent rəqsləri, hidroliz	

Mürəkkəb efirlər üzvi turşuların nisbətən asan əldə olunan və geniş yayılmış törəmələrindən biridir. Onlar əsasında alınan sintetik qatranlar qiymətli texniki-istismar xassələrinə malik olduqları üçün sənaye və texnikanın müxtəlif sahələrində geniş tətbiq olunurlar. Lakin onların termiki davamlılığının və termooksidləşmə stabilliyinin aşağı olması, eləcə də asan yanmaları bu qatranların tətbiq sahələrinin miqyasını müəyyən qədər məhdudlaşdırır. Odur ki, uzun müddət yüksək temperatur şəraitində və aqressiv mühitdə istismar oluna bilən xüsusi təyinatlı polimer materiallarının alınmasına yararlı, karbofunksional silisiumüzvi monomerlərin əlverişli alınma üsulunun işlənilib hazırlanması sintetik üzvi kimyanın qarşısında duran əsas problemlərdən biridir [1-3].

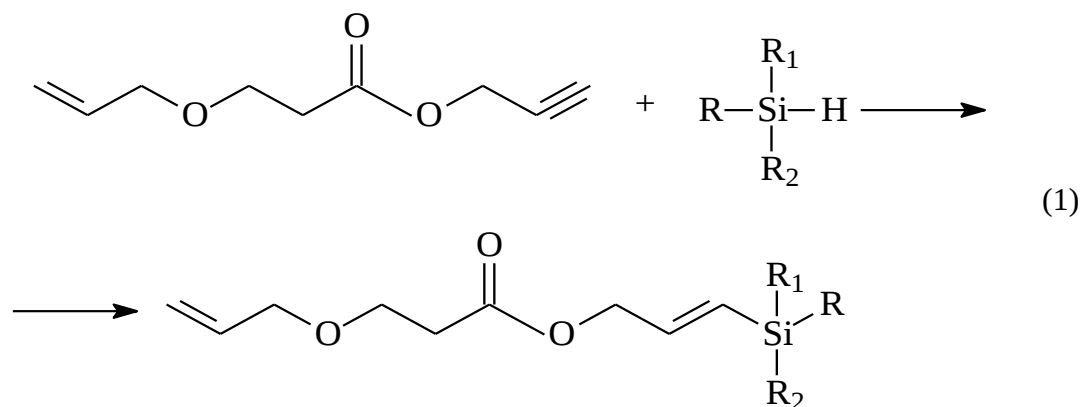
Hazırda silisiumüzvi polimerlər və onlar əsasında hazırlanmış polimer kompozisiya materialları boyaq maddələri istehsalında istifadə olunur, müxtəlif materiallardan hazırlanan əşyaların səthinə asanlıqla yapışaraq davamlı və stabil örtük əmələ gətirirlər. Onlar yüksək termoizolyasiya qabiliyyətinə malik olduqlarından və istiliyə davamlılıqları yüksək olduğundan, eləcə də hidrofob xassəli birləşmələr kimi elektroenergetika sənayesində, maşınqayırmada, kimya sənayesində və sənayenin digər sahələrində geniş tətbiq olunurlar. Polihidrid birləşmə reaksiyası üzrə alınan vinilsiloksanlar korroziya əleyhinə örtüklər, hidravlik mayelər, adgeziya materialları, köpüksəndürücülər, yağlara aşqarlar və bioloji fəal maddələr kimi geniş tətbiq olunurlar [4, 5].

Belə perspektivli silisiumüzvi monomerlər sırasına doymamış üzvi turşuların silisiumüzvi doymamış efirlərini də aid etmək olar. Bu efirlərin molekulunda yüksək reaksiya qabiliyyətli $\text{CH}_2=\text{CH}-$, $-\text{CH}=\text{CH}-$ rabitələrinin, alkeniloksikarbonil qrupunun və silisium atomunun olması, onların qiymətli texniki-istismar xassələrinə malik yüksəkmolekullu birləşmələrin alınmasında, polimerlərin və sintetik qatranların xassələrinin məqsədyönlü modifikasiyasında, həmçinin yeni sinif silisiumüzvi karbofunksional birləşmələrin sintezində istifadəsinə geniş imkanlar açır.

Qeyd olunanlar nəzərə alınaraq epoksid qatranları üçün səmərəli modifikatorların sintezi, üçüzvisilanlarla reaksiyada doymamış mürəkkəb efir molekulundakı $\text{CH}_2=\text{CH}-$ və $\text{HC}\equiv\text{C}-$ qruplarının nisbi reaksiya qabiliyyətlərinin təyini, silisiumüzvi mürəkkəb efirlərin sintezi, kimyəvi xassələrinin və mümkün tətbiq sahələrinin öyrənilməsi məqsədilə 3-propeniloksipropan turşusunun

propinil efirinin rodium dikarbonilasetilasetonat katalizatoru iştirakında üçüzvisılanlarla hidrosililləşmə reaksiyası ətraflı tədqiq edilmişdir.

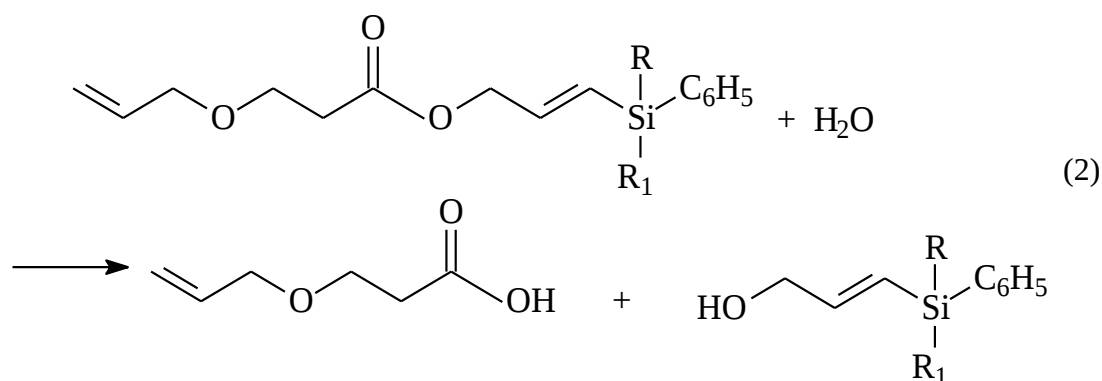
Müəyyən edilmişdir ki, üçüzvisılanlar adı çəkilən katalizator iştirakında ekvimolyar nisbətdə götürülmüş 3-propeniloksipropan turşusunun propinil efirinə əsasən $\text{HC}\equiv\text{C}$ – rabitəsi üzrə birləşirlər. Reaksiya nəticəsində dien sıra silisiumüzvi mürəkkəb efirlər alınır:



$\text{R}=\text{CH}_3$ və $\text{R}_1=\text{R}_2=\text{C}_2\text{H}_5$ (I), C_3H_7 (II), izo- C_3H_7 (III), C_6H_5 (IV); $\text{R}=\text{R}_1=\text{CH}_3$, $\text{R}_2=\text{C}_6\text{H}_5$ (V), $\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5$ (VI).

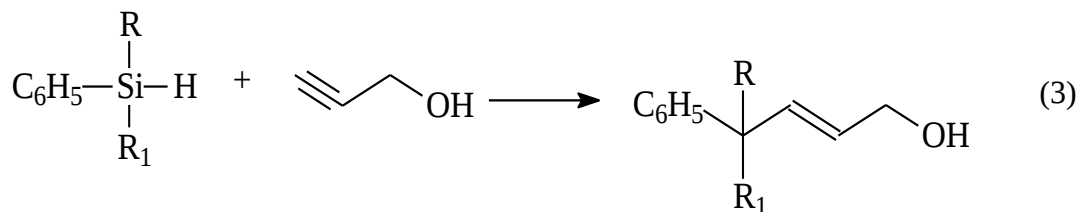
Birləşmə istiqamətini təyin etmək məqsədilə reaksiya məhsullarının tərkibi İQ-spektroskopiyasının köməyiylə ətraflı tədqiq edilmişdir. Belə ki, I birləşmənin İQ-spektrində $\text{Si}-\text{CH}=\text{CH}$ – rabitəsinin valentlik rəqslərinə məxsus rəqs tezliyi 1618 sm^{-1} olan orta intensivlikli və $>\text{C}=\text{O}$ rabitəsinin valentlik rəqslərini səciyyələndirən rəqs tezliyi 1730 sm^{-1} olan intensiv udma zolağı müşahidə olunur [6]. Adətən $\text{HC}\equiv\text{C}$ – rabitəsinin identifikasiyası üçün istifadə olunan udma zolağı isə araşdırılan spektrin $2260\text{--}2190\text{ sm}^{-1}$ sahəsində müşahidə edilmir.

(1) Reaksiyasının $\text{HC}\equiv\text{C}$ – rabitəsi üzrə getməsi kimyəvi yolla da təsdiq edilmişdir. Belə ki, V birləşmənin hidroliz reaksiyası məhsullarından 3-propeniloksipropan turşusu və VII silisiumüzvi doymamış spirt ayrılaraq xarakterizə edilmişdir:



$\text{R}=\text{R}_1=\text{CH}_3$ (VII).

Hidroliz reaksiyası üzrə alınan silisiumüzvi doymamış spirt qarşılıqlı sintez reaksiyasının köməyiylə də sintez edilərək xarakterizə edilmişdir. Qarşılıqlı sintez dimetilfenilsilanının $\text{Rh}(\text{asas})(\text{CO})_2$ katalizatoru iştirakında propinola katalitik birləşmə reaksiyası üzrə aparılmışdır:



$\text{R}=\text{R}_1=\text{CH}_3$ (VII).

Həm hidroliz reaksiyası, həm də qarşılıqlı sintezlə alınan VII silisiumüzvi doymamış spirtin fiziki xassələri və İQ-spektrinin nəticələri eyni olmuşdur. Beləliklə, yuxarıda qeyd olunan dəlillər üçüzvisilanlarla reaksiyada 3-propeniloksipropən turşusunun propinil efirinin $\text{HC}\equiv\text{C}-$ rabitəsinin daha yüksək reaksiya qabiliyyətli olmasını göstərir.

Müəyyən edilmişdir ki, reaksiya məhsullarının çıxımı üçüzvisilan molekulunda silisium atomu ilə birləşmiş üzvi əvəzləyicilərin təbiətindən və quruluşundan nəzərəcarpacaq dərəcədə asılıdır. Belə ki, dimetilbenzil-, dimetilfenil- və metildifenilsilanlar tədqiq olunan efirə birləşərək müvafiq olaraq 74.7, 80.8 və 86.8% çıxımla hidrosililləşmə məhsulları əmələ gətirdikləri halda, metildietil- və metildipropilsilanlarla reaksiyada çıxım müvafiq olaraq 67.6 və 66.5% təşkil edir. Metildiizopropilsilan isə cəmi 60.2% çıxımla məhsul əmələ gətirir.

Tədqiq olunan reaksiyada aromatik sıra üçüzvisilanların nisbi reaksiya qabiliyyətinin yüksək olmasını fenil qrupunun elektronlarının silisium atomunun 3d-orbitalları ilə qoşulma effekti ilə izah etmək olar. Belə ki, arilsilanlarda silisium atomu 3d-orbitallarından istifadə etməklə valent imkanlarını artırır və xarici enerji səviyyəsində 10 elektron yerləşdirə bilər. Belə birləşmələrdə benzol nüvəsinin π -elektronları elə yerləşir ki, onların silisium atomunun elektronlarla tamamlanmamış 3d-orbitalları ilə örtülməsi mümkün olur. Bunun nəticəsində silisium atomu ilə fenil radikalının karbon atomu arasındakı kimyəvi rabitə qismən ikiqat rabitə xarakteri daşıyır. Belə kimyəvi rabitə $d_\pi-p_\pi$ tipinə aid edilir [7].

Belə qoşulma effekti Si-H rabitəsinə əlavə olaraq polyarlaşdırır və silanı aktivləşdirir.

Şaxəli quruluşlu hidrosilanların aktivliyinin aşağı olması isə sterik effektlə əlaqədardır.

Təcrübi hissə

Başlangıç 3-propeniloksipropən turşusunun propinil efiri allil spirtinin akrilnitrillə sianetilləşməsindən alınan doymamış nitrilin turş mühitdə hidroliz məhsulunun xloroform mühitində sulfat turşusunun katalizatorluğu şəraitində propinolla efirləşmə reaksiyası üzrə sintez edilmişdir. T.qay. $96-97^\circ\text{C}$ (6 mm c. süt.), n_D^{20} 1.4594, d_4^{20} 1.0342.

Üçüzvisilanlar alkil(aril)dixlorsilanların müvafiq qrinyar reaktivi ilə qarşılıqlı təsirindən alınmışdır.

Sintez edilmiş birləşmələrin təmizliyinə “Varion-1200” və “Xromatek” markalı xromatoqrafda qaz-maye xromatoqrafiyasının köməyi ilə nəzarət edilmişdir.

Maddələrin İQ spektrləri “Specord-75” cihazında və ikişüalı UR-20 markalı spektrofotometrə $600-2400\text{ sm}^{-1}$ (prizma NaCl) və $2400-3600\text{ sm}^{-1}$ (prizma LiF) sahələrində yazılmışdır.

1-Propeniloksi-2-(3'-metildietilsilil)propeniloksikarboniletan (I). Mexaniki qarışdırıcı, əks soyuducu və damcı qığı ilə təchiz olunmuş reaksiya kolbasına 8.4 q (0.05 mol) yeni qovulmuş 3-propeniloksipropən turşusunun propinil efiri və katalitik miqdarda Rh(asas)(CO)_2 yerləşdirilir. Qarışıq 90°C temperaturadək qızdırılır və intensiv qarışdırılmaqla üzərinə asta damcılarla 5.1 q (0.05 mol) metildietilsilan əlavə edilir. Metildietilsilanın hamısı reaksiya zonasına verildikdən sonra kütlə 18 saat müddətində həmin temperaturda qarışdırılır. Reaksiya başa çatdıqdan sonra qarışıqdan fraksiyalı distillə ilə 8.6 q I məqsədlik məhsul alınır. Təkrar distillə edildikdən sonra aşağıdakı göstəriciləri təyin olunur:

T.qay. 106-107 °C (0.5 mm c. süt.), n_D^{20} 1.4632, d_4^{20} 0.9423. Çıxım 67.6%. Tapıldı: C 62.09, 62.26; H 9.75, 9.81; Si 10.26, 10.42%; MR_D 79.20. $C_{14}H_{26}SiO_3$. Hesablandı: C 62.18; H 9.69; Si 10.38%; MR_D 79.07.

Aşağıdakı silisiumüzvi doymamış mürəkkəb efirlər də eyni metodika üzrə sintez edilərək fiziki sabitləri təyin edilmişdir. Onların fiziki sabitlərinin qiymətləri və elementanalizinin nəticələri cədvəldə verilmişdir:

Cədvəl.

№	T. qay. ⁰ C (P, mm c. süt.)	n _D ²⁰	d ₄ ²⁰	MR _D		Element analizin nəticələri						Çıxım, %
				Hes.	Tap.	Hesablanıb			Tapılıb			
						C	H	Si	C	H	Si	
II	$\frac{119-120}{0.5}$	1.4642	0.9347	87.54	88.14	64.38	10.13	9.41	64.46 64.53	10.06 10.12	9.34 9.28	66.5
III	$\frac{114-115}{0.5}$	1.4650	0.9333	87.54	88.40	64.38	10.13	9.41	64.28 64.43	10.19 10.08	9.26 9.19	60.2
IV	$\frac{188-189}{0.5}$	1.5506	1.0691	109.56	109.30	72.09	7.15	7.66	72.02 72.11	7.06 7.17	7.55 7.71	86.8
V	$\frac{152-153}{0.5}$	1.5136	1.0193	89.74	89.96	67.06	7.95	9.22	67.02 67.13	8.05 8.11	9.06 9.17	80.8
VI	$\frac{158-159}{0.5}$	1.5156	1.0102	94.55	95.17	67.88	8.23	8.82	67.84 67.92	8.16 8.31	8.86 8.93	74.7

3-Dimetilfenilsililpropen-2-ol-1 (VII). Əks soyuducu və mexaniki qarışdırıcı ilə təchiz olunmuş kolbaya 15.2 q (0.05 mol) V və 50 ml qatı xlorid turşusu məhlulu yerləşdirilərək 6 saat müddətində 50-60 °C temperaturda qarışdırılır. Reaksiya başa çatdıqdan sonra kütlə efir əlavə edilməklə iki təbəqəyə ayrılır. Üzvi təbəqə su təbəqəsindən ayrılaraq iki dəfə distillə edilmiş su ilə yuyulur. Üzvi təbəqələr birləşdirilərək közərdilmiş $MgSO_4$ üzərində qurudulur. Tərkibindən efir qovulduqdan sonra qalan hissədən vakuumda distillə ilə 6.2 q VII silisiumüzvi doymamış spirt alınır. T. qay. 101-102 °C (0.5 mm c. süt.), n_D^{20} 1.6311, d_4^{20} 0.9898. Çıxım 64.6%. Tapıldı: C 68.61, 68.76; H 8.48, 8.36; Si 14.43, 14.32%; MR_D 60.39. $C_{11}H_{16}SiO$. Hesablandı: C 68.69; H 8.39; Si 14.60%; MR_D 60.44. Hidroksil ədədi: tapıldı-8.7, hesablandı-8.8%.

VII birləşmənin qarşılıqlı sintezi. 5.6 q (0.1 mol) yeni distillə edilmiş propinol, 13.6 q (0.1 mol) dimetilfenilsilan və tərkibində katalitik miqdarda $Rh(asas)(CO)_2$ olan 40 ml tiofendən azad edilmiş benzoldan ibarət qarışıq əks soyuducu ilə təchiz olunmuş birboğazlı reaksiya kolbasında 16 saat ərzində qaynadılır. Reaksiya başa çatdıqdan sonra qarışığın tərkibindən həlledici və tez qaynayan maddələr qovulur. Qalan hissədən vakuumda distillə ilə 15.6 q VII alınır. T. qay. 102-104 °C (0.5 mm c. süt.), n_D^{20} 1.4425, d_4^{20} 1.0648. Çıxım 81%. Tapıldı: C 68.77, 68.82; H 8.46, 8.53; Si 14.41, 14.54%. $C_{11}H_{16}SiO$. Hesablandı: C 68.69; H 8.39; Si 14.60%.

Ədəbiyyat

- [1]. Tapdıqov, Sh. Cumulative release kinetics of levothyroxine-Na pentahydrate from chitosan/arabinogalactane based pH sensitive hydrogel and its toxicology / Sh.Tapdıqov, D.Taghiyev, M.M.Mustafayev [at.al] // Reactive and Functional Polymers, –2022, Vol. 178, 105334.
- [2]. Мустафаев, С.Г., Оруджев, К.Д., Джафаров, В.Д., Мустафаев, А.М. Полибромсодержащие бициклические ненасыщенные полиэфиры // Материалы республиканской научной конференции «Современные проблемы химии мономеров и полимеров» –Сумгаит, 29-30 октября, –2009, –с. 89-91
- [3]. Mustafayev, M.M. Norbornenkarbon turşusunun (3-dimetilfenilsilil)propil efirinin sintezi və persirkə turşusu ilə epoksidləşməsi / M.M.Mustafayev, N.A.Mustafayeva, A.F.İsmayılzadə [və b.] // Sumqayıt Dövlət Universitetinin Elmi Xəbərləri, Təbiət və texniki elmlər bölməsi, –

Sumqayıt: SDU, –2010. c. 10, № 2, –s.45-48

- [4]. Мустафа-заде, Дж.М., Мустафаев М.М. Каталитическое присоединение триалкил(арил, хлор)силанов к виниловому эфиру норборненкарбоновой кислоты в присутствии ацетилацетондикарбонила родия. // Актуальные проблемы науки и техники – 2017. Сборник материалов X международной научно-практической конференции молодых ученых, –Уфа: Нефтегазовое дело, –2017. т. I, –с.137-139
- [5]. Mustafayev, M.M. 2-Metoksikarbonilbitsiklo[2.2.1]hept-5-enə trialkil(aril, xlor)silanların katalitik birləşmə reaksiyasının tədqiqi // Kimya problemləri jurnalı, –Bakı, 2008, № 3, –s.555-558.
- [6]. Казычина, Л.А. Применение УФ-, ИК- и ЯМР- спектроскопии в органической химии / Л.А.Казычина, Н.Б.Куплетская –Москва: Высшая школа, –1971. –264 с.
- [7]. Робертс, Дж. Основы органической химии. Ч. 1. / Дж.Робертс, М.Касерио –Москва: Мир, –1968. –592 с.

Summary

Catalytic hydrosilation of propynyl ester of 3-propeniloxipropan acid

Mustafayev M.M., Hasanova S.H., Ahmadova F.F.

Key words: *thresubstiuted silanes, catalizator, catalitic sistems, hudrosilation, sintetic rezins*

It has been investigated catalytic hydrosilation of propynyl esters of 3-propeniloxipropan acid with threorqanosilanes in the presence of Rh(asas)(CO)₂.

It has been established that independing of nature and structure of substituents in silanes threorqanosilanes ekzothermically added to unsaturated HC≡C- bond with forming hem- and trans- structure.

Резюме

Каталитического гидросилилирование пропинилового эфира 3-пропенилоксипропановой кислоты

Мустафаев М.М., Гасанова С.Г., Ахмедова Ф.Ф.

Ключевые слова: *полимерные материалы, триорганосиланы, катализатор, кремнийорганические сложные эфиры, спектр, полосы поглощения, валентные колебание, гидролиз*

Исследована реакция каталитического присоединения триорганосиланов к пропиниловому эфиру 3-пропенилоксипропановой кислоты в присутствии Rh(ааа)(CO)₂. Установлено, что при эквимольном соотношении реагирующих компонентов триорганосиланы присоединяется к исследованному непредельному эфиру в основном по –C≡CH связи с образованием соответствующих кремнийорганических сложных эфиров диенового ряда.

Elektrokimyəvi metodla neftin və qazkondensatın hidrogensulfiddən təmizlənməsi

¹Hətəmov Mətləb Murtuz oğlu [ORCID](#)

²Şirinov Pənah Məhəmməd oğlu [ORCID](#)

³Rüstəмова Gülnarə Cəfər qızı

⁴Mustafayeva Xəlilə Mehdi qızı

Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqayıt, Azərbaycan, 1-dosent, 2-baş müəllim, 3-baş laborant, 4-laborant
gulnara.rustamova@sdu.edu.az

MƏQALƏ HAQQINDA MƏLUMAT	XÜLASƏ
Məqalənin tarixçəsi Daxilolma tarixi: 30.05.2025 Düzəliş tarixi: 02.07.2025 Qəbul olunma tarixi: 19.09.2025	Məlum metodla müqayisədə kükürd birləşmələrini neft və qaz kondensatından təmizləmək üçün təklif olunan elektrokimyəvi üsul aşağıdakı üstünlüklərə malikdir: Oksidləşmə prosesləri əhəmiyyətli dərəcədə selektivdir. Qeyd etmək lazımdır ki, proses zamanı alınan su - qələvi məhlulu O₂ istehsal mənbəyi, eləcə də neytrallaşdırıcı rolunu oynayır. Prosesin texnoloji sxemi sadədir, əlavə olaraq hidrogen sulfiddən ağır yağları, qələvi su ilə emulsiyanı təmizləmək üçün istifadə edilə bilər.
Açar sözlər elektrokimyəvi metod, elektroliz qurğusu, hidrogensulfid, su-qələvi məhlulu, fialosianın katalizatoru, qazokondensat, merkaptanlar, çətinayrılan emulsiya	

Neftin kompleks emalının ən mühüm məsələlərindən biri də neftin tərkibindən onun heterogen komponentlərinin ayrılaraq istifadə edilməsindən ibarətdir. Kükürd neftin tərkibində olan mühüm heteroelementlərdən biridir və burada qatılığı 6-8% qədər, çox az hallarda 9,6% bəzən isə hətta 14%-ə çatır. Neftdə az miqdarda sərbəst kükürd və hidrogen sulfid (H₂S) olur.

Neftdə kükürd əsasən onun kükürlü birləşmələri olan merkaptanlar (RSH), sulfidlər (RSR¹), disulfidlər (RSSR), tsiklik sulfidlər (C_nH_{2n}S) şəkilində olurlar.

Kükürlü neftlər və onların fraksiyalarının işlənməsinin mövcud sənaye metodları əsasən kükürd üzvi birləşmələrinin dağıdılması və onların yanacaqdan ayrılması ilə əlaqədardır. Neft emalı zavodlarında neft məhsullarının təmizlənməsi sutəmizləmə qurğularında həyata keçirilir, nəticədə kükürd ayrılır. Bu təbii kükürd birləşmələrinin istifadə olunmasını istisna edir.

Dünyada neft məhsulları ilə birlikdə hər il 4107 ton kükürd yandırılır. Yanma məhsullarına nisbətə bu təqribən 8107 ton karbon-dioksit yaxud 1,2108 ton sulfat turşusu təşkil edir, turşu yağışı əmələ gətirir və əhalinin xəstələnməsini artırır. Bundan başqa neftdə olan kükürlü birləşmələr yanacaq və yağların istismar keyfiyyətini kəskin pisləşdirir, cihazların korlanmasına səbəb olur, antidetanatorların aktivliyini və yanacağın antioksidləşdirici stabilliyini azaldır, krekinq-benzində qatran əmələ gəlməsini artırır. Bununla belə, üzvi birləşmələrin kükürlü birləşmələri neft məhsullarından konsentratlar, həmçinin neft sulfoksidləri və sulfonları şəklində çıxarılaraq müxtəlif xalq təsərrüfatı sahələrində istifadə olunur.

Neft fraksiyalarının kükürd üzvi birləşmələrdən təmizlənməsinin bir sıra metodları mövcuddur.

Qələvi ilə təmizləmə metodunda qələvinin hidrogensulfidlə qarşılıqlı təsirindən turş və normal duzlar alınır. Merkaptanlar isə qələvinin təsirindən merkaptidlər əmələ gətirir.

Bu metodun çatışmayan cəhəti qiymətli reagentlərin itkisi və əmələ gələn kükürdqələvili tullantıların çətin ultilizə edilməsidir.

Katalitik hidrotəmizləmə C-S əlaqəsinin selektiv hidrogenolizinə əsaslanır, hidrogen sulfid və karbohidrogenlərin əmələ gəlməsi ilə baş verir, kükürdün miqdarını 85-97% azaltmağa imkan verir. Hidrogenoliz bütün kükürd üzvi birləşmələr qrupu üçün xarakterikdir. Yüngül və orta distilyatların hidrotəmizlənməsi prosesi daha effektiv olur və sənayedə geniş tətbiq olunur; əsas çətinlik ağır fraksiyaların və neft qalıqlarının hidrotəmizlənməsində yaranır.

Neft məhsullarının kükürlü birləşmələrinin təmizlənməsinin ən köhnə metodlarından biri sulfat turşusu metodudur. Sulfat turşusu güclü oksidləşdiricidir, ona görə də kükürd üzvi birləşmələr həm sulfolaşır, həm də oksidləşir. Bu zaman merkaptanlar disulfidlərə qədər, sulfidlər sulfooksidlərə qədər, tiofanlar və tiofenlər sulfooksidlərə qədər oksidləşirlər.

Metodun çatışmayan cəhəti sulfat turşusunun çox sərf olunması, destruksiya olunma və sulfidlərin itkisindən ibarətdir.

Metodlardan biri də oksidləşmə metodudur ki, metod funksional qrupların modifikasiyasına əsaslanır və əvvəllərdə kükürd birləşmələrinin oksidləşməsi ilə karbohidrogenlərin oksigentərkibli məhsullardan asanlıqla ayrılması ilə əlaqədar olaraq kükürlü birləşmələrin neft məhsullarından ayırmaq üçün istifadə olunmuşdur.

Oksidləşmə metodunun perspektivliyi əmələ gələn sulfoksid və sulfonların praktiki olaraq istifadə olunma imkanları ilə şərtlənir.

Neft xammalından sulfoksid və sulfonların alınma imkanları ikivalentli kükürdün və müxtəlif qrup karbohidrogenlərin nisbi oksidləşmələri tədqiqatlarına əsaslanır, hansı ki, sulfidlərin oksidləşmə potensialı aromatik və tsiklik sulfidlərin oksidləşmə potensialından kifayət qədər aşağıdır. Buna görə də, onların sulfoksidlərə və sulfonlara qədər oksidləşmələri daha tez gedir.

Neft sulfoksid və sulfonlarının iki alınma üsulundan istifadə olunur. Birinci üsulda başlanğıc neft fraksiyasından seçici həlledicilərlə ekstraksiya etməklə sulfid konsentrasiı ayrılır, sonra isə onu sulfoksid və sulfonlara qədər oksidləşdirirlər. İkinci üsulda neft fraksiyasında sulfidlər maye ekstraksiya metodu ilə ayrılır.

Neft sulfidləri müxtəlif oksidləşdiricilərlə oksidləşdirilir. Məs.: sulfat, nitrat turşuları, kalium persulfat, azot oksidləri, hipoxloritlər, peroksidlər, ozon və molekulyar oksidləşdirmə metodları.

Neft sulfidlərindən həlledici mühitində oksidləşmə ilə neft sulfoksidlərinin alınması metodlarının ümumi bir çatışmayan cəhəti vardır ki, bu da həlledicinin yüksək qatılığı və onları reaksiya kütləsindən ayırmağın çətinliyidir.

Neft və qazkondensatın hidrogensulfiddən oksidləşmə ilə təmizlənməsi qaz, neftçixarma sənayesində istifadə oluna bilər. Neft və yaxud qazkondensatda olan hidrogensulfid havanın oksigeni ilə ftalsian katalizatorunun su qələvi məhlulu iştirakında elemenrat kükürdə qədər oksidləşir. Katalizator məhlulu başlanğıc xammala 0,05-1,0% miqdarında vurulur. Qələvi məhlulu olaraq NaOH yaxud NH_3 , ya da Na_2CO_3 , katalizator olaraq isə disulfo-, tetrasulfo-, dixlordioksidisulfo-, və kobaltpoliftalsianin istifadə olunur. 1 mol hidrogen sulfid üçün NaOH, NH_3 və Na_2CO_3 0,3-1,6 mol, hava 0,1-0,2 HM^3 , katalizator 0,05-0,2q sərf olunur. Oksidləşmə prosesi 20-70- $^{\circ}\text{C}$ -də 5-180 dəqiqə müddətində, 0,3-1,5Mpa təzyiqdə aparılır. Hidrogensulfidlə yanaşı yüngül merkaptanların hissələri də oksidləşir. Bu üsulda qələvi məhlulu ilə davamlı emulsiya əmələ gəldikdə neftin və qazkondensatın dezodorasiyasını aparmaq olur, kükürd qələvi drenajlar olmur.

Neft və qazkondensatda 0,05% (500ppm) hidrogensulfid ola bilər. Hidrogensulfid və yüngül aşağı qaynama temperaturu merkaptanların olması neftdə pis iy əmələ gəlməsinə səbəb olur.

Hermetiklik pozulduqda hidrogensulfid və aşağı qaynama temperaturu merkaptanların saxlanıldığı yerdən atmosfərə daxil olması baş verə bilər. Yaşayış zonasında yol verilən qatılıq həddi hidrogensulfid üçün $8 \cdot 10^{-3}$, metilmerkaptan üçün $9 \cdot 10^{-3}$ və etilmerkaptan üçün $3 \cdot 10^{-5}$ mq/m³ təşkil edir. Neftçixarma sənayesində neftdən hidrogensulfidin kənarlaşdırılması seperasiya və stabilləşmə mərhələsi ilə həyata keçirilir, haradakı temperaturun yüksəlməsi ilə hidrogen sulfid səmt qazları ilə ($\text{C}_1\text{-C}_4$) birlikdə buxarlanır.

Səmt qazları hidrogensulfiddən qaz emalı zavodlarında (QEZ) təmizlənir, yaxud fakəldə yandırılır ki, bu da ətraf mühitin çirklənməsinə səbəb olur. Az həcmdə səmt qazları üçün QEZ yaratmaq və qazın daşınması üçün böyük kapital qoyulması tələb olunduğuna görə iqtisadi cəhətdən səmərəli deyildir. Qaz buraxmaqla havanın hidrogensulfidlə çirklənməsi qaçılmazdır.

Neft məhsullarından hidrogensulfidin, yüngül, aşağı qaynama temperaturu merkaptanların və turş birləşmələrin kənarlaşdırılması üçün qələviləşmə aparılır. Qələvinin suda məhlulu ilə neft turşularının, fenolun hidrogensulfidin və yüngül merkaptanların yuyulması nəticəsində suda həll olan duzlar əmələ gəlir və yuma suyu ilə aparılır [1].

Xarici ölkələrdə neft məhsullarını hidrogensulfiddən və merkaptanlardan təmizlənməsi “Mepokc” qurğusunda həyata keçirilir [2].

Yuyulma suları və kükürd-qələvi çirkab sular xüsusi qurğularda təmizlənir, hansı ki, orada sulfidlər havanın oksigeni ilə katalizator iştirakında daha az zərərli sulfatlara qədər oksidləşir. Hidrogensulfiddən əlavə yuma üçün bir hissə neft məhsuluna 0,1-0,25 hissə qələvinin suda məhlulu götürülür. $\text{H}_2\text{S} + 2\text{NaOH} \rightarrow 2\text{Na}_2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$ (1) reaksiya tənliyində 1 kütlə hissə hidrogensulfidi neytrallaşdırmaq üçün 2,35 kütlə hissə qələvi tələb olunur. Qələvi daha çox sərf olunur, hidrogensulfid qələvi ilə yalnız $\text{pH} > 10$ olduqda əlaqədə olur, qələvinin bir hissəsi isə turşu və fenolun neytrallaşmasına sərf olunur.

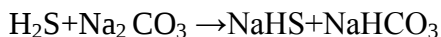
Hidrogensulfidin neftdən və kondensatlardan qələvi məhlulu ilə yumaqla təmizlənməsində çatışmayan cəhət ondan ibarətdir ki, qələvi çox sərf olunur, proses çoxmərhələlidir və çoxlu miqdarda çirkab suları əmələ gəlir.

Bundan başqa bu metodun ağır neftin hidrogensulfiddən təmizlənməsi zamanı qələvi məhlulu ilə çətinayrılan emulsiyaların əmələ gəlməsinə görə tətbiq oluna bilməməsidir.

0,5-1 mol NaOH sərf edildikdə H_2S -lə yalnız qismən neytrallaşma ilə hidrosulfid əmələ gəlir.



Soda istifadə etdikdə:



Katalizator iştirakı ilə hidrosulfid havanın oksigeni ilə elementar kükürd əmələ gəlməsilə oksidləşir:



Regenerasiya olunmuş NaOH sərbəst H_2S ilə təsirdən (2) reaksiyası üzrə hidrogensulfid əmələ gətirir ki, bu da qazkondensatdan və neftdən hidrogen sulfidin təmizlənməsinə daha az NaOH sərf olunmasına gətirir.

Bir ton kondensata yaxud 120 ppm H_2S -ə yaxud 1 mol H_2S -ə 0,0567q katalizator sərf olunur.

1mol natriumhidrosulfidin (yaxud 1mol H_2S -id) üçdə biri tiosulfata və sulfata qədər aşağıdakı reaksiya üzrə oksidləşir:



3,4, 5- reaksiyalarında oksigenin ümumi sərfi 1 mol H_2S -ə görə 20-30q təşkil edir. İşlənmiş havada 5-7% oksigen qalır.

Yalnız (3) reaksiyasına görə 1 mol H_2S -in oksidləşməsinə hesablanmış havanın sərfi 89l olur. 4 və 5 Reaksiyalarında əlavə reaksiyalara ən yaxşı halda $0,1\text{nm}^3$ hava sərf olunur. Bundan aşağı hidrogensulfidin tam oksidləşməsinə çatmaq olmur.

Havanın dozasını artırıqda oksidləşmə reaksiyasının sürəti artır, lakin havanın sərfi bir mol H_2S -ə $0,2\text{nm}^3$ -dan çox artdıqda enerji sərfinin artmasına və neft buxarının işlənmiş havada azalmasına görə iqtisadi cəhətdən sərfi deyildir. Katalizatorun vacib sərfi tədqiqatların əsasında qurulur. 1mol H_2S -ə 0,05q-dan aşağı katalizator sərf olunarsa, lazımi oksidləşmə sürəti təmin olunmur, 1mol H_2S -ə görə katalizatorun miqdarını 0,20q-a qədər artırmağa ehtiyac yoxdur.

50-70°C temperaturda H_2S 5-15 dəqiqə ərzində tamamilə oksidləşir, temperatur 70°C-dən yuxarı qaldırmağa ehtiyac yoxdur.

20°C-də reaksiyanın tam getməsi üçün 3 saatdan çox vaxt sərf olunur. Temperaturun aşağı sərhəddə 20°C ilə məhdudlaşması reaksiya sürətinin yavaşması və neftin özlülüyünün artması ilə neftdə KQM məhlulunun emulqatorlaşmasının çətinləşdirilməsi ilə əlaqədardır.

Təzyiq sərhəddi (həddi) havanın neft və qazkondensatda həll olması hesabı ilə 0,3-1,5Mpa olur. Təzyiqin 0,3Mpa qiymətində havanın həll olması 1m³ neftə yaxud qazokondensata görə 0,2-0,3nm³ təşkil edir ki, bu da 1mol H₂S-ə 0,2nm³ hava sərf olunur və 1-1,5mol yaxud 34-51 ppm H₂S-in tamamilə oksidləşməsinə təmin edir. Neftdə daha aşağı qatılıqda H₂S olduqda təmizləməyə ehtiyac yoxdur.

Təzyiqin 15 MPa-dan yuxarı artırılması vacib deyil, bunun üçün 1m³ neft yaxud qazkondensatda 2nm³-ə qədər hava həll olur ki, bu da 10-15mol H₂S-in oksidləşməsi üçün kifayət edir.

Ftalosianın katalizatorunun su-qələvi məhlulu iştirakında neftin və qazkondensatın havanın oksigeni ilə hidrogensulfiddən təmizlənməsi üsulu onunla fərqlənir ki, neft və qazkondensat qarışdırılmada 0,05-1,0 kütlə %-i ftalosianın katalizator-su-qələvi məhlulu və hava 0,3-1,6 mol natrium karbonatın hesablanmış miqdarından və 0,1-0,2nm³ hava 1 mol hidrogen sulfidə daxil edilir və qarışıq 20-70°C temperaturda, 0,3-1,5Mpa təzyiqdə 5-180 dəqiqə müddətində saxlanılır.

Neft qazkondensatların hidrogen sulfiddən və yaxud merkaptanlardan üzvi oksigen və yaxud azotərkibli reagent-agentlərlə, halogenanhidridlə, karbon turşularının amidləri, fenoksidlə, izosianatla, azodikarboksilatla, asetilenkarboksilatla, fumaronitrillə, malein anhidridi ilə alkilhidroperoksidlə, ammoniumun dördlü birləşmələri ilə trialkilheksahidrotriazinlə, arilsulfin turşusunun duzu və s ilə emalı (işlənməsi) yolu ilə təmizlənməsi [3].

Bu üsulun əsas çatışmayan cəhəti sənayedə onların tətbiq olunan reagent neytralizatorlarının məhdud olmasıdır.

Həmçinin neftin hidrogen sulfiddən hidrogenperoksidlə 20-50%-li məhlulu ilə 0-60°C temperatur və 0,5-2 Mpa təzyiqdə oksidləşməsi ilə təmizlənmə üsulu da məlumdur.

Göstərilən üsulun çatışmayan cəhəti merkaptanlardan neftin yüksək təmizlənmə dərəcəsinin kifayət olmaması və prosesin uzunmüddətli olmasıdır (peroksidin sulu məhlulunda onların aşağı sürətlə oksidləşməsi).

Təklif olunan ixtiraya daha yaxın olanı maye karbohidrogenlərin, qazkondensat üstünlük təşkil etməklə, merkaptanlardan onların artıq miqdarda götürülmüş havanın oksigeni vasitəsilə oksidləşməsi əks cərəyanla 1: (1-10) münasibətində 15-65°C və 1,4-2,1 atmosferdə təmizlənmə xammalın sonrakı ayrılması alkonolaminin işlənməmiş məhlulunun regenerasiyası və onun təmizlənmə mərhələsinə qaytarılması aiddir. Buna görə alkonolamin kimi detanolaminin 5-70%-li sulu məhlulu götürülür və reaksiyanın sürətini artırmaq üçün uyğun oksidləşmə katalizatorları, ən üstünü 0,01-0,1q (metala görə hesablanmış) ftalosianın kobaltın 100 ml alkanolamin məhlulunda götürülür [4].

Göstərilən üsulun əsas çatışmayan cəhəti alkanolaminin sulu məhlulu istifadə etdikdə təmizlənən xammalın ayrılması, xüsusən də ağır neftin yüksək özlülüyü nəticəsində dayanıqlı emulsiyanın yaranması, defisit qiymətli katalizator ftalosianın kobaltın sonrakı regenerasiyasının vacibliyi və prosesin mürəkkəbliyidir.

Həmçinin neftin hidrogen sulfiddən təmizlənməsinin 20-50%-li hidrogen peroksid məhlulu ilə 0-60°C və 0,5-2MPa təzyiqdə oksidləşməsi üsulu da məlumdur [5]. Bu üsulun çatışmayan cəhəti neftin merkaptanlardan təmizlənməsinin kifayət qədər yüksək olmaması və aparılan prosesin uzun müddətli olmasıdır (hidrogen peroksid məhlulu ilə onların oksidləşmə sürətinin aşağı olması).

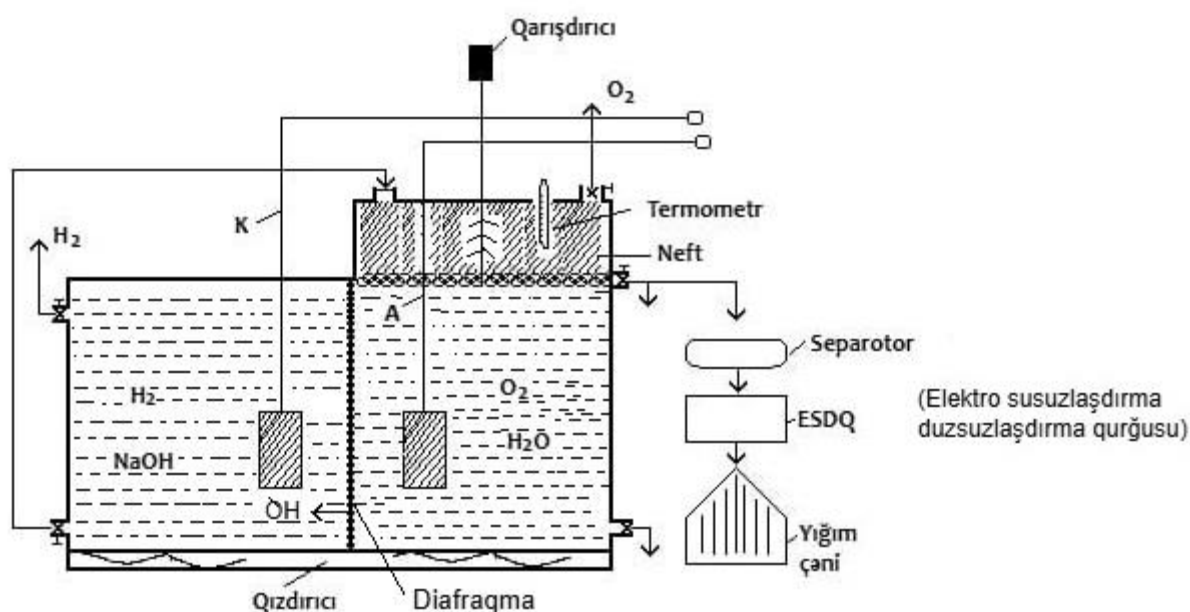
Neftin, qazkondensatın və neft məhsullarının hidrogen sulfiddən 20-70°C temperaturda və yüksək təzyiqdə, effektiv miqdarda əsas və yaxud qələvi reagentlə və katalizator olaraq dəyişkən valentli metal birləşmələri (dəyişkən valentli metalların suda həll olan duzları, pirofosfat yaxud ammoniyakla dəyişkən valentli metalın qeyri-üzvi kompleksi) istifadə etməklə hava oksigeni ilə oksidləşdirməklə təmizlənməsi üsulu da məlumdur. Prosesin çatışmayan cəhəti yüksək təzyiqdə aparılmasıdır.

Neftin hidrogen sulfid və merkaptanlardan reagent neytralizatorla əlaqələndirməklə katalizator iştirakında kimyəvi təmizlənməsi üsulu da məlumdur [6].

Üsulun çatışmayan cəhəti neftdən reaksiya məhsullarının sıxlıqları fərqlinin az olmasına görə ayrılmasının çətinliyi, təmizlənmiş neftə reaksiya məhsulunun düşməsi ilə borularda və məhsul rezervuarlarında çöküntünün əmələ gəlməsidir.

Həmçinin qismən hazırlanmış xammalın karbohidrogen qazları vasitəsilə desorbsiya kalonuna üfürülməsi (fiziki üsul) ilə təmizlənməsi, hidrogen sulfid metil və etilmerkaptanların kimyəvi aktiv reagent-neytralizatorla əlaqəsi yolu ilə (kimyəvi üsul) təmizlənməyə qədər hazırlanmış neftin tərkibində daha yüksək qaynayan və az aqressiv kükürdüzvi birləşmələrin əmələ gəlməsi ilə tərkibində hidrogen sulfid və merkaptan olan neftlərin hazırlanması usulları da məlumdur [7].

Bu üsulun çatışmayan cəhətlərindən biri aşağı qaynama temperaturu benzol komponentlərinin (C_4 və yuxarı qaynayan) üfürülmə qazı ilə üfürülmədə çoxlu miqdarda itirilməsidir.



Şəkil. Neft və qaz kondensatın hidrogen sulfiddən elektrokimyəvi metodla təmizlənmə qurğusu

Yuxarıda göstərilən üsullardakı çatışmazlıqların aradan qaldırılması üçün elektrokimyəvi üsuldən istifadə etməklə neftin tərkibində olan hidrogen sulfidin, merkaptanların təmizlənməsi tərəfimizdən təklif olunmuşdur. Difragma olaraq xrizolit azbesindən hazırlanmış ($3MgO \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$) difraqmadən istifadə olunmuşdur. Təklif etdiyimiz üsulda istifadə olunan qələvi məhlulu (NaOH məhlulu) həm oksidləşdirici, həm də neytrallaşdırıcı kimi təsir göstərir. Belə ki, qələvi məhlulun elektrolizi ilə alınan oksigendən oksidləşdirici kimi, qələvi məhlulundan isə neytrallaşdırıcı kimi istifadə etməklə iki mərhələni birgə həll etməyə nail olunmuşdur. Katalizator olaraq 0,01-0,5 kütlə %-ilə ftalsianın istifadə olunmuşdur. Proses şəkil 1-də göstərilən qurğuda həyata keçirilmişdir.

Həmçinin natrium-sulfat məhlulundan istifadə etməklə alınan oksigen, natrium qələvisi və sulfat turşusunun alınması əsasında üç üsulun birgə həll olunmasını (O_2 və H_2SO_4 -i ilə oksidləşmə, NaOH ilə isə neytrallaşmanı) həyata keçirmək olar.

Ədəbiyyat

- [1]. Фахриев, А.М., Фахриев, Р.А. Патент РФ № 2218974, МПК ВО 19/100. –2001.07.25. – Способ подготовки сероводород- и меркаптансодержащей нефти.
- [2]. Заявка Великобритании № 2185994, № 2185995, № 2186590; заявка ЕПВ № 0261974; патент США № 4909925, № 5344555, № 5354453; авторское свидетельство СССР № 1810377.
- [3]. Мазгаров, А.М. Химия и технология топлив и масел / А.М.Мазгаров, А.Ф.Вильданов [и др.] –1996. –№ 6. –с.11–12
- [4]. Патент США № 4412913, кл. с.10 G 29/02, 1983 // Реф. ж. “Химия” –1984. № 14н. –с. 335.
- [5]. Патент ФРГ № 3151133, кл. с.10 G 27/12, –1983.
- [6]. Проскурякова, В.А. Химия нефти и газа / Под ред. д.т.н. Проскуряковой В.А. –Л.: Химия. 1981. –358 с.
- [7]. Ситтиг, М. Процессы окисления углеводородного сырья / М.Ситтиг –М.: Химия, 1970. – 300 с.

Summary

Cleaning of oil and gas condensate from hydrogen sulfide b electrochemical method

Hatamov M.M., Shirinov P.M., Mustafayeva K.M., Rustamova G.J.

Keywords: *electrochemical method, hydrogen sulfide, electrolysis unit, aqueous alkaline solution, phlathocyan catalyst, gas condensate, mercaptans, difficult to separate emulsions.*

Compared with the known method, the proposed electrochemical method for cleaning sulfur compounds from oil and gas condensate has the following advantages:

Oxidation processes occur significantly selectively, it should be noted that, during the process, the aqueous alkaline solution taken acts as a source of O₂, as well as a neutralizer. The process flow chart is simple; in addition, it can be used to clean heavy oils from hydrogen sulfide, emulsions with alkaline water.

Резюме

Очистка нефти и газового конденсата от сероводорода электрохимическим методом

Гатамов М.М., Ширинов П.М., Мустафаева К.М., Рустамова Г.Дж.

Ключевые слова: *электрохимический метод, сероводород, электролизной установки, водно-щелочной раствор, фталоцианинового катализатора, газоконденсат, меркаптанов, трудна разделяющиеся эмульсии.*

По сравнению с известным способом, предлагаемый электрохимический способ очистки сернистых соединений из нефти и газоконденсата имеет следующие преимущества:

Процессы окисления происходит существенно селективно, надо отметить что, при процессе взятый водно-щелочной раствор выполняет функции источника получения O₂, а также в качестве нейтрализатора. Технологическая схема процесса простая, кроме того может быть использован для очистки от сероводорода тяжелых нефтей, эмульсии с щелочной водой.

Проведение исследования по определению экологически эффективных коагулянтов для глубокой очистки сточных вод нефтеперерабатывающей промышленности

¹Мамедов Рашад Яшар оглу²Гаджиева Севиндж Рафик гызы [ORCID](#)³Байрамов Гияс Ильяс оглу [ORCID](#)⁴Джафарова Наиля Маммад гызы [ORCID](#)*Бакинский государственный университет, Баку, Азербайджан**1-докторант, 2,3 - профессор, 4- д.ф.х.*ceferova-nailem@mail.ru

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

История статьи

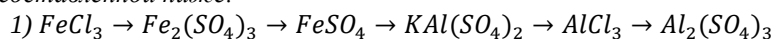
*Получено: 18.02.2025**Исправлено: 03.05.2025**Принято: 19.09.2025*

Ключевые слова

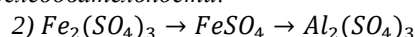
нефтеперерабатывающая промышленность, промышленность, сточные воды, коагулянт, смесь отходов нефтепродуктов, эффективная очистка

РЕЗЮМЕ

Как известно, промышленные сточные воды (ПСВ) нефтеперерабатывающей промышленности (НПП), содержащие смесь отходов нефтепродуктов (СОНП), имеют очень сложный состав, по этой причине глубокая очистка этих вод до сих пор остается важной экологической проблемой. Нами в лабораторных условиях проведены исследовательские работы по выявлению экологически эффективных коагулянтов для глубокой очистки проб ПСВ, отобранных с территории нефтеперерабатывающего завода имени Гейдара Алиева (НПЗ), от СОНП, взвешенных веществ, а также соединений металлов. В ходе исследований установлено, что для образцов ПСВ, содержащих СОНП, коагуляционная эффективность веществ повышается по схеме, представленной ниже:



Коагуляционная эффективность силикатных солей увеличивается в нижеуказанной последовательности:



При определении коагуляционных свойств для очистки проб ПСВ в объеме 100 мл от СОНП с использованием 5; 10 и 20% растворов каждого из вышеперечисленных веществ наиболее эффективный коагулянт $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ показал эффективность очистки 76,58% при низкой концентрации. При очистке образцов ПСВ от СОНП другими исследуемыми веществами их эффективность очистки составила 55-65%.

Введение

Как известно, ПСВ, образующиеся на НПП, имеют очень сложный состав и высокодисперсную систему с СОНП, прочную, устойчивую эмульсию и процесс очистки сточных вод такого типа весьма сложен. Несмотря на то, что очистка ПСВ проводится на предприятиях в несколько этапов, экологические проблемы в этой зоне все еще сохраняются. Таким образом, ПСВ, образующиеся на НПП, очищаются от СОНП на этом производстве только в концентрации, в 100 раз превышающей предельно допустимый сброс (ПДС), т.е. экологические нормы (0,05 мг/л).

В последнее время, как видно из приведенных в литературе пояснений ко многим научным исследованиям [1-5], оправдано проведение очистки проб ПСВ, содержащих

СОНП, коагуляционно-флокуляционным методом до ~90-94%. Эти методы в настоящее время используются на некоторых предприятиях НПП.

Именно поэтому одним из главных условий является определение эффективности применения более эффективных коагулянтов и флокулянтов при очистке ПСВ на основе научных исследований.

С этой целью нами в лабораторных условиях были проведены исследовательские работы по очистке проб ПСВ, содержащих 1000-5000 мг/л СОНП с использованием 2,5; 5; 10; 15; 20% растворов нескольких веществ имеющих коагуляционные свойства.

Экспериментальная часть

Для определения более эффективного коагулянта в отдельных стеклянных емкостях были приготовлены 2,5; 5; 10; 15; 20% растворы солей FeSiO_4 , $\text{Fe}_2(\text{SiO}_4)_3$, FeCl_3 , FeSO_4 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, AlCl_3 , $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. В ходе каждого эксперимента в делительную воронку заливают 100 мл пробы, взятой с нефтеперерабатывающего завода имени Гейдара Алиева (НЭЗ), и к ней добавляют 0,5; 1; 2; 4; 6; 8; 10 мл каждого из этих веществ. Затем периодически перемешивают при комнатной температуре в течение 5-25 минут. Для ускорения и завершения коагуляции соответственно аниону каждого исследуемого вещества в качестве флокулянта использовали 0,1; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 5,0 мл 5%-ных растворов кислот H_2SiO_4 , HCl и H_2SO_4 . Флокулянты добавляют в смесь в делительной воронке до завершения коагуляции и каждый раз перемешивают по 3-5 минут. В ходе каждого эксперимента в воронке разделяются три фазы – СОНП (органическая), водная и твердая. Количества полученных СОНП, воды и механических осадков определяли известными методами.

В каждом эксперименте до и после коагуляции-флокуляции проводился количественный анализ СОНП, взвешенных веществ и механических соединений в составе ПСВ.

В таблице 1 приведены средневые результаты исследований по определению коагуляционных и флокуляционных свойств веществ для экологически эффективной очистки проб ПСВ нефтеперерабатывающего завода с использованием различных концентраций и объемов каждого из вышеперечисленных веществ.

Таблица 1.

Средневые результаты исследований по определению коагулянтов и флокулянтов для экологически эффективной очистки проб ПСВ

Проба ПСВ									
Условный №, объем в мл	До очистки		Использованные для очистки				Состав после очистки		Эффективность очистки от СОНП, в %
	pH	Кол-во СОНП, мг/л	Коаг. вещ. х.ф.	%-ность, объем раств. коаг. вещ-ва	Флок. вещ. х.ф.	Объем 5% раствора флок. вещ-ва, мл	pH	Кол-во СОНП, мг/л	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N-1 100,0 мл	10,5	1000,0	FeCl_3	2,5%,	HCl		8,2	555	45,5
				0,5 мл		0,1			
				2,0 мл		0,5			
				8,0 мл		1,0			
				10,0 мл		2,0			
N-2 100,0 мл	10,5	1000,0	FeCl_3	5,0%	HCl		8,0	523,7	47,63
				0,5 мл		0,1			
				1,0 мл		0,5			
				2,0 мл		1,0			
				4,0 мл		2,0			

N-3 100,0 мл	10,5	1000,0	FeCl ₃	10% 0,5 мл 1,0 мл 2,0 мл 4,0 мл	HCl	0,1 0,5 1,0 2,0	7,6 7,5 6,4 5,8	302,9 397,6 601,4 711,7	69,71 60,24 39,96 28,83
N-4 100,0 мл	10,5	1000,0	AlCl ₃	2,5% 0,5 мл 2,0 мл 8,0 мл	HCl	0,1 0,5 2,0	7,8 7,5 5,2	432,0 273,9 502,5	56,8 72,61 49,75
N-5 100,0 мл	10,5	1000,0	AlCl ₃	10% 0,5 мл 2,0 мл 8,0 мл	HCl	0,1 0,5 2,0	7,3 6,45 6,28	250,4 375,3 594,8	74,96 62,47 40,52
N-6 100,0 мл	10,5	1000,0	FeSO ₄	2,5% 0,5 мл 2,0 мл 8,0 мл	H ₂ SO ₄	0,1 0,5 2,0	7,75 7,5 6,2	514,4 317,5 598,8	48,56 69,25 40,12
N-7 100,0 мл	10,5	1000,0	Fe ₂ (SO ₄) ₃	10% 0,5 мл 2,0 мл 8,0 мл	H ₂ SO ₄	0,1 0,5 2,0	7,9 7,5 6,2	301,16 234,2 618,8	69,84 76,58 38,12
N-8 100,0 мл	10,5	1000,0	Al ₂ (SO ₄) ₃	5% 0,5 мл 2,0 мл 8,0 мл	H ₂ SO ₄	0,1 0,5 2,0	7,8 7,65 6,5	298,6 242,5 377,7	70,14 75,75 62,23
N-9 100,0 мл	10,5	1000,0	Al ₂ (SO ₄) ₃	10% 0,5 мл 2,0 мл 8,0 мл	H ₂ SO ₄	0,1 0,5 2,0	7,65 7,1 6,2	261,6 217,72 458,3	73,84 78,28 54,17
N-10 100,0 мл	10,5	1000,0	KAl(SO ₄) ₂	10% 0,5 мл 2,0 мл 8,0 мл	H ₂ SO ₄	0,1 0,5 2,0	7,54 7,5 6,1	270,5 241,9 470,4	72,95 71,81 52,96
N-11 100,0 мл	10,5	1000,0	FeSiO ₄	2,5% 0,5 мл 2,0 мл 8,0 мл 10,0 мл 20,0 мл	H ₂ SiO ₄ / H ₂ SO ₄	0,1 0,5 1,0 2,0 4,0	9,9/8,5 9,5/8,0 9,3/7,5 9,1/7,1 9,0/6,2	715,0 525,2 462,6 517,7 738,4	28,5 47,48 53,74 48,23 26,16
N-12 100,0 мл	10,5	1000,0	FeSiO ₄	10% 0,5 мл 2,0 мл 8,0 мл 10,0 мл 20,0 мл	H ₂ SiO ₄ / H ₂ SO ₄	0,1 0,5 1,0 2,0 4,0	9,6/10,5 9,2/9,6 9,4/8,5 9,2/7,7 9,2/7,5	530,8 488,3 546,2 627,9 698,6	46,92 51,17 45,38 37,21 30,14
N-13 100,0 мл	10,5	1000,0	Fe ₂ (SiO ₄) ₃	10% 0,5 мл 2,0 мл 8,0 мл 10,0 мл 20,0 мл	H ₂ SiO ₄ / H ₂ SO ₄	0,1 0,5 1,0 2,0 4,0	10,2/8,5 9,8/7,8 9,6/7,5 9,6/7,3 9,5/6,2	471,4 432,9 623,6 699,8 735,0	52,86 55,71 37,64 30,02 26,5
N-14 100,0 мл	10,5	1000,0	Al ₂ (SiO ₄) ₃	5,0% 0,5 мл 2,0 мл	H ₂ SiO ₄ / H ₂ SO ₄	0,1 0,5	10,5/9,1 10,2/8,4	452,7 313,5	54,73 63,65

				8,0 мл		1,0	9,5/7,6	528,8	47,12
				10,0 мл		2,0	9,5/7,5	627,2	37,28
				20,0 мл		4,0	9,4/6,5	805,3	19,47
N-15	10,5	1000,0	$\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$	10%	$\text{H}_2\text{SiO}_4/$				
100,0				0,5 мл	H_2SO_4	0,1	10,4/8,6	352,4	64,76
мл				2,0 мл		0,5	10,2/8,2	301,6	69,84
				8,0 мл		1,0	10,0/7,1	477,3	52,27
				10,0 мл		2,0	10,0/6,2	696,1	30,39
				20,0 мл		4,0	10,0/5,8	875,9	12,41

Обсуждение исследования глубокой очистки образцов ПСВ, взятых с НПП и выводы

Как видно из таблицы, составленной на основе результатов исследовательской работы, характеристики веществ, коагуляционная эффективность которых определяется, сильно отличаются друг от друга. Как упоминается во многих технической литературе [1-15], силикатные, хлоридные и сульфатные соли железа и алюминия, быстро подвергающиеся гидролизу в воде и образующие гидроксильные соединения, обладают различными коагуляционными свойствами в различных средах и концентрациях. Гидроксильные соединения металлов, образующиеся в результате гидролиза этих солей, оседают на дно пробы ПСВ, подвергающейся очистке, отделяя органические соединения от устойчивых дисперсных коллоидных растворов, СОНП от водной фазы, а также притягивая к себе механические соединения. Теоретическое объяснение указанного процесса коагуляции, доказанное в результате исследований, получило научное обоснование в литературе, указанной выше, а также в литературе [16-23].

Эффективность процесса коагуляции зависит от качественных параметров коагулянта, его консистенции, времени перемешивания, температуры, селективности флокулянта и главным образом от определения оптимальных условий.

В ходе исследований установлено, что несмотря на то, что растворы хлоридов железа и алюминия являются эффективными коагулянтами, выделяющийся в процессе коагуляции газ HCl распространяется в рабочей зоне и окружающей среде. Поэтому экологически более целесообразно использовать в качестве коагулянтов соли FeSO_4 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ и FeSiO_4 , $\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$.

Можно обобщить следующие результаты проведенного исследования: 5-10% растворы экологически важной соли $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ обладают наиболее высокими коагуляционными свойствами.

Литература

- [1]. Zeng, Y., Yang, C., Zhang, J., Pu, W. (2007) Feasibility investigation of oily wastewater treatment by combination of zinc and PAM in coagulation/flocculation. J. Hazard. Mater. 147(3): 991–996.
- [2]. S. Sinha, Y. Yoon, G. Amy, J. Yoon, Determining the effectiveness of conventional and alternative coagulants through effective characterization schemes, Chemosphere 57(9) (2004) 1115–1122.
- [3]. Zouboulis, A.I. N.D. Tzoupanos, Polyaluminium silicate chloride—a systematic study for the preparation and application of an efficient coagulant for water or wastewater treatment, J. Hazard. Mater. 162 (2009) 1379–1389.
- [4]. Tzoupanos N.D., Zouboulis A.I., Zhao Y.C. The application of novel coagulant reagent (polyaluminium silicate chloride) for the post-treatment of landfill leachates, Chemosphere 73 (2008) 729–736

- [5]. Zhao Y.X., Phuntsho S., Gao B.Y., Huang X., Qi Q.B., Yue Q.Y., Wang Y., Kim J.H., Shon H.K., Preparation and characterization of novel polytitanium tetrachloride coagulant for water purification, *Environ. Sci. Technol.* 47 (2013) 12966–12975
- [6]. Li J., Yang F., Liu Y., Song H., Li D., Cheng F. Microbial community and biomass characteristics associated severe membrane fouling during start-up of a hybrid anoxic–oxic membrane bioreactor, *Bioresour. Technol.* 103 (2012) 43–47
- [7]. Tzoupanos N.D., Zouboulis A.I., Tsoleridis C.A. A systematic study for the characterization of a novel coagulant (polyaluminium silicate chloride), *Colloid. Surf. A* 342 (2009) 30–39.
- [8]. Matilainen A., Vepsäläinen M., Sillanpää M. Natural organic matter removal by coagulation during drinking water treatment: a review, *Adv. Colloid Interface Sci.* 159 (2010) 189–197
- [9]. Moussas P.A., Zouboulis A.I. A study on the properties and coagulation behaviour of modified inorganic polymeric coagulant—polyferric silicate sulphate (PFSiS), *Sep. Purif. Technol.* 63 (2008) 475–483.
- [10]. Yang Z., Du M.C., Jiang J. Reducing capacities and redox potentials of humic substances extracted from sewage sludge, *Chemosphere* 144 (2016) 902–908.
- [11]. He L., Ji F.Y., Lai M.S., Xu X., Zhou W.W., Mao B.L., Yang M.J. The influence of runoff pollution to DOM features in an urban wastewater treatment plant, *Spectrosc. Spect. Anal.* 35 (2015) 663–667
- [12]. Steliga T., Jakubowicz P., Kapusta P. Changes in toxicity during treatment of wastewater from oil plant contaminated with petroleum hydrocarbons, *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 90 (2015) 1408–1418
- [13]. P. Tang, J. Greenwood, J.A. Raper, A model to describe the settling behavior of fractal aggregates, *J. Colloid Interface Sci.* 247 (2002) 210–219
- [14]. Xu Y., Chen T., Cui F., Shi W. Effect of reused alum-humic-flocs on coagulation performance and floc characteristics formed by aluminum salt coagulants in humic-acid water, *Chem. Eng. J.* 287 (2016) 225–232
- [15]. Tang H.X., Luan Z.K., Wang D.S., Gao B.Y. Composite inorganic polymer flocculants, in: H.H. Hahn, R. Klute (Eds.), *Chemical Water and Wastewater Treatment (II)*, Springer-Verlag, Berlin, 1998, pp. 3–17
- [16]. Gao Y., Yue Q.Y., Wang B.J., Properties and coagulation performance of coagulant poly-aluminum-ferricsilicate- chloride in water and wastewater treatment, *J. Environ. Sci. Health. Part A* 41 (2006) 1281–1292
- [17]. Niu X., Li X., Zhao J., Ren Y., Yang Y. Preparation and coagulation efficiency of polyaluminium ferric silicate chloride composite coagulant from wastewater of high-purity graphite production, *J. Environ. Sci.* 23 (7) (2011) 1122–1128
- [18]. Li R., He C., He Y. Preparation and characterization of poly-silicic-cation coagulants by synchronous-polymerization and co-polymerization, *Chem. Eng. J.* 223 (2013) 869–874
- [19]. Sun T., Liu L.L., Wan L.L., Zhang Y.P. Effect of silicon dose on preparation and coagulation performance of poly-ferric-aluminum-silicate-sulfate from oil shale ash, *Chem. Eng. J.* 163 (2010) 48–54
- [20]. Sun T., Sun C.H., Zhu G.L., Miao X.J., Wu C.C., Lv S.B., Li W.J. Preparation and coagulation performance of poly-ferric-aluminum-silicate-sulfate from fly ash, *Desalination* 268 (2011) 270–275
- [21]. Clesceri L., Greenberg A., Trussell R. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, seventeen ed., APHA–AWWA–WEF, Washington, DC, 1989.
- [22]. Tzoupanos N.D., Zouboulis A.I. Novel inorganicorganic composite coagulants based on aluminium, *Desalin. Water Treat.* 13 (2010) 340–347.
- [23]. Zouboulis A.I., Traskas G. Comparable evaluation of various commercially available aluminum-based coagulants for the treatment of surface water and for the post-treatment of urban wastewater, *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 80 (2005) 1136–1147.

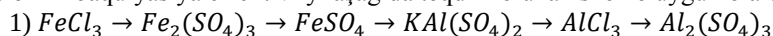
Xülasə

Neft emalı sənayesinin tullantı sularının dərinlən təmizlənməsində ekoloji effektiv koagulyantların müəyyən edilməsi üçün tədqiqatın aparılması

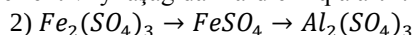
Məmmədov R.Y., Hacıyeva S.R., Bayramov Q.İ., Cəfərova N.M.

Açar sözlər: *neft emalı sənayesi, sənaye, tullantı suları, koagulyant, tullantı neft məhsullarının qarışığı, effektiv təmizlənmə*

Məlum olduğu kimi, neft emalı sənayesinin neft məhsulları qarışığı olan sənaye tullantı suları çox mürəkkəb tərkibə malikdir, məhz bu səbəbdən bu suların dərinlən təmizlənməsi hələ də mühüm ekoloji problem olaraq qalır. Heydər Əliyev adına Neft Emalı Zavodunun (NEZ) ərazisindən götürülmüş EPS nümunələrinin bərk maddələrdən asılı, metal birləşmələrindən dərinlən təmizlənməsi üçün ekoloji cəhətdən səmərəli koagulyantların müəyyən edilməsi üçün laboratoriyada tədqiqat işləri aparmışdır. Tədqiqat zamanı müəyyən edilmişdir ki, tərkibində SONP olan EPS nümunələri üçün maddələrin koagulyasiya effektivliyi aşağıda təqdim olunan sxemə uyğun olaraq artır:



Silikat duzlarının koagulyasiya effektivliyi aşağıdakı ardıcılıqla artır:



Yuxarıda göstərilən maddələrin hər birinin 5, 10 və 20% məhlullarından istifadə etməklə SONP-dən 100 ml EPS nümunələrinin təmizlənməsi üçün koagulyasiya xüsusiyyətlərini təyin edərkən, ən təsirli koagulyant $Al_2(SO_4)_3$ aşağı konsentrasiyada 76,58% təmizlənmə effektivliyini göstərdi. SONP-lərdən EPS nümunələrini digər sınaq maddələri ilə təmizləyərkən onların təmizlənmə effektivliyi 55-65% təşkil edirdi.

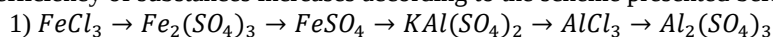
Summary

Conducting a study to identify environmentally effective coagulants for deep cleaning of wastewater from the oil refining industry

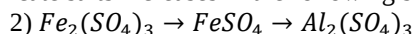
Mammadov R.Y., Hajiyeva S.R., Bayramov G.I., Jafarova N.M.

Keywords: *oil refining industry, industry, waste water, coagulant, mixture of waste oil products, efficient cleaning*

As is known, industrial wastewater (IW) of the oil refining industry (ORI), containing a mixture of petroleum product waste (MPW), has a very complex composition, for this reason, deep purification of this water still remains an important environmental problem. We have conducted laboratory research to identify environmentally effective coagulants for deep purification of IW samples taken from the territory of the Heydar Aliyev Oil Refinery (OR) from MPW, suspended solids, and metal compounds. During the research, it was found that for IW samples containing MPW, the coagulation efficiency of substances increases according to the scheme presented below:



The coagulation efficiency of silicate salts increases in the following sequence:



When determining the coagulation properties for cleaning 100 ml PSW samples from SONP using 5; 10 and 20% solutions of each of the above substances, the most effective coagulant $Al_2(SO_4)_3$ showed a cleaning efficiency of 76.58% at a low concentration. When cleaning PSW samples from SONP using other studied substances, their cleaning efficiency was 55-65%.

Utilization methods and economic efficiency of different types of ASH

¹ Ahmadova Rahila Rza [ORCID](#)² Hasanov Hasan Mammad³ Hajiyeva Khayala Amirasan [ORCID](#)⁴ Seyidova Gulaye Mirish [ORCID](#)⁵ Amirova Ruhangiz Maqsud

Sumgayit State University, Sumgait, Azerbaijan

1,2- assoc. prof. , 3-Doctoral student, 4- Senior teacher, 5- teacher

ruhengiz.emirova@sdu.edu.az

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article history: Received 10.06.2025 Received in revised form 15.07.2025 Accepted 21.09.2025	By processing wood ash and grass ash with sulfuric acid, nitric acid, or phosphoric acid at 50–70°C, a fertilizer mixture rich in macro- and microelements with a pH of 6.5–7.5 was obtained. Trials of this fertilizer mixture on vegetables showed high productivity. The article is dedicated to the analysis of wood and grass ashes, their solubility properties in water and acids, and their application as fertilizers.[1]
Keywords ash, coal ash, wood ash, charcoal ash, grass ash, single superphosphate, double superphosphate	

Although most plant ashes, composed of inorganic substances, are rich in nutrient elements, their basic nature (pH 9-12) can cause plants to stop developing and dry out upon absorption. When solid and liquid fuels contain few organic compounds, the ash components increase. As shown in the table below, ash content varies depending on the type of fuel.

Table 1.

Type of fuel	Ash Content (%)
Oil shale	45-80
Coal (black)	2-50
Brown coal	5-55
Peat fuel	2-30
Wood fuel	0,8 – 1,3
Fuel oil	0,2-1

As seen from the table, 45÷80 tons of ash components are obtained from every 100 tons of oil shale used as fuel. In contrast, fuel oil contains only 0.2–1% ash elements. Unlike other ashes, fuel oil ash contains 23–25% sodium salt of vanadium acid (Na_3VO_4), which is a valuable raw material for vanadium and its compounds.

The composition of coal ash includes the following inorganic substances (in % composition) [2].

Table 2.

SiO_2	54,3%
Al_2O_3	27,9%
Fe_2O_3	6,6%

CaO	5,8%
MgO	1,85%
K ₂ O	1,1%
Na ₂ O	1,0%

The remaining 1.5% consists of compounds of heavy metals (such as Ar, U, Hg, Ba, Zn, Rn, etc.). This mixture of compounds is currently used, to a small extent, for neutralizing acidic gases. According to reports [4], the amount of arsenic (280,000 tons) and uranium (224,000 tons) released from burning 2.4 billion tons of coal and 0.9 billion tons of brown coal is seven times the global extracted quantities of arsenic (40,000 tons) and uranium (30,000 tons). [3]

Ash contains other mineral substances needed by plants—phosphorus, calcium, magnesium, sulfur, boron, manganese, and various macro- and microelements. [4]

When burning 100 tons of oak, walnut, ash, or chestnut wood, 1.3–1.4 tons of ash are produced, while 0.9÷1 ton of ash is obtained from 100 tons of coniferous wood or linden and willow wood.

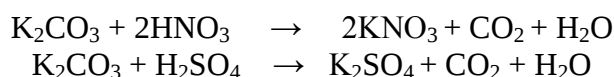
Broadleaf wood ash contains 17–19% potassium carbonate (K₂CO₃) along with 9–12% of calcium, magnesium, phosphate, silicon, and other microelement compounds.

In coniferous wood ash, there is 10–12% potassium carbonate and 4–6% calcium, magnesium oxides, phosphates, and microelements.

From this data, it is clear that wood ash, especially from broadleaf trees, is rich in potassium, calcium, magnesium, phosphates, and plant-essential microelements.

The ash of broadleaf wood or its charcoal contains 16–18% potassium carbonate, with the remainder comprising silicon dioxide, aluminum oxide, and plant-absorbable microelements.

Thousands of tons of ash, a raw material rich in fertilizer, are discarded annually in Baku from restaurants, banquet halls, and cafeterias. Since potassium carbonate (K₂CO₃) has a basic nature (pH-10.5), despite its high nutrient content, plants tend to dry out. By converting the potash in ash to potassium nitrate or potassium sulfate, the resulting solution becomes neutral (pH-7), making it easily absorbable by plants. The exothermic neutralization process completes with the following reaction:



From our experiments, it was observed that when nitric acid is added in 30% excess of the equimolar amount of potash, the calcium carbonate in the solution converts to calcium nitrate (Ca(NO₃)₂), creating an acidic environment (pH-6) that optimally supports the growth of potatoes and legumes.

Since potatoes contain high amounts of sulfur compounds (xanthates, sulfur proteins), the ash is treated with sulfuric acid in an equimolar amount relative to potassium, converting it to potassium sulfate. After adjusting the calcium carbonate (CaCO₃) content in the solution with an appropriate amount of nitric acid, the acidic calcium nitrate (Ca(NO₃)₂) in the mixture achieves a pH of 5–6, providing optimal conditions for potato growth.

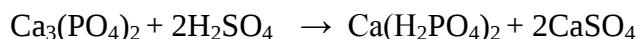
Potash (K₂CO₃) in the ash is a powerful antibacterial and disinfectant compound. By using it to dust a chicken coop once a month, the potash in the ash effectively disperses as a powder, acting as a contact and systemic treatment. Additionally, spraying apple, quince, pomegranate, plum, and peach trees weekly during the flowering period, either with dry ash or an aqueous solution, prevented worm infestation in the fruit.

Currently, tree leaves are either burned, turning into carbon dioxide, or discarded in landfills. Leaves contain 4% nitrogen, potassium, calcium, and magnesium ions, but no phosphorus. Our experiments demonstrated that by plowing wet leaves into the soil, they decompose within four months, turning into humus and enriching the soil's fertility.

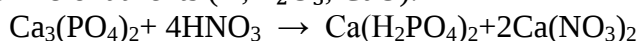
Using organic materials as fuel contributes to global warming, producing millions of tons of carbon dioxide. Carbon dioxide, being 1.5 times heavier than air, spreads along the ground, trapping infrared radiation from the sun. Consequently, the Earth's surface heats up, gradually melting the planet's four glaciers (Antarctica, Arctic Ocean, Greenland, and tundra glaciers).

To mitigate such harmful processes, it is crucial to transition to a green economy (planting forests, orchards, and conducting agricultural practices) and develop syntheses based on carbon dioxide (such as urea production).

Bone ash $[\text{Ca}_5(\text{OH})(\text{PO}_4)_3]$ is also a valuable fertilizer raw material composed of calcium phosphate. When treated with sulfuric acid at 50–60°C, bone ash produces single superphosphate fertilizer.



Processing this ash with nitric acid is more valuable, as it produces a water-soluble complex fertilizer containing three micronutrients (N, P_2O_5 , CaO).



Since coal ash is rich in silicon dioxide (50–55%) and aluminum oxide (25–28%), it can be used as a raw material for these compounds.

It is known that pool water is disinfected weekly with 0.5 liters of chlorinated water (NaOCl) containing active oxygen. A 500 ml solution containing 25% potash can disinfect 45 m³ of pool water and keep it clean for 10 days.

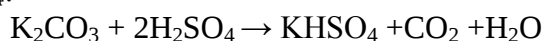
Our scientists processed a fertilizer with an acidic pH (4.5) by treating the oxidizing component of rocket fuel (76% pure HNO_3 , 24% N_2O_4) with CaCO_3 . By mixing this fertilizer with wood ash, our team created a neutral complex fertilizer by adding 1.5 kg of ash to every 10 liters of fertilizer solution.

Grass ash is particularly valuable as a fertilizer because it contains potassium and calcium ions in the form of carbonates.

Currently, thousands of tons of ash from wood and coal burned in restaurants, banquet halls, and homes are disposed of in landfills each year, causing environmental strain. From our experiments, we found that every 11 kg of walnut, ash, or chestnut charcoal produces 1 kg of pure ash. Oak charcoal yields 1 kg of ash from 12 kg of charcoal. This ash is 12% soluble in water, 14–16% soluble in sulfuric acid, and 78% soluble in nitric acid. Our experiments indicate that 50 ml of concentrated sulfuric acid (density 1.83) is required to completely neutralize 100 g of ash. Grass and straw ash contain 19–21% potassium carbonate and 9–11% compounds with calcium, magnesium, phosphate, borate, and other microelements. Burned roots contain a higher level of phosphate ions.

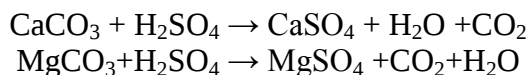
Depending on the composition, plant ash can be treated with sulfuric, nitric, or phosphoric acid in amounts equivalent to its potassium, calcium, and magnesium ions. By mixing for 10 minutes at 20–50°C, a water-soluble complex fertilizer can be obtained and used in agriculture to yield abundant crops. Our experiments show that adding 5 liters of water to 2.15 kg of ash at room temperature, followed by 1 liter of 96% sulfuric acid, results in an exothermic reaction that converts 83% of the ash components into sulfates, creating a valuable fertilizer mix (complex fertilizer) for legumes and potatoes. We applied this fertilizer by spreading 5 kg of it, along with 3 kg of urea and 300 kg of poultry manure, on a 100 m² potato field. After softening the soil, we planted the potatoes and watered the plot four times in Absheron region. The yield was 300–340 kg per 100 m², a globally high result. The sulfate ions in this fertilizer are converted by potatoes and legumes into valuable proteins like mellitin and xanthates.

When ash is treated with sulfuric acid at room temperature, an exothermic reaction first produces the acidic salt KHSO_4 .



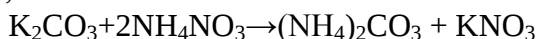
This salt is highly hydrophilic (dissolving 47 g in 100 ml of water at 20°C), and through a dual-dissolution process, it dissolves calcium carbonate (CaCO_3) in the soil, which is otherwise

water-insoluble. This promotes the synthesis of high-molecular-weight carbohydrates (cellulose amine, lignin), thereby supporting the intensive growth of plants. The calcium and magnesium ions in the ash also react with sulfuric acid to form calcium sulfate and highly hydrophilic MgSO_4 , accelerating the dissolution of components. The neutralization reaction with the acid proceeds as follows:



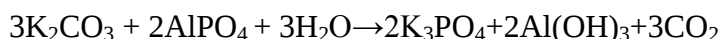
When ash is treated with nitric acid at room temperature, all carbonates are converted into easily soluble nitrates [KNO_3 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$]. This complex fertilizer mixture can be used for cereal crops and vegetables without adding additional fertilizers. When treated with phosphoric acid, the resulting phosphorus-rich fertilizers, supplemented with nitrogen fertilizers, can be applied as nutrients for oilseeds (such as sunflower and soybean) and cereal crops.

It is known that most nitrogen fertilizers [NH_4NO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$, $(\text{NH}_2)_2\text{HPO}_4$] (except urea) are acidic in nature (pH 4-5.5). By applying 1 kg of ash per 4 kg of such acidic fertilizers on farmland, the soil solution's pH was balanced to 6.5. Neutral soil conditions are fully suitable for cultivation, and all plants thrive in such an environment. At this stage, a neutralization reaction occurs without any loss, as shown below.



An ash suspension (aqueous solution of ash) can neutralize acidic gases (NO_x , SO_2) produced in industrial processes, thereby protecting the environment from pollution while simultaneously creating a valuable fertilizer mixture. This ash solution has a high capacity for absorbing acidic gases due to its ample absorbent components.

It is known that acidic soils are usually neutralized by applying calcium carbonate sand. Our experiments have shown that spreading wood ash on such soils not only neutralizes the acidity but also allows the K_2CO_3 in the ash to react with acidic precipitates like AlPO_4 and FePO_4 in the soil. Through the following reaction, these compounds become water-soluble and are easily absorbed by plants:



It is known that wastewater containing biogenic elements leads to eutrophication, causing the formation of green algae, which negatively impacts aquatic life and the surrounding environment. Adding 15÷25 grams of coal ash to 10 liters of such wastewater prevented eutrophication for several months.

Due to its strong disinfectant properties, applying ash water to trees in February and March helps eliminate certain diseases in trees. Ash itself also has beneficial effects on plant diseases (like phytophthora); when it enters the soil, it becomes a neutral potassium-rich fertilizer due to the soil's buffering capacity.

Bone ash is an ecologically clean source, containing 90-95% calcium phosphate ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$). Our experiments have shown that 5 kg of dry bone produces 4.1 kg of ash. When this ash is processed with phosphoric acid at 60-70°C, an environmentally friendly double superphosphate fertilizer is produced:



When bone ash is processed with sulfuric acid at 60-70°C, it produces environmentally friendly simple superphosphate fertilizer instead of harmful heavy metals (cadmium, selenium, strontium, lead) obtained from apatite. When bone ash is processed with nitric acid, 82-86% water-soluble calcium dihydrophosphate and calcium nitrate are obtained. Because these compounds are easily soluble in water, plants can readily absorb them and grow rapidly.

Furthermore, since bone ash consists of pure calcium phosphate, it can be used as an additive (component) in poultry and livestock feed.

Plant ashes, being difil molecules (hydrophilic and hydrophobic), significantly reduce the surface tension of water, making absorption (uptake) by plants easier.

It has been found that when 1.6 kg of ash is added to 10 kg of acidic (pH 4.5-5) poultry manure, the pH – 7 of the solution becomes , which is a normal absorption environment for all plants.

To address the economic efficiency and sustainability of ash utilization methods, it is worth highlighting that fertilizers obtained from ash will lead to rapid growth of plants, higher crop yields, reducing costs for farmers and significantly increasing profits, which will create a beneficial impact not only for farmers, but also for the country's agricultural productivity. Given the focus on food security, this approach aligns directly with several of Sustainable Development Goals of the UN, notably SDG 1 (No Poverty), SDG 2 (Zero Hunger) and SDG 12 (Responsible Consumption and Production).

For poultry farmers, this closed loop—where ash is recycled from crop waste to soil—supports both economic and operational efficiency. In addition, the integration of ash-based fertilizers, which are then used as poultry feed, into crop production supports a circular economy model that increases resource efficiency and reduces input costs.

Futhermore, bone ash, which is used as a feed supplement for poultry and livestock, improves the health of animals, produces ecologically clean food, and reduces feed-related expenses, especially the need for chemical fertilizers. As global populations grow and consumption accelerates, the use of ash in this direction is of great economic importance. By promoting resource-efficient, low-waste farming methods, ash applications also contribute substantially to advancing sustainable agriculture.

References

- [1]. Лебедев, В.В. Комплексное использование углей / В.В. Лебедев [и др.] –М., –1980, –234 с.
- [2]. Родионов, А.И. и др. Техника защиты окружающей среды / А.И. Родионов [и др.] М.: Химия, –1989, 79 с.
- [3]. Агрохимия / –М.: ВО «Агрохимиздат», –1989. –630 с.
- [4]. Мамедов, Г.Ш. Информационная книга экологов / Г.Ш.Мамедов, М.Ю.Халилов –Баку: Вяз. –2003.

Xülasə

Müxtəlif növ küllərin atılması üsulları və iqtisadi səmərəliliyi
Əhmədova R.R., Həsənov H.M., Hacıyeva X.A., Seyidova G.M., Əmirova R.M.,

Açar sözlər: kül, kömür külü, odun külü, ot külü, sümük külü, sadə superfosfat, ikiqat superfosfat.

Ağac külünün azot, kükürd və fosfor turşuları ilə 50-700 dərəcə istilikdə müalicəsi bitkilər üçün lazım olan bütün qidaları ehtiva edən kompleks gübrə əldə etməyə imkan verir. Ağac Külü və ot külü azota əlavə olaraq bütün makro və mikroelementləri ehtiva edir və sümük külü ekoloji cəhətdən təmiz kalsium fosfatdır. Sümük külü fosfor və kükürd turşuları ilə 50-700C temperaturda işləndikdə ikiqat və sadə superfosfatlar əldə edilir. Sümük külünün azot turşusu ilə 50-600c temperaturda qarşılıqlı təsiri kalsium dihidrofosfat və kalsium nitratın əmələ gəlməsinə səbəb oldu. Bu gübrələrin kartof üzərində sınaqdan keçirilməsi kartofun yüksək məhsuldarlığını göstərdi

Резюме

Методы утилизации и экономическая эффективность различных видов золы
Ахмедова Р.Р., Гасанов Г.М., Гаджиева Х.А., Сейдова Г.М., Амирова Р.М.

Ключевые слова: зола, угольная зола, древесная зола, травяная зола, костяная зола, простой суперфосфат, двойной суперфосфат.

Обработка древесной золы азотной, серной и фосфорной кислотами при температуре 50-700°C позволяет получить комплексное удобрение, содержащее все необходимые растениям питательные вещества. Древесная зола и зола трав содержат все макро- и микроэлементы в дополнение к азоту, а костяная зола является экологически чистым фосфатом кальция. При обработке костяной золы фосфорной и серной кислотами при температуре 50-700C получают двойные и простые суперфосфаты. Взаимодействие костяной золы с азотной кислотой при температуре 50-600C привело к образованию дигидрофосфата кальция и нитрата кальция. Испытания этих удобрений на картофеле показали высокую урожайность картофеля.

İqlim dəyişiklikləri və onun Azərbaycanda təbii ekosistəmlərə təsiri**Kərimova Aygün Əhməd***Azərbaycan Dillər Universiteti, Bakı, Azərbaycan, baş müəllim*aygunaskerova@mail.ru

MƏQALƏ HAQQINDA MƏLUMAT	XÜLASƏ
Məqalənin tarixçəsi Daxilolma tarixi: 02.06.2025 Düzəliş tarixi: 01.07.2025 Qəbul olunma tarixi: 17.09.2025	Məqalədə iqlim dəyişikliyinə Azərbaycanın təbii ekosistəmlərinə təsiri müzakirə olunub. Qlobal istiləşmə və antropogen amillər nəticəsində ölkədə temperaturun artması, yağış rejiminin dəyişməsi və su ehtiyatlarının azalması müşahidə olunur. Bu dəyişikliklər bitki örtüyünün quruluşuna və yayılmasına, heyvanların yaşayış mühitinə təsir göstərir və su ekosistəmlərinin dayanıqlığını azaldır. Məqalədə həmçinin Azərbaycanın iqlim dəyişikliyi ilə mübarizə sahəsində beynəlxalq öhdəlikləri, milli qanunvericilik və strategiyalar, ekosistem yanaşması, texnoloji həllər və ictimai şüurun artırılması tədbirləri təqdim olunub. Ölkənin ekoloji dayanıqlığını təmin etmək üçün monitoring və uyğunlaşma tədbirlərinin gücləndirilməsi lazımdır
Açar sözlər iqlim dəyişiklikləri, Azərbaycan iqlim, təbii ekosistəmlər, qlobal istiləşmə, biomüxtəliflik, su ehtiyatları, ekoloji dayanıqlılıq	

Son onilliklərdə dünyada iqlim dəyişiklikləri qlobal miqyasda cəmiyyətlərin və təbii sistemlərin qarşısında duran ən ciddi çağırışlardan birinə çevrilmişdir. Temperaturun artması, yağıntı rejiminin dəyişməsi, ekstremal hava hadisələrinin tezləşməsi və digər iqlimlə bağlı faktorlar təkcə insan sağlamlığına və iqtisadi fəaliyyətə deyil, həm də təbii ekosistəmlərin sabitliyinə və davamlılığına birbaşa təsir göstərməkdədir [1]. Xüsusilə həssas coğrafi bölgələrdə yerləşən ölkələr üçün bu proses daha təhlükəlidir.

Azərbaycan da bu prosesdən kənarda qalmamışdır. Ölkə ərazisi müxtəlif iqlim qurşaqlarında yerləşməsi, zəngin biomüxtəlifliyə malik olması və mürəkkəb relyef quruluşuna sahib olması səbəbilə iqlim dəyişikliklərinə qarşı xüsusilə həssasdır. Son illərdə müşahidə olunan temperatur artımı, yağıntılarının qeyri-bərabər bölgüsü, çayların axımında azalma və su ehtiyatlarının tükənməsi Azərbaycandakı təbii ekosistəmlərin funksionallığına mənfi təsir göstərməkdədir.

Bu elmi məqalənin məqsədi, iqlim dəyişikliklərinin Azərbaycanda təbii ekosistəmlərə olan təsirini təhlil etmək, konkret nümunələr əsasında bu təsirlərin təbiətə necə sirayət etdiyini izah etmək və eyni zamanda uyğun adaptasiya və mübarizə tədbirləri barədə tövsiyələr təqdim etməkdir. Tədqiqat prosesində həm beynəlxalq, həm də yerli mənbələrdən istifadə olunacaq və müvafiq elmi istinadlar əsasında araşdırmalar aparılacaqdır.

İqlim dəyişikliklərinin ümumi xarakteristikası

İqlim dəyişiklikləri termini Yer səthində uzunmüddətli hava şəraitində baş verən davamlı dəyişiklikləri ifadə edir. Bu dəyişikliklər əsasən atmosferin istilik balansındakı dəyişikliklər, okean axınlarında qeyri-sabitliklər və günəş radiasiyası ilə bağlı faktorlarla əlaqələndirilir. Bununla belə, müasir dövrdə iqlim dəyişikliklərinin əsas səbəbi antropogen — yəni insan fəaliyyəti ilə əlaqədar amillərdir.

Sənayeləşmə dövrünün başlanğıcından etibarən atmosfərə atılan karbon qazı (CO₂), metan (CH₄), azot oksidləri (NO_x) və digər istixana qazlarının miqdarı sürətlə artmışdır. Bu qazlar Yer atmosferində istixana effekti yaradaraq istiliyin atmosferdə tutulmasına səbəb olur və nəticədə qlobal orta temperatur yüksəlir. Bu fenomen “qlobal istiləşmə” adlanır və iqlim dəyişikliklərinin ən bariz təzahürlərindən biridir.

İqlim dəyişikliklərinin əsas xüsusiyyətlərinə aşağıdakılar daxildir:

- Qlobal orta temperaturun artması – 20-ci əsrin sonlarından bəri Yer kürəsinin orta temperaturu təxminən $1,1^{\circ}\text{C}$ artmışdır[2].
- Ekstremal hava hadisələrinin artması – istilik dalğaları, güclü tufanlar, daşqınlar və quraqlıqların daha sıx və şiddətli hal alması.
- Buzlaqların əriməsi və dəniz səviyyəsinin qalxması – xüsusilə Qrenlandiya və Antarktika buzlaqlarında əhəmiyyətli ərimə müşahidə olunur.
- Ekosistemlərin pozulması – bir çox canlı növlərinin məskunlaşdığı ərazilərdə dəyişikliklər, migrasiya və hətta nəsil tükənməsi hallarının artması.

Beynəlxalq təşkilatlar, xüsusilə BMT-nin İqlim Dəyişiklikləri üzrə Hökumətlərarası Paneli (IPCC), bu dəyişikliklərin qarşısını almaq və adaptasiya tədbirləri görmək üçün ölkələr arasında koordinasiyalı tədbirlərin həyata keçirilməsini vacib sayır [3]. Elmi əsaslara söykənən bu məlumatlar göstərir ki, əgər istiləşmə tendensiyası davam edərsə, yaxın onilliklərdə iqlim sistemində dönməz dəyişikliklər baş verə bilər.

Azərbaycanda müşahidə olunan iqlim dəyişiklikləri

Azərbaycan coğrafi mövqeyinə görə Şərqi Avropa ilə Qərbi Asiya arasında yerləşir və müxtəlif iqlim tiplərinin müşahidə olunduğu nadir ölkələrdən biridir. Respublika ərazisində 9 iqlim tipi mövcuddur ki, bu da onu iqlim dəyişikliyinə qarşı son dərəcə həssas edir. Son onilliklərdə Azərbaycanda aparılmış meteoroloji müşahidələr iqlim dəyişikliklərinin artıq real şəkildə özünü göstərdiyini sübut edir.

Azərbaycan Respublikasının Ekologiya və Təbii Sərvətlər Nazirliyinin məlumatına görə, ölkə ərazisində son 30 il ərzində orta illik temperatur təxminən $0,4\text{--}0,8^{\circ}\text{C}$ yüksəlmişdir. Xüsusilə aran rayonlarında və Xəzəryanı bölgələrdə bu artım daha qabarıq şəkildə hiss olunur[1]. Bu artım təkcə yay mövsümündə deyil, həm də qış və yaz aylarında müşahidə olunmuşdur, bu da vegetasiya dövrünün uzanmasına və ekosistemlərdə balansın pozulmasına səbəb olur.

Bundan əlavə, yağıntıların illik bölgüsündə də ciddi dəyişikliklər qeydə alınmışdır. Azərbaycanın bəzi dağətəyi və dağlıq ərazilərində yağıntıların azalması, aran ərazilərində isə qeyri-müntəzəm paylanması torpaq eroziyası, su çatışmazlığı və kənd təsərrüfatında məhsuldarlığın azalması ilə nəticələnir. Kür və Araz çaylarında su səviyyəsinin azalması, xüsusilə yaz-yaz aylarında çay axınının zəifləməsi müşahidə olunur ki, bu da su ehtiyatlarına ciddi təzyiq yaradır.

İqlim dəyişikliklərinin digər bariz nümunəsi Xəzər dənizində müşahidə edilən səviyyə dəyişmələridir. Son illərdə dəniz səviyyəsinin enməsi müşahidə olunmuş və bu proses sahil ekosistemlərinə, həmçinin sahilə yaxın yaşayış məntəqələrinə təsir göstərməyə başlamışdır. Dəniz səviyyəsindəki dəyişikliklər həm ekoloji, həm də iqtisadi baxımdan strateji əhəmiyyət daşıyır.

Bütün bu amillər onu göstərir ki, Azərbaycan ərazisində iqlim dəyişiklikləri artıq nəzəri deyil, praktik və hiss olunan bir reallıqdır. Bu dəyişikliklərin təbii ekosistemlərə təsirini dəyərləndirmək və zəruri tədbirlər planı hazırlamaq üçün elmi əsaslara söykənən təhlillərə ehtiyac vardır.

Təbii ekosistemlərə təsiri

İqlim dəyişiklikləri Azərbaycanda təbii ekosistemlərin strukturuna və funksionallığına çoxşaxəli təsirlər göstərir. Bu təsirlər bitki örtüyündən başlayaraq heyvanat aləminə və su ehtiyatlarına qədər geniş əhatə dairəsinə malikdir.

Bitki örtüyü

Temperaturun yüksəlməsi və yağıntı rejiminin dəyişməsi nəticəsində Azərbaycanda bitki örtüyünün tərkibi və məskunlaşdığı sahələrdə ciddi dəyişikliklər müşahidə olunur[3]. Məsələn, dağlıq zonalarda bəzi soyuqsevər növlərin yayılması məhdudlaşır, çöl və aran zonalarında isə quraqlığa davamlı ot və kolların payı artır. Bu, ekosistemin biomüxtəlifliyinin azalmasına və nadir bitki növlərinin nəsil təhlükəsi ilə üzləşməsinə səbəb olur.

Heyvanat aləmi

İqlim dəyişiklikləri heyvanların yaşayış yerlərini dəyişməyə məcbur edir. Temperaturun yüksəlməsi ilə əlaqədar soyuq iqlim şəraitində yaşayan növlər yaşayış sahələrini daha yüksək

relyefə doğru genişləndirirlər. Bu, həmçinin bəzi növlərin sayının azalmasına, digərlərinin isə invaziv olaraq bölgəyə daxil olmasına gətirib çıxarır. Azərbaycanda bəzi quş növlərinin köç marşrutlarının dəyişməsi, həmçinin nadir heyvanların nəsil azalması müşahidə olunmuşdur.

Su ehtiyatları

İqlim dəyişikliyi su ehtiyatlarının tükənməsi ilə nəticələnir. Kür və Araz çaylarının axımında azalma, quraqlığın artması su ehtiyatlarının istifadəsində çətinliklər yaradır[5]. Bu, təkcə insan ehtiyaclarını deyil, eyni zamanda suya bağlı ekosistemləri də təhdid edir. Xüsusilə bataqlıq və çay sahələrində suyun səviyyəsinin aşağı düşməsi, həmin ərazilərdə yaşayan flora və fauna üçün təhlükə mənbəyidir.

Ümumilikdə, iqlim dəyişikliklərinin təsiri nəticəsində təbii ekosistemlərdə tarazlıq pozulur, biomüxtəliflik azalır və ekoloji xidmətlərin keyfiyyəti pisləşir. Bu səbəbdən ölkəmizdə iqlim dəyişikliklərinə qarşı adaptasiya tədbirlərinin həyata keçirilməsi və davamlı ekosistem idarəetməsi vacibdir.

İqlim dəyişikliyi ilə mübarizə və adaptasiya tədbirləri

İqlim dəyişikliklərinin Azərbaycanda təbii ekosistemlərə təsirini minimuma endirmək və bu prosesə uyğunlaşmaq üçün müxtəlif səviyyələrdə mübarizə və adaptasiya tədbirləri həyata keçirilir[4]. Bu tədbirlər həm beynəlxalq, həm də yerli səviyyədə kooperasiya və strategiyaların hazırlanmasını tələb edir.

Qlobal və regional əməkdaşlıq

Azərbaycan, BMT-nin İqlim Dəyişiklikləri üzrə Çərçivə Konvensiyası (UNFCCC) və Paris Sazişi kimi beynəlxalq müqavilələrin tərəfdarıdır. Bu çərçivələr çərçivəsində ölkə öz milli töhfələrini müəyyənləşdirərək, istixana qazlarının emissiyasının azaldılması və iqlimə davamlı inkişaf istiqamətində addımlar atır.

Qanunvericilik və milli strategiyalar

Azərbaycanda iqlim siyasətinin tənzimlənməsi məqsədilə bir sıra qanunvericilik aktları və strategiyalar qəbul edilmişdir. “Milli iqlim siyasəti” və “Davamlı inkişaf strategiyası” kimi sənədlər ekosistemlərin qorunması və iqlim dəyişikliyinə adaptasiya məsələlərini özündə ehtiva edir.

Ekosistem əsaslı yanaşmalar

Təbii mühitin qorunması və bərpası iqlim dəyişikliyi ilə mübarizənin vacib hissəsidir. Meşələrin, bataqlıqların və su hövzələrinin bərpası biomüxtəlifliyin qorunmasına və karbon tutumunun artırılmasına xidmət edir. Azərbaycanda Milli Parklar və Qoruqlar sistemi iqlim dəyişikliklərinin mənfi təsirlərinə qarşı dayanıqlı ekosistemlərin formalaşmasına imkan yaradır.

Texnoloji və innovativ həllər

Enerji sektorunda bərpa olunan enerji mənbələrinin tətbiqi və enerji səmərəliliyinin artırılması istixana qazlarının azaldılmasına böyük töhfə verir. Eyni zamanda, kənd təsərrüfatında suya qənaət edən texnologiyaların tətbiqi, torpağın eroziyaya qarşı qorunması və aqroekoloji tədbirlər adaptasiya strategiyalarının mühüm elementləridir.

Maarifləndirmə və ictimai iştirakçılıq

İqlim dəyişikliyi ilə mübarizədə ictimaiyyətin maarifləndirilməsi və yerli icmaların proseslərə cəlb edilməsi əhəmiyyətlidir. Bu sahədə təhsil proqramlarının hazırlanması, KİV vasitəsilə məlumatlandırma və yerli tədbirlərin təşkili davamlılıq məqsədlərinə çatmağa kömək edir.

Nəticə və tövsiyələr

Bu məqalədə iqlim dəyişikliklərinin Azərbaycanda təbii ekosistemlərə olan təsiri təhlil edilmişdir. Araşdırma göstərir ki, ölkəmizdə son illərdə müşahidə olunan temperatur artımı, yağıntı rejiminin dəyişməsi və su ehtiyatlarının azalması ekosistemlərin strukturunda və funksionallığında ciddi dəyişikliklərə səbəb olmuşdur. Bitki və heyvan növlərinin məskunlaşmasında müşahidə olunan dəyişikliklər, su ehtiyatlarının tükənməsi və biomüxtəlifliyin azalması ölkənin ekoloji dayanıqlılığını zəiflədir.

Bununla yanaşı, Azərbaycan beynəlxalq razılaşmalara qoşularaq, milli qanunvericilik bazasını gücləndirərək və adaptasiya tədbirlərini həyata keçirərək iqlim dəyişikliyi ilə mübarizədə

aktiv rol oynamaqdadır. Lakin iqlim dəyişikliyi qlobal və mürəkkəb bir problem olduğundan, davamlı və səmərəli tədbirlərin həyata keçirilməsi üçün daha geniş tədqiqatlar və resurslar tələb olunur.

Gələcəkdə aşağıdakı tövsiyələrin həyata keçirilməsi ölkəmizin təbii ekosistemlərinin qorunması və davamlı idarə olunması üçün zəruridir:

- ✓ İqlim dəyişikliklərinə dair milli məlumat bazalarının yaradılması və davamlı monitoring sistemlərinin qurulması.
- ✓ Ekosistemlərin qorunması və bərpası sahəsində proqramların genişləndirilməsi, xüsusilə biomüxtəlifliyin qorunmasına yönəlik tədbirlər.
- ✓ Kənd təsərrüfatında iqlimə davamlı texnologiyaların tətbiqi və su resurslarının səmərəli idarə olunması.
- ✓ İctimaiyyətin iqlim dəyişikliyi mövzusunda maarifləndirilməsi və ictimai iştirakçılığın artırılması.
- ✓ Qlobal iqlim siyasətində aktiv iştirakın davam etdirilməsi və beynəlxalq əməkdaşlığın gücləndirilməsi.

Yekun olaraq, iqlim dəyişiklikləri ilə mübarizə həm ekoloji, həm də sosial-iqtisadi baxımdan Azərbaycan üçün prioritet məsələdir. Bu istiqamətdə davamlı elmi tədqiqatlar, qanunvericilik dəstəyi və ictimai dəstək ölkəmizin təbii sərvətlərinin qorunması və gələcək nəsillərə sağlam ekosistemlərin ötürülməsi üçün əsas amillərdir.

Ədəbiyyat

- [1]. Azərbaycan Respublikası Ekologiya və Təbii Sərvətlər Nazirliyi. İqlim dəyişiklikləri və ətraf mühit. –Bakı, –2022
- [2]. IPCC. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
- [3]. Məmmədov, Ə. Azərbaycanın iqlim şəraiti və biomüxtəliflik // Bakı Universiteti Elmi Jurnalı, 45(3), –2020, –s.112-125
- [4]. UNEP. (2019). Global Environment Outlook – GEO-6: Healthy Planet, Healthy People. United Nations Environment Programme.
- [5]. Əliyev, R. Su ehtiyatlarının idarə olunması və davamlı inkişaf // Ekologiya və Resurslar Jurnalı, 12(1), –2021, –s.23-38

Summary

Climate Change and Its Impact on Natural Ecosystems in Azerbaijan

Karimova A.A.

Keywords: *climate change, climate in Azerbaijan, natural ecosystems, global warming, biodiversity, water resources, ecological sustainability*

This article examines the impact of climate change on the natural ecosystems of Azerbaijan. Due to global warming and anthropogenic factors, the country has experienced rising temperatures, altered precipitation patterns, and decreasing water resources. These changes affect the structure and distribution of vegetation, the habitats of wildlife, and reduce the resilience of aquatic ecosystems. The article also presents Azerbaijan's international commitments to combat climate change, national legislation and strategies, ecosystem-based approaches, technological solutions, and public awareness initiatives. Strengthening monitoring and adaptation measures is essential to ensure the country's ecological sustainability.

Резюме

Изменение климата и его влияние на природные экосистемы в Азербайджане

Керимова А.А.

Ключевые слова: изменение климата, климат в Азербайджане, природные экосистемы, глобальное потепление, биоразнообразие, водные ресурсы, экологическая устойчивость

В статье рассмотрено влияние изменения климата на природные экосистемы Азербайджана. В результате глобального потепления и антропогенных факторов в стране наблюдается повышение температуры, изменение режима осадков и сокращение водных ресурсов. Эти изменения влияют на структуру и распространение растительного покрова, на среду обитания животных, а также снижают устойчивость водных экосистем. В статье также представлены международные обязательства Азербайджана в области борьбы с изменением климата, национальное законодательство и стратегии, экосистемный подход, технологические решения и меры по повышению общественной осведомленности. Для обеспечения экологической устойчивости страны необходимо усиление мониторинга и адаптационных мер.

Zəhərli kimyəvi maddələrin işçi zonasının havasında gigiyenik reqlamentləşdirilməsi

¹Xəlilov Tahir Abuzər oğlu [ORCID](#)

²Məmmədov İlham Yusif oğlu [ORCID](#)

³Ələkbərli Gülnarə Yaşar qızı [ORCID](#)

Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqatıt, Azərbaycan, 1,2,3- baş müəllim
tahir.xalilov@sdu.edu.az

MƏQALƏ HAQQINDA MƏLUMAT	XÜLASƏ
Məqalənin tarixçəsi Daxilolma tarixi: 24.02.2025 Düzəliş tarixi: 02.05.2025 Qəbul olunma tarixi: 17.09.2025	Məqalədə zəhərli kimyəvi maddələrin Gigiyenik normasının əsas prinsipləri müzakirə olunur. Zəhərli kimyəvi maddələrə zəhərli məruz qalma riskini azaltmağın bir yolu kimyəvi məhsulların gigiyenik standartlaşdırılmasıdır. Bəzi kimyəvi məhsullarda müəyyən şərtlərdə daha çox zərərli təsir göstərən əlavələr və qarışıqlar var. Üzvi həlledicilər yüksək zəhərli əlavələr olan kimyəvi məhsullara aiddir. İş sahəsinin havasında zərərli kimyəvi maddələrin Gigiyenik norması bir sıra prinsiplər əsasında həyata keçirilir. Bu prinsiplərə toksikoloji tədqiqatlar, tibbi və bioloji göstəricilərin əsaslandırılmasında mövcud texniki imkanlardan və iqtisadi tələblərdən üstün olması daxildir icazə verilən maksimum konsentrasiya (MPC), effektin eksperimental modelləşdirilməsi, həmçinin "zərərli təsirləri" "sadə təsirlərdən" fərqləndirmək üçün molekulyar, struktur və funksional dəyişikliklərin vəhdəti prinsipləri
Açar sözlər reqlamentləşdirilmə, ekspozisiya testləri, toksikoloji tədqiqatlar, təsirin hədd konsepsiyası, psixi-sosial pozğunluqlar, reproduktiv funksiya, kanserogen təsir, zərərliyin meyarları	

Sənaye zəhərlərinin istehsalat binalarınız havasında gigiyenik normalaşdırılması (reqlamentləşdirilməsi) ilk dəfə olaraq 1922-ci ildə keçmiş Sovet İttifaqında kükürd qazının miqdarının 0,006 mq/l səviyyəsində təyin olunması ilə başlanmışdır. 1930-cu ildə isə ilk dəfə “yol verilən hədd konsentrasiyası” (YVHK) işçi zonasının havasında zərərli kimyəvi maddələrin gigiyenik normativi kimi tətbiq olunmuşdur [1].

İşçilərin daimi və ya müvəqqəti yerləşdiyi sahənin səthindən və ya döşəmənin səviyyəsindən 2 m yüksəklikdə olan zona işçi zonası sayılır, zonanın havası isə işçi zonasının havası adlandırılır.

İşçi zonasının havasında istehsalatla əlaqədar zərərli kimyəvi maddələrin gigiyenik reqlamentləşdirilməsinin əsas məqsədi həmin maddələrin YVHK-nın səviyyəsindən elmi cəhətdən əsaslandırılaraq gigiyenik normativ kimi təsdiq edilməsidir.

İşçi zonasının havasında zərərli maddələrin yol verilən hədd konsentrasiyaları – YVHK elə konsentrasiyalardır ki, gündəlik (istirahət günlərindən başqa) 8 saatlıq iş zamanı və ya digər vaxt davamiyyətində, həftədə 41 saatdan çox olmamaqla bütün iş stajı müddətində, iş prosesində və ya həyatın sonrakı dövrlərində indiki və gələcək nəsillərdə müasir tədqiqat üsulları ilə aşkar olunan xəstəliklər və ya sağlamlıq vəziyyətində əyintilər əmələ gətirə bilməsin (DÜİST 12.1.005-88).

YVHK sənaye obyektlərinin, istehsalat binalarının, ventilyasiya, avadanlığın layihələşdirilməsində, qabaqlayıcı (xəbərdaredici) və cari sanitar nəzarətinin və sağlamlaşdırıcı tədbirlərin effektivliyinin qiymətləndirilməsi üçün hüquqi əsasdır.

Laborator heyvanlar üzərində aparılmış təcrübələrin nəticələrinə görə əsaslandırılmış YVHK qanunvericilikdə nəzərdə tutulmuş formada dövlət sanitar-gigiyenik normativi kimi təsdiq olunur. Mahiyyət etibarilə dəqiq olmayan bu normativ elmin inkişafı və əlavə kliniki materialların əldə olunması ilə əlaqədar dəyişdirilə bilər.

YVHK-dan başqa sanitar standartı kimi “ekspozisiya test”-lərindən də istifadə olunur. “Ekspozisiya testi” bioloji YVHK kimi orqanizmin müxtəlif bioloji mühitlərində (qan, sidik, nəfəssərmə havası, ana süd, tüpürcək, tük, dırnaqlar və s.) zərərli maddənin və ya onun metabolitlərinin, zədələnən ferment və substratların ifrat miqdarının göstəricisidir. “Ekspozisiya test”-ləri toksikokinetik üsullardan istifadə etməklə orqanizmə müxtəlif yollarla daxil olan zəhərin ümumi miqdarını təyin etməyə imkan verməsinə baxmayaraq heç də YVHK-nı əvəz etmir, beləki, “ekspozisiya test”-ləri çox az miqdarda maddələr üçün işlənmiş və qəbul olunmuşdur [3].

Zərərli kimyəvi maddələrin işçi zonasının havasında gigiyenik reqlamentləşdirilməsi profilaktik toksikologiyada parktiki təsdiqini tapmış bir sıra prinsiplər əsasında aparılır. Bu prinsiplər aşağıdakılardır:

1. Toksikoloji tədqiqatların aparılmasının həmin maddələrin istehsalatda tətbiq olunmasını qabaqlamaq prinsipi: bu dövlət sanitar nəzarəti üçün əsas prinsiplərdən biridir. Bu prinsipə görə hərtərəfli toksikoloji-gigiyenik qiymətləndirilməmiş kimyəvi maddə və ya məhsul istehsal və istehlak oluna bilməz.

2. Gigiyenik normativin (YVHK) əsaslandırılmasında tibbi-bioloji göstərişlərin günün texniki imkanlarından və iqtisadi tələblərindən üstün tutulması prinsipi.

3. Təsirin hədd konsepsiyası prinsipi:

Bütün kimyəvi maddələr müəyyən bir hədd səviyyəsində öz bioloji təsirlərini göstərir. Bioloji substratın və ya orqanizmin bir keyfiyyət vəziyyətinə keçməsi kimyəvi maddənin təsir intensivliyinin elə bir səviyyəsində baş verir ki, bu səviyyə təsir həddi adlanır.

Orqanizmin həyat fəaliyyətini səciyələndirən çoxsaylı göstəricilərin normal fizioloji hədləri mövcuddur. Kimyəvi maddənin hədd təsiri nəticəsində orqanizmin göstəriciləri normal fizioloji hədlər səviyyəsində dəyişilə bilər ki, bu da orqanizmin dəyişilən ətraf mühitə adaptasiya olunmasının fizioloji əsasını təşkil edir. Eyni zamanda təsirin intensivliyi elə həddə ola bilər ki, əmələ gələn dəyişikliklər normal fizioloji hədd çərçivəsindən kənara çıxaraq yeni bir keyfiyyət vəziyyəti yaratmış olsun, yəni zərərləri təsir göstərmiş olsun [4].

Zərərli təsir həddi ətraf mühitdə maddənin elə minimal konsentrasiyasıdır (və ya orqanizmə daxil olan doza) ki, onun təsiri ilə (konkret daxilma şəraitində) orqanizmdə fizioloji uyğunlaşma reaksiyaları çərçivəsindən kənara çıxan dəyişikliklər və yaxud gizli (müvəqqəti kompensə olunmuş) patologiya əmələ gəlsin.

Maddənin zərərli təsir həddi onun təsiri ilə orqanizmdə aşağıdakı əlamətlərlə xarakterizə olunan dəyişiklikləri əmələ gətirən konsentrasiya və ya dozanın minimum miqdarıdır:

- əmələ gələn dəyişikliklər nəzarət qrupundan statistik əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənir ($p < 0,05$) və təcrübi heyvanların tədqiqat aparılan ilin fəslə üçün xarakterik olan fizioloji hədd çərçivəsindən kənara çıxır ($> 2\sigma$);

- dəyişikliklərin nəzarət qrupu ilə statistik əhəmiyyətli fərqi yoxdur ($p > 0,05$), lakin funksional və ya ekstremal yükləmələrdən istifadə etməklə orqanizmin ətraf mühitlə tənzimlənməsinin gizli pozulması (adaptasiya imkanlarının daralması) müşahidə edilir – dəyişiklik müvafiq normanın $\pm 2\sigma$ həddindən kənara çıxır;

- dəyişikliklər nəzarət qrupundan statistik əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənmir ($p > 0,05$), fizioloji norma həddindən kənara çıxmır, lakin stabil olaraq müəyyən müddət qalır (1 aydan çox).

Beləliklə, kimyəvi qıcıqlandırıcıya qarşı orqanizmin hər bir reaksiyasını zərərli təsir həddi kimi qiymətləndirmək olmaz, təkcə zərərlik meyarlarına uyğun (N.S.Pravdinə görə - “gigiyenik əhəmiyyəti” olan) reaksiyalar zərərli təsir həddi hesab edilməlidir.

4. Gigiyenik normativlərin əsaslandırılması üçün zərərli təsirin eksperimental modelləşdirilməsi prinsipi: insanların sağlamlığı üçün təhlükəsiz gigiyenik normativlər eksperimental heyvanlar (məməlilər) üzərində zərərli təsirin modelləşdirilməsi yolu ilə əsaslandırılır. Eksperimentlərdə maddələrin real istehsalat şəraitində orqanizmə daxil olma şəraiti yaradılır (daxilolma yolu, təsir rejimi, müddəti və s.). Eksperimentin modelləşdirilməsində təcrübi heyvanların yaş, növ, cinsi xüsusiyyətləri, eyni zamanda kombinə olunmuş, kompleks və müştərək

təsiri nəzərə alınmalıdır. Son illərdə toksikoloji-gigiyenik reqlamentləşdirmədə riyazi modelləşdirmə metodlarından da geniş istifadə olunur [5].

5. “Sadı təsirlə” “zərərli təsir” in differensiasiyası üçün molekulyar, struktur və funksional dəyişiklərin vəhdətlik prinsipi əsas götürülür. Bu prinsipə görə orqanizmin vəziyyətini xarakterizə edən hər hansı bir göstəricinin fizioloji hədlər çərçivəsindən kənara çıxması maddənin tətbiq olunan dozada zərərli və ya zərərsiz təsir göstərməsi barədə mülahizə yürütməyə imkan vermir. Zərərli təsir meyarı nöqtəyi-nəzərindən daha dəqiqi orqanizm səviyyəsində qiymətləndirilən inteqral göstəricilərin dəyişikliyi. Eyni zamanda xarakterindən və intensivliyindən asılı olaraq ayrı-ayrı orqan və sistemlərdə gedən dəyişikliklər, hüceyrə və molekulyar səviyyədə olan pozğunluqlar da nəzərə alınmalıdır. Fizioloji-biokimyəvi-morfoloji paralellərin aparılması, müşahidə olunan dəyişikliklərin spesifikliyinin və inkişaf istiqamətinin qiymətləndirilməsi, davamlı təsir zamanı proqressivləşməsi, davamlılığı (bərpa dövründə), metabolitik və toksikokinetik parametrlərin tədqiqi hər hansı bir göstəricinin digər göstəricilərlə əlaqəli olub-olmamasını aydınlaşdırmağa kömək edir və həmin göstəricini zərərli təsir meyarı kimi qiymətləndirməyə imkan verir.

Profilaktik toksikologiyada ən çox istifadə olunan zərərli təsir meyarları aşağıdakılardır.

Zərərliliyin ümumi bioloji meyarları:

- orta ömrün qısalması;
- fiziki inkişafın pozulması;
- mərkəzi sinir sisteminin fəaliyyətinin dəyişilməsi;
- yaradıcı mühitinə adaptasiya qabiliyyətinin pozulması;

Psixi-sosial pozğunluqları xarakterizə edən meyarlar:

- psixi funksiyaların pozulması (yaddaş, nitq, qavranış, təfəkkür və s.)
- emosional vəziyyətin pisləşməsi;
- fərdlərarası münasibətin pozulması;
- yaradıcı istehsalat fəaliyyəti qabiliyyətinin zəifləməsi;
- davranışın dinamik stereotipinin pozulması.

Reproduktiv funksiyasının pozulmasını xarakterizə edən meyarlar:

- genetik materialın dəyişilməsi;
- spermaya təsir;
- döllənmə qabiliyyəti və sonsuzluq;
- implantasiyadan qabaq və sonrakı ölüm və ya inkişafdan qalma;
- nəsilərdə biokimyəvi, fizioloji və davranış dəyişiklikləri.

Kanserojen təsiri xarakterizə edən meyarlar:

- şişlərin əmələ gəlməsi;
- spontan şişlərin əmələ gəlməsinin çoxalması və onların inkişafının latent dövrünün qısalması;

- şişlərin nəzarət qrupundan fərqli yerlərdə əmələ gəlməsi.

Zərərliliyin fizioloji meyarları:

- fizioloji sistemlərin funksional fəaliyyəti;
- uyğunlaşma (tənzimləyici) mexanizmlərin funksiyası;
- erkən qocalma;
- bioloji ritmlər;
- davranış reaksiyaları (refleksləri).

Zərərliliyin biokimyəvi meyarları:

- toxumaların biokimyəvi konstantları;
- nuklein turşularının strukturunun və fəza təşkilinin pozulması və kimyəvi modifikasiyası.

Zərərliliyin immunoloji meyarları:

- immunoloji reaktivliyin qeyri-spesifik göstəriciləri;
- antitellər immunitetin spesifik amili kimi;
- sürətli hiperhəssaslıq reaksiyaları;

- ləng hiperhəssaslıq reaksiyaları.

Zərərliyin metabolik meyarları:

- dozadan asılı olaraq maddələrin metabolizmi və xaric olunma sürəti;
- dozadan asılı olaraq maddələrin kritik orqanlarda yığılması;
- qanda orqanotrop fermentlərin peyda olması;
- metabolitik sistemlərdə açar fermentlərinin zədələnməsi və ya aktivliyin zəifliyi;
- qaraciyərin mikrosomal fermentlərinin aktivliyi;
- lizosomal mənşəli fermentlərin aktivliyinin dəyişilməsi ilə müşayiət olunan lizosom membranlarının labilləşməsi;

- zəhərin substrat olduğu ferment sistemlərinin kompensator aktivləşməsi;

- ferment sistemlərinin qarşılıqlı təsirinin pozulması.

Zərərliyin morfoloji meyarları:

- hüceyrə strukturlarının destruktiv və distrofik dəyişiklikləri;
- hüceyrələrdə biopolimerlərin miqdarı;
- histoenzimoloji analiz zamanı hüceyrələrin ferment sistemlərində dəyişikliklər;
- elektron mikroskopik analizdə hüceyrədaxili orqanellərin funksional aktivliyi;
- hüceyrələrin DNT-sintezi funksiyasının aktivləşməsi;
- orqanlarda mikrosirkulyasiya prosesləri;
- tosqun-hüceyrə sisteminin deqronulyasiya indeksinin yüksəlməsi.

Zərərliyin statistik meyarları:

- sərt bioloji göstəricilər (variabellik əmsalı $< 10\%$ üçün dəyişikliyin əhəmiyyətli kritik səviyyəsi Styudentə görə $0,1$ ($p < 0,1$);

- plastik bioloji göstəricilər (variablelik əmsalı $= 10-40\%$) üçün dəyişikliyin əhəmiyyətli kritik səviyyəsi Styudentə görə $0,05$ ($p < 0,05$);

- yüksək elastikliyi olan göstəricilər (variabellik əmsalı $> 40\%$) üçün dəyişikliyin əhəmiyyətli kritik səviyyəsi $0,01$ ($p < 0,01$).

Qeyd olunan zərərlik meyarları kimyəvi maddələrin təsiri ilə orqanizmdə patologiya özü vəziyyətlərin aşkarlanması üçün nəzərdə tutulmuşdur. Onların kompleks şəkildə tətbiq olunması baş verən fizioloji uyğunlaşma səddlərindən kənara çıxan bioloji əhəmiyyətli dəyişiklikləri aşkarlamağa, alınmış nəticələrin bioloji və statistik analizinə əsaslanan zərərli təsir həddinin təyin etməyə imkan verir [2].

6. Gigiyenik-toksikoloji tədqiqatların mərhələli aparılması prinsipi: Hələ 1957-ci ildə L.İ.Medved və Y.S.Kaqan toksikoloji gigiyenik tədqiqatların mərhələli aparılması ideyasını irəli sürmüş, sonralar isə S.D.Zauqolnikov, İ.V.Sanotski və digərləri tərəfindən toksikoloji tədqiqatların mümkün mərhələlərinin sxemi təşkil olunmuşdur (cədvəl 1 və 2).

Cədvəl 1.

Tədqiqatın mərhələləri S.D.Zauqolnikov və digərlərə görə)

Mərhələlər	Tıbbi tədqiqatlar	Sifarişçinin məlumatları
Ədəbiyyat məlumatları əsasında işlənilmə	Əgər məlum məhsuldursa son nəticə (YVHK və digər); tam öyrənilməmiş məhsuldursa-ilkın nəticə; toksiklik barəsində məlumat yoxdursa-təxmini nəticə	Fiziki-kimyəvi xassələri, nəzərdə tutulan texnologiya
Laborator işlənilməsi	Təxmini təhlükəsiz təsir səviyyəsinin (TTTS) müxtəlif mühitlər üçün təyin olunması	Əlavə məlumatlar, təyin olunmuş üsulunun işlənilməsi üçün məhsulun nümunələrinin alınması
Təcrübi-istehsalat	Müxtəlif mühitlər üçün YVHK-nın eksperimental yolla işlənilməsi və əsaslandırılması, toksikoloji pasport, eksperimental terapiya, əməyin və xəstələnmənin sanitar-gigiyenik	Əlavə məlumatlar, suda maddənin təyin olunması metodu

	xarakteristikası, tövsiyələr. Fərdi mühafizə qaydalarının işlənməsi.	
Sənaye istehsalı və tətbiqi	Təcrübələrin yekunlaşdırılması. Əmək şəraitinin, ətraf mühitin sanitar gigiyenik tədqiqatının davamı, xəstəliklərin klinikası, diaqnostikası və əmək qabiliyyətinin ekspertizası barəsində təlimatların, sanitar qaydalarının işlənməsi. Ətraf mühitə, əmək şəraitinə və işçilərin sağlamlığına nəzarət.	İstehsalın həcmi və təmasda olan işçilərin sayı

Cədvəl 2.

Texnoloji prosesin işlənməsi və onun toksikoloji qiymətləndirilməsinin mərhələləri (İ.V.Sanotskiyə görə)

Kimyəvi və texnoloji işlənmə mərhələləri	Toksikoloji qiymətləndirmə mərhələləri	Toksikoloji tədqiqatların mahiyyəti
I. Texnoloji sxemin nəzəri layihəsi	İlkin toksikoloji qiymət	Nəzərdə tutulan xammal reagentlər, katalizatorlar və yarım məhsulların toksikliyi barəsində ədəbiyyat məlumatların analizi, kimyəvi maddələrin strukturu, xassələri (kimyəvi, fiziki) ilə bioloji təsiri arasındakı məlum əlaqələrdən istifadə edərək maddələrin cərgəzlərdə intepolyasiya və ekstrapolyasiya yolu ilə toksikometrik parametrlərin hesablanması
II. Texnoloji sxemin laborator işlənməsi	Toksikoloji ekspertiza	Heyvanlar üzərində kəskin və yarımkəskin təcrübələr. Texnoloji nümunələrin toksikoloji sınağı
III. Təcrübi zavod qurğusu	Toksikoloji pasportlaşdırma. Tam toksikoloji qiymət	Heyvanlar üzərində xroniki təcrübələr, uzaq effektlərin öyrənilməsi. İstehsalatda işçilərin müayinəsi. Zavod istehsalatının ləğvəndirilməsi üçün tibbi-texniki tələblərin işlənməsi
IV. Zavod istehsalatının layihələndirilməsi	Əlavə toksikoloji tədqiqatlar	Təsir mexanizmlərinin öyrənilməsi, ilkin və deffrensial diaqnostika, eskperimental terapiya və s.
V. Zavod istehsalatı (tətbiqi)	Natur tədqiqatlar	İşçilərin əmək şəraitinin, sağlamlıq vəziyyətinin öyrənilməsi. Statistik (epidemioloji) tədqiqatlar. Eskperimental terapiyanın, diaqnostika və profilatikanın klinik aprobeşiyası. İstehsalata tibbi-texniki tələblərin korreksiyası

Ədəbiyyat

- [1]. Саноцкий, И.В. Критерии вредности в гигиена и токсикологии при оценка опасности химических соединений / Саноцкий, И.П. Уланова. –М.: Медицина, –1975, –328 с.
- [2]. Основы общей промышленной токсикологии (руководство) // Под редакцией Н.А.Толоконцева и В.А.Филова. –Л.: Медицина, –1977, –304 с.

- [3]. Заугольников, С.Д. Экспрессные методы определения токсичности и опасности химических веществ // С.Д.Заугольников, М.М.Кочанов, А.О.Лойт. [и др.] –Л.: Медицина, –1978, –184 с.
- [4]. Профилактическая токсикология. Сборник учебно-методических материалов / Под общ. ред. акад. АМН СССР Н.Ф.Измерова в 2-х томах. Центр международных проектов ГКНТ, –М., –1984, –378 с. -1 т, 392 с.-2 т.

Summary

Hygienic regulation of toxic chemicals in the air of the working area

Khalilov T.A., Mammadov İ.Y., Alekberli G.Y.

Key words: *regulation, exposure tests, toxicological studies, concept of threshold effect, psychosocial disorders, reproductive function, carcinogenic effect, physiological criteria of harm, biochemical criteria of harm, immunological criteria of harm, metabolic criteria of harm, morphological criteria of harm, statistical criteria of harm.*

The article discusses the main principles of hygienic normalization of toxic chemicals. One of the ways to reduce the risk of toxic effects of toxic chemicals is the hygienic standardization of chemical products. A number of chemical products contain additives and mixtures that have a stronger harmful effect under certain conditions. Organic solvents can be cited as chemical products containing additives with a high toxic effect. Hygienic regulation of harmful chemicals in the air of the working area is carried out on the basis of a number of principles. These principles include toxicological studies, prioritizing medical biological indicators over current technical capabilities and economic requirements in the justification of the permissible limit concentration, experimental modeling of the effect, and the principles of unity of molecular, structural and functional changes for the differentiation of “harmful effects” from “simple effects”.

Резюме

Гигиеническое нормирование токсичных химических веществ в воздухе рабочей зоны

Халилов Т.А., Мамедов И.Ю., Алекберли Г.Я.

Ключевые слова: *регулирование, испытания на воздействие, токсикологические исследования, концепция порогового эффекта, психосоциальные расстройства, репродуктивная функция, канцерогенный эффект, физиологические критерии вреда, биохимические критерии вреда, иммунологические критерии вреда, метаболические критерии вреда, морфологические критерии вреда, статистические критерии вреда.*

В статье рассматриваются основные принципы гигиенического нормирования токсичных химических веществ. Одним из способов снижения риска токсического воздействия токсичных химических веществ является гигиеническая стандартизация химической продукции. Некоторые химические продукты содержат добавки и смеси, которые при определенных условиях оказывают более сильное вредное воздействие. Органические растворители относятся к химическим продуктам, содержащим высокотоксичные добавки. Гигиеническое нормирование вредных химических веществ в воздухе рабочей зоны осуществляется на основе ряда принципов. К этим принципам относятся токсикологические исследования, приоритет медико-биологических показателей над текущими техническими возможностями и экономическими требованиями при обосновании предельно допустимая концентрация (ПДК), экспериментальное моделирование эффекта, а также принципы единства молекулярных, структурных и функциональных изменений для дифференциации «вредных эффектов» от «простых эффектов».

Azərbaycanda malyariya xəstəliyinin yayılması

¹Əhmədova Rəna Kamal qızı²Əzizova Xatirə Səlim qızı

Azərbaycan Dillər Universiteti, Bakı, Azərbaycan, 1,2-baş müəllim
rena.akhmedova1@gmail.ru

MƏQALƏ HAQQINDA MƏLUMAT	XÜLASƏ
Məqalənin tarixçəsi Daxilolma tarixi: 05.11.2024 Düzəliş tarixi: 28.02.2025 Qəbul olunma tarixi: 03.04.2025	Malyariya-<i>protozoa</i> səbəb olduğu kəskin və ya xroniki, vaxtaşırı ağırlaşan antroponoz yoluxucu yoluxucu xəstəlik. Qədim dövrlərdən bəri bilinən malyariya Asiya, Avropa, Amerika və Afrikaya yayılmışdır. 1717-ci ildə italyan alimi Lancini bu xəstəliyi "bataqlıq zəhəri", daha sonra isə "malyariya" (İtalyan <i>malariadan</i> - "pis qoxulu, çirkli hava") adlandırdı. XIX əsrin sonlarında Ronald Ross xəstəliyin törədicisini <i>Anopheles</i> cinsinin ağcaqanadları daşdığını sübut etdi. Son statistikaya görə, hər il təxminən 200 milyon insan malyariyaya yoluxur, onlardan təxminən yarım milyonu ölür. Xəstəliyin 90%-i Cənubi Afrika və Sahara ölkələrindədir. Bununla birlikdə, malyariya Asiya, Latın Amerikası, Orta Şərq və Avropanın bəzi bölgələrində də olur. Azərbaycanda malyariya tarix boyu mövcud olub, vaxtaşırı böyük populyasiyaları məhv edir, lakin məhv etmir. Xəstəliyin ən çox yayılması Kür-Araz ovalığında müşahidə edilmişdir. 2013-cü ildən Azərbaycanda malyariya halları rəsmi olaraq qeydə alınmayıb. Beş yaşınadək uşaqlar ən çox infeksiya riski altındadır
Açar sözlər <i>plazmodium</i>, <i>Anopheles</i> ağcaqanadı, qaraciyər, dalaq, eritrositlər	

Malyariya – kəskin və ya xroniki gedişə malik olan, vaxtaşırı kəskinləşən, antroponoz, protozooy mənşəli transmissiv infeksiyon xəstəlikdir. Çox qədim zamanlardan mövcud olan bu xəstəlik Asiya, Avropa, Amerika və Afrika qitələrində yayılmışdır. 1717-ci ildə italyan alim Lançini bu xəstəliyə "bataqlıq zəhəri" adını vermiş, sonralar isə "Malaria" (pis iyli, çürüntülü hava) adlandırmışdır. XIX əsrin sonlarında R. Rossi xəstəliyin *Anopheles* növündən olan ağcaqanadlar vasitəsilə keçdiyini sübut etmişdir.

Son statistik göstəricilərə əsasən, hər il dünyada təxminən 200 milyon insan malyariyaya yoluxur və bu halların təxminən yarım milyonu ölümə nəticələnir. Yoluxmaların 90%-i əsasən Cənubi Afrika və Saxaraaltı Afrika regionlarında qeydə alınır. Bununla belə, Asiya, Latın Amerikası, Yaxın Şərq ölkələri və bəzi Avropa bölgələrində də xəstəliyə rast gəlinir.

Tarixən malyariya Azərbaycanda da geniş yayılmış, xüsusilə Kür-Araz ovalığında əhali arasında xəstəlik halları müşahidə olunmuşdur. Lakin 2013-cü ildən etibarən ölkədə malyariya hadisələri qeydə alınmır. Xəstəliyin risk qrupuna isə əsasən beş yaşadək uşaqlar daxildir, çünki onların immun sistemi yetkin yaşlılara nisbətən daha zəifdir.

Epidemiologiya və patogenezi. Xəstəliyin törədicisi *Protozoa* tipinin *Plazmodium* cinsinə məxsus ibtidailər - Malyariya plazmodiləridir. Malyariya plazmodiləri obliqat hüceyrə daxili parazitlərdir. İnsanlarda malyariya xəstəliyini törədə biləcək plazmodilərin 4 növü ayırd edilmişdir.

- 1) *Plasmodium falciparum*-trofik malyariyanın törədicisi.
- 2) *Plasmodium vivax*-3 günlük malyariyanın törədicisi.
- 3) *Plasmodium malariae*-4 günlük malyariyanın törədicisi.
- 4) *Plasmodium ovale*-oval malyariyanın törədicisi.

Malyariya paraziti mikroskopik ölçüdə olub, insanlara anofeles cinsindən olan ağcaqanadlar vasitəsilə ötürülür. Yoluxmuş ağcaqanad sağlam insanı sancdıqda, parazit onun qan dövrəsinə keçir.

Parazitlə yoluxmuş ağcaqand sağlam insanı sancdıqda parazit insanın qanına keçir. Nadir hallarda isə infeksiya insanlara hemotransfuziya, qeyri-steril tibbi alətlərlə manipulyasiyalar zamanı da keçə bilər. Tropik malyariyanın xəstə anadan dölə transplasentər mexanizmlə də keçməsi mümkündür. Bu zaman isə anadangəlmə malyariya inkişaf edir. Malyariya plazmodilərinin həyat dövrləri və çoxalması ardıcıl olaraq bir-birinə keçən ayrı-ayrı müxtəlif mərhələlərdən ibarət mürəkkəb bir prosesdir. Belə ki, onların çoxalması həm əsas sahib hesab edilən *Anopheles* ağcaqanadlarında, həm də aralıq sahib rolunu oynayan insan orqanizmində davam edir. Ağcaqanadlarda olan dövrə sporogoniya və ya cinsi dövr, insan orqanizmində keçən dövrə isə şizogoniya və ya qeyri-cinsi dövr deyilir [2]. Malyariyaya yoluxmuş xəstə insan orqanizmində plazmodilərin cinsi hüceyrələri - qametlər əmələ gəlir. *Anopheles* ağcaqanadları belə xəstələri dişlədikdə və qanını sovurduqda bu qametlər ağcaqanadlara keçir, sporogoniya mərhələsi başlanır, qametlərdən külli-miqdarda (bir cüt qametdən 10 minlərlə) sporozoitlər əmələ gəlir. Ətraf mühitdə havanın temperaturu yüksək olduqca sporogoniya prosesi daha qısa müddətdə başa çatır. 15°C-dən aşağı temperaturda isə sporogoniya prosesi dayanmış olur. Əmələ gəlmiş külli-miqdarda sporozoitlər ağcaqanadların ağız suyunda toplanır və sağlam şəxsləri dişləyərkən onlara keçirilir.

İnsan orqanizmində isə malyariya parazitlərinin çoxalmasının şizogoniya dövrü başlanır. Bu çoxalma qeyri-cinsi yolla həyata keçirilir. Şizogoniya dövrü özü də ardıcıl 2 mərhələdən ibarətdir: toxuma mərhələsi və eritrositar mərhələ. Toxuma mərhələsində malyariya parazitləri (sporozoitlər) qaraciyərin hepatosit hüceyrələrinə daxil olaraq burada böyüyür və çoxalırlar. Daha sonra parazitlər qaraciyəri tərk edərək qırmızı qan hüceyrələrinə – eritrositlərə keçirlər. Bu mərhələ bir həftədən bir neçə aya qədər davam edə bilər. Qaraciyər mərhələsində insan heç bir klinik əlamət hiss etmir. Parazitlər eritrositlərə daxil olduqdan sonra inkişaf etməyə və çoxalmağa davam edirlər. Nəticədə eritrositlərin qılfı parçalanır və parazitlər yeni hüceyrələrə daxil olmaq imkanı əldə edirlər. Bu proses zamanı onlar zəhərli maddələr – toksinlər ifraz edirlər. Toksinlər qana qarışdıqda digər orqanlara, xüsusilə də beyinə zərər verə bilər. Bu, infeksiyalaşmış eritrositlərin laktalanması və bu laktaların kapilyar qan dövrəsinə maneə yaratması ilə bağlıdır. Nəticədə bədən toxumalarına oksigen və qida maddələrinin daşınması pozulur. Bu mərhələdə insan artıq halsızlıq, zəiflik və ümumi narahatlıq hiss etməyə başlayır.

Plazmodilərin eritrositlərə daxil olması ilə orada artıb çoxalması, eritrositlərin hemolizə uğraması və parazitlərin yenidən qana tökülməsi arasındakı müddət (eritrositdaxili müddət) ayrı-ayrı plazmodilərdə müxtəlifdir. Belə ki, Pİ. malarie üçün bu müddət 72 saat (4-günlük malyariya), digər növ plazmodilərdə isə 48 saatdır.

3-günlük malyariya digərlərinə nisbətən daha çox rast gəlinir. Vivax plazmodilər tərəfindən törədildiyi üçün buna "Vivax-malyariya" da deyilir. Təxminən 2 həftəlik inkubasiya dövrünə malikdir. Eritrositlərin massiv şəkildə damar daxili hemolizi ilə əlaqədar xəstələrdə anemiya və digər müvafiq klinik əlamətlər və morfoloji dəyişikliklər baş verir [2]. Qara ciyərin ölçüləri böyüyür, damarlar və sinusoidlər kəskin doluqanlı olur rəngi qaralır. Xroniki malyariya zamanı isə qara ciyərdə diffuz sklerotik dəyişikliklər, yəni sirroz başlanır.

Dalaq həcmcə böyüyür, çəkisi bir, hətta bir neçə kq-a belə çata bilər (malyariya splenomeqaliyası). Dalağın toxumasının rəngi tədricən qaralır, konsistensiyası yumşalır. Xəstəlik xroniki gedişə keçdikdə isə sklerozla əlaqədar dalağın konsistensiyası da tədricən bərkir, kapsulu fibrozlaşaraq qalınlaşır.

Dörd günlük malyariya digər formalarla müqayisədə nisbətən az hallarda müşahidə olunur və Plasmodium malariae paraziti tərəfindən törədilir. Bu formanın inkubasiya dövrü digər növlərlə müqayisədə daha uzundur – təxminən 1 ay davam edir. Xəstəlik zamanı müşahidə olunan patomorfoloji dəyişikliklər isə əsasən üç günlük malyariyada baş verənlərlə oxşardır.

Tropik malyariya Plasmodium falciparum tərəfindən törədildiyi üçün buna "falciparum-malyariya" da deyilir. Təxminən 12 günlük inkubasiya dövrünə malikdir. Tropik malyariya həm klinik gedişinə, həm də patomorfoloji dəyişikliklərinə görə malyariyanın digər formalarından bəzi xüsusiyyətlərinə görə bu və ya digər dərəcədə fərqlənir. Bu xüsusiyyətlərin əsasını isə o təşkil edir ki,

tropik malyariya zamanı içərisində çoxlu miqdarda hala tam yetişməmiş plazmodilər olan eritrositlər mikrosirkulyator damarlarda aqreqasiyaya uğrayır, kapilyarlarda parazitar mənşəli stazlar törədilir, hialin tromblar əmələ gəlir. Bu isə bütün üzv və toxumalarda müvafiq fasadların, baş beyində isə daha ağır dəyişikliklərin meydana çıxmasına səbəb olur.

Klinik Təsviri. Malyariyanın inkubasiya dövrü adətən 10 gün ilə 1 ay arasında dəyişir, lakin bəzi hallarda bu müddət 1 həftədən 1 ilə qədər də uzana bilər. Xəstəliyin ümumi simptomlarına aşağıdakılar aiddir:

- Yüksək hərarət
- Güclü üşütmə və titrəmə
- Baş və əzələ ağrıları
- Ümumi halsızlıq
- Ürəkbulanma, qusma və ishal
- Eritrositlərin parçalanması nəticəsində yaranan anemiya
- Dərinin və selikli qişaların saralması
- Qaraciyər və dalağın böyüməsi.

Malyariyanın ən xarakterik klinik əlaməti malyariya tutmalarıdır. Bu tutmalar adətən üşütmə, yüksək qızdırma və bol tərləmə ilə müşayiət olunur. Bu əlamətlər bir neçə saat davam edə bilər və periodik olaraq təkrarlanır.

Residiv və Yenidən Yoluxma. Malyariyanın bir digər xarakterik xüsusiyyəti də residivlərin (xəstəliyin qayıtması) olmasıdır. Plasmodium vivax və Plasmodium ovale növləri qaraciyərdə latent (sakit) formada qalaraq, 3 ilə qədər aktivləşmədən mövcud ola bilərlər. Belə hallarda xəstəliyin yenidən baş qaldırması, ilkin yoluxmadan aylar, hətta 4 il sonra baş verə bilər.

Müalicə olunmamış və ya yarımcıq müalicə olunmuş malyariya, insan orqanizmində illərlə simptomuz qalaraq istənilən vaxt üzə çıxa bilər – bəzən ömür boyu belə davam edə bilər. Plasmodium falciparum kimi dərmanlara qarşı rezistent (davamlı) parazit növlərinin yayıldığı bölgələrdə isə, xəstəlik kliniki müalicədən bir ay və ya daha çox müddət sonra yenidən aktivləşə bilər.

Təkrar yoluxma riski. Endemik bölgələrdə (malyariyanın davamlı yayıldığı ərazilərdə) yaşayan və ya səfər edən şəxslər üçün təkrar yoluxma riski daim mövcuddur. Bu səbəbdən profilaktik tədbirlər, vaxtında diaqnoz və tam müalicə xüsusi əhəmiyyət daşıyır.

Ağırlaşmaları: Xəstəliyin ağırlaşmalarına aşağıdakılar aiddir:

- ✓ Bayılmalar, malyariya komaları.
- ✓ Qaraciyər çatmamazlığı.
- ✓ Nevroloji simptomlar, somnolensiya, qıcolmalar (serebral malyariya) tənəffüs çatışmazlığı, ağciyərlərin ödəmi, KRDS.
- ✓ Olikuriya, böyrək funksiyasının pozğunluğu .
- ✓ Şok (sistolik QT < 80 mm c.s.).
- ✓ Hemorragik diatez, sarılıq .
- ✓ Ağır anemiya (Hb < 70 q/l).
- ✓ Hipoqlikemiya, asidoz, plazmada laktat konsentrasiyasının yüksəlməsi, ağır hemoliz.

Diaqnostikası: Malyariyanın diaqnostikasında istifadə olunan əsas üsul qalın qan damlası üsuludur. Bir mənfi nümunə malyariyanı istisna etmir. Nümunə götürülməsi 3-4 saatdan sonra və qızdırmanın pikində təkrar edilməlidir.

3-4 nazik yaxmanın hazırlanması. Ənənəvi May-Qrünvald-Gimza üsulu ilə boyama istifadə edilə bilər, lakin sadə Gimza məhlulunun istifadəsi daha yaxşıdır.

Malyariya xəstəliyi vaxtında və düzgün müalicə olunduğu halda tam sağalma mümkündür. Xəstəliyin effektiv müalicəsi üçün malyariyaya qarşı dərman preparatlarından istifadə olunmalıdır. Müalicə üçün əsasən aşağıdakı preparatlar təyin edilir: delagil, xloroxin, primaxin, mefloxin və s.

Ağır və ya ağırlaşmış malyariya hallarında müalicə intensiv terapiya şəbəsində aparılmalıdır. İmkan daxilində, malyariya diaqnozu qoyulmuş pasiyentlərin stasionar şəraitdə müalicəsi tövsiyə olunur.

Malyariyanın növü dəqiqləşdirilənədək xəstə Plasmodium falciparum malyariyası daşıyıcısı kimi qəbul edilərək müalicəyə başlanmalıdır. Bu yanaşma, xəstəliyin daha ağır və həyatı təhlükə yaradan formalarının qarşısını almaq üçün vacibdir.

Profilaktika. Ağcaqanadların müxtəlif növləri mövcud olsa da, malyariya parazitinin ötürülməsində vektorial rol yalnız Anopheles cinsinə aid dişi ağcaqanadlara məxsusdur. Bu cinsin nümayəndələri qanadlarında tipik olaraq ağ-qara ləkələr daşıyır, lakin bu morfoloji xüsusiyyət digər cinslərlə də üst-üstə düşə bildiyi üçün təkcə bu əlamət Anopheles növlərini identifikasiya etmək üçün kifayət etmir.

Onların əsas aktivliyi gün batandan gün çıxana qədər olan müddətdə müşahidə edilir. Dişi ağcaqanad qanla qidalanır, çünki yumurtalarının inkişafı üçün qana ehtiyac duyur. Ağcaqanadın yumurtaları gözlə görünməyəcək qədər kiçikdir və əsasən durğun və ya yavaş axan sularda qoyulur [3]. Yumurtalardan 2-3 gün ərzində sürfələr çıxır. Bu sürfələr xırda su orqanizmləri və bitkilərlə qidalanaraq pup mərhələsinə keçir. Pupalar suda qalır, lakin qidalanmırlar. Bir neçə gündən sonra yetkin ağcaqanadlar çıxaraq ətraf mühitə yayılırlar. Əgər yetkin fərd dişi olarsa, qanla qidalanmaq üçün insanları sancır. Qidalanmadan sonra ağcaqanad yaxınlıqdakı səthlərdə istirahət edir və daha sonra yenidən yumurta qoyaraq dövrü təkrarlayır.

Malyariyadan qorunmaq üçün aşağıdakı üsullardan istifadə olunur:

1. İnsanların ağcaqanad sancmasından qorunması

Gecə saatlarında çölə çıxmaqdan çəkinmək – Ağcaqanadların aktiv olduğu vaxt gün batandan gün çıxana qədər olan müddətdir, bu zaman açıq havada olmaq risklidir.

İnsektisid tərkibli ağcaqanad torlarının istifadəsi xüsusilə tövsiyə olunur, çünki bu torlar həm fiziki maneə yaradır, həm də ağcaqanadları zəhərləyərək öldürür. Evlərdə, xüsusilə də yataq otaqlarında, pəncərə və qapıların ağcaqanad torları ilə qorunması mühüm əhəmiyyət daşıyır. Düzgün geyim seçimi – Uzunqollu və uzun ətkli geyimlərə üstünlük verilməli, tünd rəngli paltarlardan çəkinmək lazımdır, çünki onlar ağcaqanadları daha çox cəlb edir.

Dərinin açıq hissələrinin qorunması – Ağcaqanadlardan qorunmaq üçün repellentlərdən (qoruyucu vasitələrdən) istifadə olunmalıdır.

Spreylərdən istifadə etmək – Ağcaqanadlara qarşı təsirli insektisid spreylərdən istifadə edilməlidir.

2. Ağcaqanadların çoxalmasının qarşısını almaq

Durğun su mənbələrini aradan qaldırmaq – Ağcaqanadlar yumurtalarını durğun suya qoyduqları üçün gölməçələr və digər su yığılmış sahələr ləğv edilməlidir.

Təbii bioloji mübarizə üsulları – Ağcaqanadların yumurtaları ilə qidalanan xüsusi balıq növlərinin (qambuziya, çəki balığı, qızıl dabanbalığı və s.) yetişdirilməsi.

İnsektisidlərin istifadəsi – Ağcaqanad yumurtalarının məhv edilməsi üçün suya xüsusi insektisidlər əlavə olunmalıdır.

3. Yetkin ağcaqanadların məhv edilməsi

Evlərin dezinfeksiya olunması – yatmadan əvvəl otaqların insektisid tərkibli aerosollarla işlənməsi tövsiyə olunur.

Geniş yayılmış infeksiya xəstəlikləri mübarizə kompleks və sistemli tədbirlər tələb edir. Ümumdünya Səhiyyə Təşkilatı (ÜST) bu sahədə xüsusi proqramlar həyata keçirir. Hər il 25 aprel tarixi Ümumdünya Malyariya ilə Mübarizə Günü kimi qeyd olunur. Bu çərçivədə malyariyanın yayılmasının qarşısını almaq üçün müxtəlif maarifləndirici və profilaktik tədbirlər həyata keçirilir.

Azərbaycanda malyariya xəstəliyi uzun illər ərzində ciddi bir sağlamlıq problemi olmuşdur. Xüsusilə XX əsrin əvvəllərində və ortalarında bu xəstəlik geniş yayılmışdı. Lakin müxtəlif illərdə həyata keçirilən genişmiqyaslı profilaktik tədbirlər nəticəsində xəstəliyin yayılma səviyyəsi əhəmiyyətli dərəcədə azalmışdır [4].

Tarixi kontekst

Sovet dönməində malyariya ilə mübarizə məqsədilə ölkə miqyasında geniş dezinfeksiya tədbirləri həyata keçirilmişdir.

1960-cı illərdə Azərbaycanda malyariya xəstəliyinin tam nəzarət altına alındığı elan olunmuşdur.

Lakin 1990-cı illərin əvvəllərində, ölkədəki sosial-iqtisadi çətinliklər və miqrasiya prosesləri nəticəsində malyariya yenidən yayılmağa başlamışdır.

Müasir dövrdə vəziyyət:

-Son illərdə Ümumdünya Səhiyyə Təşkilatı (ÜST) və Azərbaycan hökumətinin birgə səyləri nəticəsində malyariyanın yayılması demək olar ki, minimuma endirilmişdir.

-2013-cü ildə ÜST Azərbaycanda yerli mənşəli malyariya yoluxmalarının olmadığını təsdiqləmiş və ölkə "Malyariyadan Azad Ölkə" statusunu qazanmışdır.

-Hazırda Azərbaycanda malyariya xəstəliyinin əsasən idxal olunmuş halları (xarici ölkələrdən gələn şəxslərdə aşkarlanan yoluxmalar) müşahidə edilir.

Profilaktika və mübarizə tədbirləri:

-Sərhəd-keçid məntəqələrində nəzarət tədbirləri gücləndirilmişdir.

-Respublikanın səhiyyə orqanları tərəfindən ağcaqanadlarla mübarizə tədbirləri davam etdirilir.

-Malyariya riski olan şəxslər üçün tibbi maarifləndirmə və preventiv tədbirlər həyata keçirilir.

Bu gün Azərbaycan malyariya ilə mübarizədə uğurlu nəticələr əldə etmiş ölkələrdən biri hesab olunur. Lakin iqlim dəyişikliyi və beynəlxalq səyahətlərin artması səbəbindən bu xəstəliyin qarşısının alınması üçün profilaktik tədbirlər davam etdirilməlidir.

Ədəbiyyat

- [1]. Бережнова, И.А. Инфекционные болезни / И.А. Бережнова, –М.: РИОР, –2007. –319 с.
- [2]. Ющук, Н.Д. Инфекционные болезни / Ющук Н.Д., Венгеров Ю.Я. –М.: ГЕОТАР – Медиа, –2009.
- [3]. Шувалова Е.П. Инфекционные болезни / Е.П. Шувалова М.: РИОР, –2005.
- [4]. Покровский, В.И. Инфекционные болезни и эпидемиология / В.И.Покровский, С.Г.Пак, Н.И.Брико, [и др.] М.: ГЕОТАР –Медиа, –2007.

Summary

Spread of malaria in Azerbaijan

Akhmedova R.K., Azizova Kh.S.

Keywords: *plasmodium, Anopheles mosquito, liver, spleen, erythrocytes*

Malaria is an acute or chronic, periodically aggravating anthroponotic transmissible infectious disease caused by protozoa. Known since ancient times, malaria has spread across Asia, Europe, America and Africa. In 1717, the Italian scientist Lancini called this disease "swamp poison", and later - "malaria" (from the Italian mala aria - "fetid, putrid air").

At the end of the 19th century, Ronald Ross proved that the causative agent of the disease is carried by mosquitoes of the genus *Anopheles*.

According to the latest statistics, about 200 million people are infected with malaria every year, of which about half a million die. 90% of cases of the disease occur in the countries of South Africa and the Sahara. However, malaria is also found in Asia, Latin America, the Middle East and some regions of Europe.

In Azerbaijan, malaria has existed throughout history, periodically affecting, but not destroying large populations. The greatest spread of the disease was observed in the Kura-Araz Lowland. Since 2013, cases of malaria have not been officially registered in Azerbaijan. Children under five years of age are at the greatest risk of infection.

Резюме

Распространение малярии в Азербайджане

Ахмедова Р.К., Азизова Х.С.

Ключевые слова: *плазмодий, комар Anopheles, печень, селезенка, эритроциты*

Малярия — острое или хроническое, периодически обостряющееся антропонозное трансмиссивное инфекционное заболевание, вызываемое простейшими. Известная с древнейших времен, малярия распространилась по Азии, Европе, Америке и Африке. В 1717 году итальянский ученый Ланчини назвал это заболевание «болотным ядом», а позднее — «малярией» (от итальянского *mala aria* — «зловонный, гнилостный воздух»).

В конце XIX века Рональд Росс доказал, что возбудителя болезни переносят комары рода *Anopheles*.

По последним статистическим данным, ежегодно малярией заражаются около 200 миллионов человек, из которых около полумиллиона умирают. 90% случаев заболевания приходится на страны Южной Африки и Сахары. Однако малярия также встречается в Азии, Латинской Америке, на Ближнем Востоке и в некоторых регионах Европы.

В Азербайджане малярия существовала на протяжении всей истории, периодически поражая, но не уничтожая крупные популяции. Наибольшее распространение болезни наблюдалось в Кура-Аразской низменности. С 2013 года в Азербайджане случаи малярии официально не регистрируются. Наибольшему риску заражения подвергаются дети в возрасте до пяти лет.

Avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sistemlərinin paylanmış heterogen verilənlər bazalarına əsaslanan biliklər bazasının təşkili üçün multiagent sistemin işlənməsi

¹Hüseynov Aqil Həmid oğlu [ORCID](#)

²Səlimova Mehriban Rəşid qızı [ORCID](#)

³Hüseynzadə Aysel Elxan qızı

Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqayıt, Azərbaycan, 1-professor, 2-müəllim
mehriban_mr@mail.ru

MƏQALƏ HAQQINDA MƏLUMAT	XÜLASƏ
Məqalənin tarixçəsi Daxilolma tarixi: 15.04.2025 Düzəliş tarixi: 20.05.2025 Qəbul olunma tarixi: 10.07.2025	Məqalədə müxtəlif məlumat quruluşlu kompüter dəstəkli dizayn sistemlərinin paylanmış verilənlər bazalarından biliklərin çıxarılması prosesi müzakirə olunur. Məqsəd paylanmış heterogen verilənlər bazalarından bilik əldə etmək üçün alt sistem arxitekturasını inkişaf etdirməkdir. Paylanmış heterogen verilənlər bazalarından bilik çıxarmaq üçün çox agentli bir sistem modeli hazırlanmışdır. Agentlərin əsas modelləri və onların bir-biri ilə qarşılıqlı əlaqəsi təsvir edilmişdir
Açar sözlər multiagent sistemlər, idarəetmə agentli, heterogen, verilənlər, biliklər	

Mürəkkəb obyektlərin layihələndirilməsi zamanı avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sistemlərinin (ALS) verilənlər bazasında gələcəkdə müəyyən təhlillərdən sonra məlumatların istismarında və ya təkmilləşdirilmiş analoqların layihələrində faydalı ola biləcək böyük miqdarda verilənlər toplanır. Təhlil dedikdə, biliklərin verilənlərdən çıxarılması – verilənlər toplusundan biliyin əvvəllər naməlum, praktiki olaraq faydalı və əlçatan şərtlərinin çıxarılmasının iterativ prosesi başa düşülür. Bilik kimi klasterlər, assosiativ qaydalar, produksiya qaydaları, neyron şəbəkələr və s. ola bilərlər. Müasir istehsal şəraitində mürəkkəb məmulatların layihələndirilməsi mərhələsində ümumi məsələnin müəyyən hissələrini həll etmək üçün xüsusi ALS istifadə edən, ərazicə bir-birindən aralı təşkilatlar cəlb oluna bilərlər. Bu halda verilənlər müxtəlif paylanmış strukturlaşdırılmış (verilənlər bazası, verilənlərin saxlanması və s.) və strukturlaşdırılmamış (İnternet, mətn faylları və s.) mənbələrdə saxlanılırlar. Belə mənbələrdən biliklərin çıxarılması aşağıda qeyd olunan səbəblərdən çətin məsələdir:

- yerli mənbələrdə müxtəlif məlumat strukturlarının fərqli quruluşda olması;
- məlumatlarda natamamlıq, uyğunsuzluq və digər səhvlər;
- verilənlərin müxtəlif fiziki təbiəti, fərqli dəqiqlik və etibarlılıq;
- verilənlərin böyük həcmli və ölçüləri;
- strukturlaşdırılmamış mənbələrdən biliyin çıxarılmasının çətinliyi.

Hazırda paylanmış mənbələrdən bilik əldə etmək üçün üç yanaşma məlumdur [1].

Birinci yanaşma – Verilənlərin intellektual təhlili (VİT) lokal mənbələrdən alınan bütün verilənləri birləşdirilmiş vahid verilənlər toplusuna daxil edir. İkinci yanaşmada VİT alqoritmləri müstəqil şəkildə verilənlərin yerli verilənlər toplusuna tətbiqini reallaşdırır və sonra nəticələrin qismən birləşdirilməsi aparılır. Üçüncü yanaşma – iki yanaşmanın birləşdirilməsi olaraq 4 mərhələyə bölünür:

- 1) yerli verilənlər toplusunun vahid verilənlər toplusunda birləşdirilməsi;
- 2) verilənlər toplusunda axtarış və səhvlərin aradan qaldırılması;

- 3) hesablamaların tapşırıqlar və ya verilənlər üzrə paralelləşdirilməsi;
- 4) nəticələrin qismən birləşdirilməsi.

Bu işdə üçüncü yanaşmanın tətbiqi məsələlərinə baxılır. Bu yanaşma qəbul edilmiş müddət ərzində hesablamaların paylanması və tapılmış səhvlərdən təmizlənmiş, tətbiq sahəsinə aid toplanmış biliklərdən daha yaxşı nəticələr əldə etməyə imkan verir [2].

VİT-də verilənlərin mənbələrinin paylanması və hesablamaların paylanması biliklərin çıxarılmasına çoxagentli yanaşmanı şərtləndirir, bu yanaşmada hər agent tapşırıq haqda müəyyən təsəvvürlərə malikdir və onun bəzi hissələrini yerinə yetirə bilər. Bu halda agentlər öz aralarında fəaliyyət göstərərək formalizə olunmayan məsələləri həll etməyə qadirdirlər.

Tətbiqi çoxagentli sistemlərin (ÇAS) işlənməsi iki mərhələdən ibarətdir: predmet sahəsinin analizi mərhələsi və tətbiqi sistemin analizi mərhələsi. Bu zaman analiz mərhələsinin məqsədi heç bir layihə detallarını təsvir etmədən sistemi və onun quruluşunu başa düşməkdir, layihələndirmə mərhələsinin məqsədi isə - analiz mərhələsində təsvir olunmuş mücərrəd həlləri və anlayışları daha aşağı abstraksiya səviyyəli modelə çevirməkdir.

Məqsəd çoxagentli sistemlərin işlənməsinin birinci mərhələsi hesab olunan predmet sahəsinin təhlilidir, burada agent modellərin təsvirindən və onların qarşılıqlı əlaqələrinin təsvirindən ibarət olan ÇAS-lərin təşkilati modelinin qurulması məsələsini həll etməlidir.

Predmet sahəsinin təhlili. Biliklərin verilənlər bazalarından çıxarılması prosesini 4 mərhələyə bölmək olar:

- Biliklərin çıxarılması məsələsinin qoyuluşu;
- Təhlil üçün verilənlərin toplanılmasına hazırlıq;
- Verilənlərin intellektual təhlili;
- Çıxarılmış biliklərin yadda saxlanması, tətbiqi və vizuallaşdırılması.

Məsələnin qoyuluşu mərhələsində biliklərin çıxarılması məqsədi, biliklərin çıxarılması üçün mənbələr, tələb olunan biliklər və onların keyfiyyətinə tələbatlar müəyyən edilir.

Növbəti mərhələdə müxtəlif mənbələrdən məlumatların toplanması, onların birləşdirilməsi və zənginləşdirilməsindən ibarət olan yüksək keyfiyyətli məlumat toplusunun təhlil üçün hazırlanması problemi həll edilir. Bu mərhələdə əsas problem məlumat mənbələrinin heterogenliyi ilə əsaslandırılır ki, bu da yerli mənbələrdən məlumatların spesifikasiyasında istifadə olunan terminlərin semantikasının qlobal birmənalılığının təmin edilməsi zərurətidir [3].

Təhlil üçün verilənlər toplusunun bir neçə mənbədən alınan məlumatları birləşdirərək formalaşmasının nəticəsi, analiz alqoritmlərinin işinə və çıxarılan biliklərin keyfiyyətinə təsir göstərə bilən çoxlu sayda səhvlərin olmasıdır. Mövcud məlumatlardan adekvat bilik əldə etmək üçün onların ilkin emalı üsullarından istifadə olunur. Onlara iki mərhələ daxildir: səhvlərin aşkar edilməsi və aradan qaldırılması. Birinci mərhələdə məlumatlar "çirklənmə" üçün yoxlanılır, onlarda xətalərin olub-olmaması və hansı növə aid olduğu müəyyən edilir.

Aşkar edilmiş çatışmazlıqlardan asılı olaraq növbəti mərhələdə təmizləmə, oxşarların birləşdirilməsi, ziddiyyətlərin aradan qaldırılması, çatışmayan dəyərlərin doldurulması və s. üçün müxtəlif alqoritmlər tətbiq edilir [4].

Verilənlər toplusunun ilkin emalından sonra VİT tapşırığı seçilir. VİT-in iki əsas vəzifəsi var: proqnozlaşdırma (təsnifat, reqressiya) və təsvir (klasterləşdirmə, vizuallaşdırma və assosiasiya qaydalarının axtarışı). Alqoritmlərin işini müqayisə etmək və optimal nəticəni seçmək üçün analiz tapşırığından asılı olaraq bir və ya bir neçə VİT alqoritmı seçilir.

Hər bir VİT alqoritmı mövcud ilkin məlumatlardan, hesablama resurslarından, həmçinin alınan nümunələrin tələb olunan növündən və keyfiyyətindən asılı olaraq öz tətbiq xüsusiyyətlərinə malikdir. Verilənlər toplusunu tətbiq olunan alqoritm baxımından optimal olan konkret təsvirə, formata və ya formaya çevirmək üçün aşağıdakı prosesləri özündə birləşdirən ikinci dərəcəli məlumat emalı həyata keçirilir:

- anomal qiymətlərin axtarışı;
- kodlaşdırma və normallaşdırma;

- ən əhəmiyyətli atributların seçilməsi;
- atribut sahəsinin ölçülərinin azalması;
- qruplaşdırma, filtrləmə və toplama;
- proqnozlaşdırma probleminin həlli üçün təlim və sınaq nümunələrinin hazırlanması.

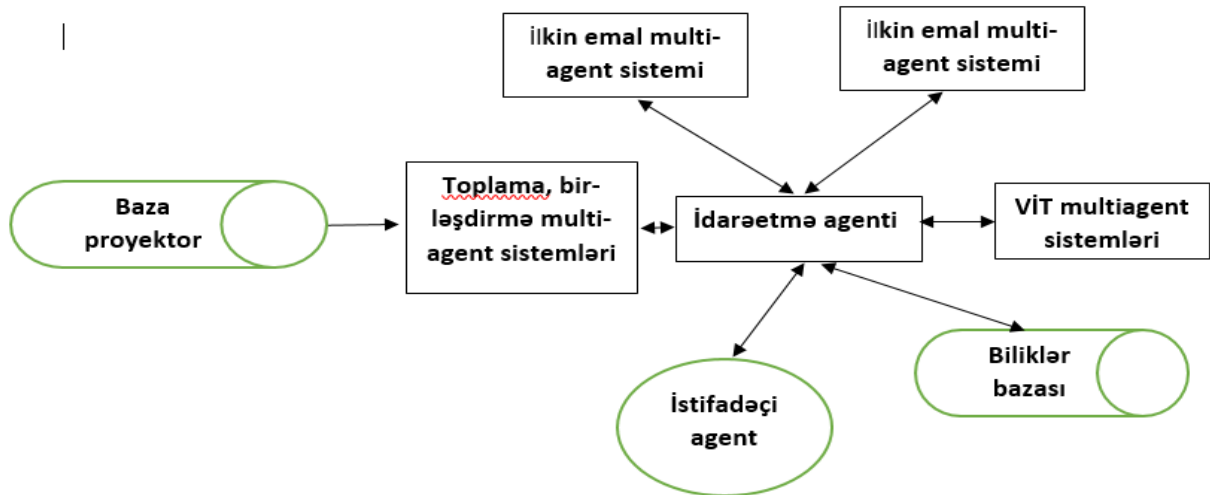
Məlumat toplusunun hazırlanması prosesinin çıxışında həll olunan problem baxımından optimal formata gətirilmiş, aşkar edilmiş xətalardan təmizlənmiş və seçilmiş VİT alqoritmlərinin tətbiqi üçün uyğun olan verilənlər toplusu formalaşır.

VİT mərhələsində seçilmiş alqoritmlər istənilən nəticə əldə olunana qədər müxtəlif parametrlərlə bir neçə dəfə tətbiq oluna bilər. İlk verilənlər toplusunda tətbiq edilən VİT-* alqoritmının keyfiyyətini müəyyən etmək üçün birinci mərhələdə qarşıya qoyulan məqsədlər nəzərə alınmaqla əldə edilmiş asılılıqlar qiymətləndirilir və şərh edilir. Bu mərhələdə çıxarılan biliklərin adekvatlığı və əhəmiyyəti yoxlanılır - əldə edilmiş biliklər istifadə olunan verilənlər toplusu üçün təsadüfi olub-olmaması və bütövlükdə bu mövzu sahəsi üçün qeyri-səciyyəvidir. Modelin adekvatlığının müstəqil qiymətləndirilməsini əldə etmək üçün sınaq onun qurulmasında iştirak etməyən yeni məlumatlar üzərində aparılır, sınaq üçün istifadə olunan məlumatlar isə model imzasına uyğun olmalıdır.

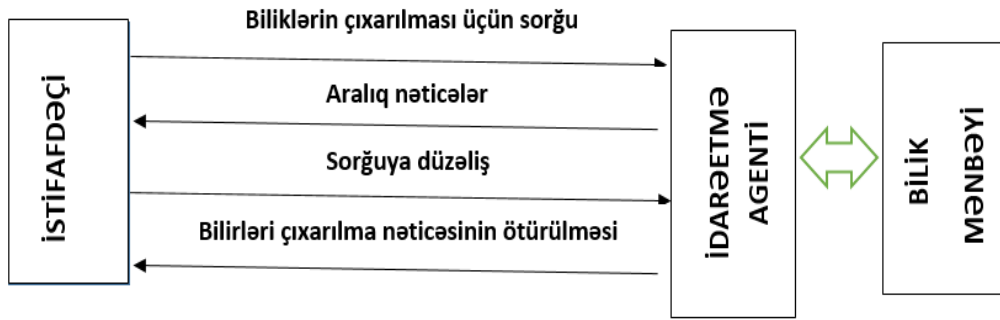
Son mərhələ çıxarılan biliyin tətbiqi və vizuallaşdırılmasıdır ki, bu zaman əldə edilmiş biliklər bəzi ilkin məlumatların model daxilinə təqdim edilməsi və göstərilən çıxış nəticəsinin əldə edilməsi yolu ilə yeni problemlərin həlli üçün tətbiq edilir. Modelin istifadəsi zamanı istifadəçi modeli tətbiq edərkən hansı məlumatlara ehtiyacı olduğunu dəqiqləşdirməlidir. Bu, modelin yeni məlumatlara tətbiqini optimallaşdırmağa imkan verəcəkdir [5].

Paylanmış heterogen ALS verilənlər bazalarından bilik çıxarma sisteminin multiagent arxitekturası aşağıdakılardan ibarətdir: predmet oblastının analizi və bütün sistemin işini əlaqələndirmək üçün məsul olan komponentlər (şək. 1).

Təhlil üçün verilənlər toplusunun hazırlanmasının birinci mərhələsində - biliklərin çıxarılması məqsədinin qoyulması - ÇAS iki əlaqələndirici agentdən (şəkil 2) ibarətdir: istifadəçi və interfeys agent.



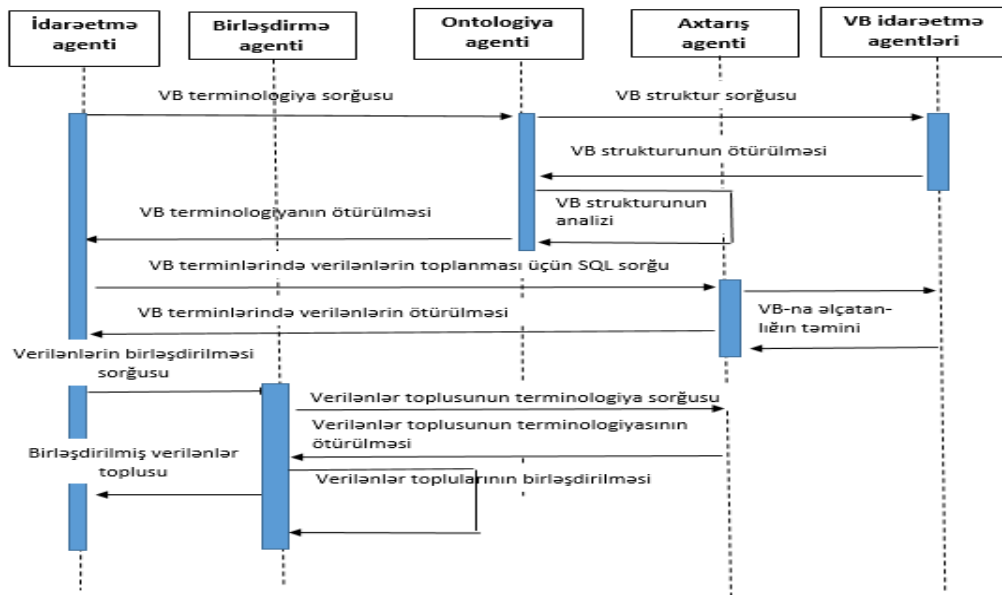
Şəkil 1. Verilənlər bazasından biliklərin çıxarılması üçün ÇAS-ın təşkilati strukturu.



Şəkil 2. İstifadəçi və idarəedici agentin qarşılıqlı əlaqəsi.

Məlumatların toplanması, birləşdirilməsi və zənginləşdirilməsi mərhələsində multiagent sistemləri aşağıdakılardan ibarətdir:

- Ontologiya agentı - yerli mənbələrin məlumat strukturlarının predmet sahəsinin ontologiyasının şərtləri ilə təhlili və müqayisəsinə cavabdehdir;
- Verilənlər bazasının idarəetmə agentləri — yerli mənbənin məlumat strukturu haqqında məlumatlara malikdir və yerli mənbənin məlumatlarına çıxışın təmin edildiyi şlüz rolunu oynayır;
- axtarış agentləri – yerli mənbələrdə ardıcıl (bir agent) və ya paralel (bir neçə agent) məlumat axtarışına cavabdehdir. Paralel məlumat axtarışının üstünlüyü yüksək məhsuldarlıqlı hesab olunur, çünki axtarış bütün verilənlər bazalarında eyni vaxtda bir neçə agent tərəfindən həyata keçirilir. Paralel məlumat axtarışının çatışmazlığı məlumat toplusunun axtarış agentindən idarəetmə agentinə ötürülməsi zamanı şəbəkədə yüksək yükün olmasıdır;
- verilənlərin birləşdirilməsi agentı – bir neçə verilənlər toplusunu bir yerdə birləşdirməyə cavabdehdir.

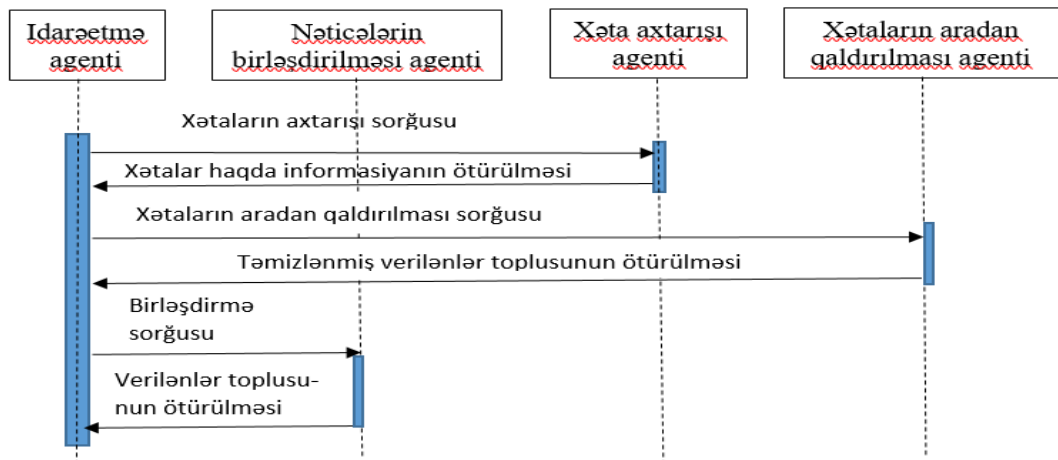


Şəkil 3. Analiz üçün verilənlərin toplanması və birləşdirilməsi multiagent sistemləri.

Verilənlər toplusunun xaricdən zənginləşdirilməsi tapşırığı müxtəlif axtarış meyarları, informasiya bazaları ilə əlaqədə məlumatların toplanması və birləşdirilməsi multiagent sistemləri ilə həll edilə bilər.

Verilənlər toplusunun ilkin emalının multiagent sistemləri. Verilənlər toplusunun ilkin emalı mərhələsində multiagent sistemlər (şəkil 4) aşağıdakılardan ibarət olur:

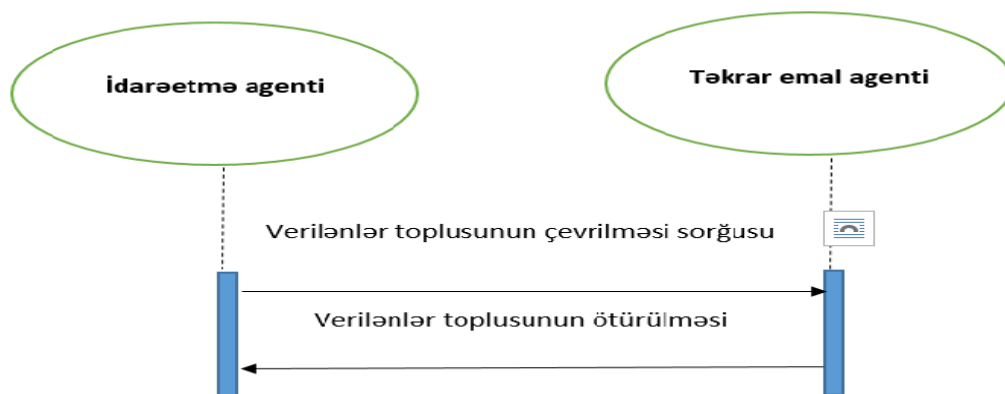
- səhvlərin axtarışı agentləri - verilənlər toplusunda seçilmiş səhvlərin ardıcıl (bir agent) və ya paralel (bir neçə agent) axtarışına cavabdehdir;
- səhvlərin aradan qaldırılması agentləri – seçilmiş səhvlərin ardıcıl (bir agent) və ya paralel (bir neçə agent) aradan qaldırılmasına cavabdehdir;
- Nəticələrin birləşdirilməsi agentləri - Sazlamanın xüsusi nəticələrini vahid verilənlər bazasında birləşdirmək üçün cavabdehdir (paralel sazlama üçün).



Şəkil 4. Verilənlər toplusunun ilkin emalı multiagent sistemləri.

Qeyd edək ki, verilənlər toplusunun keyfiyyəti hər bir xətanın aradan qaldırılma ardıcılığından asılı olaraq fərqlənə bilər. Verilənlər toplusunun keyfiyyətini yaxşılaşdırmaq üçün müəyyən verilənlər toplusu üçün optimal ardıcılığı müəyyən etmək üçün səhvlərin aradan qaldırılmasının fərqli ardıcılığı ilə ilkin emal aparmaq lazımdır. Bu halda keyfiyyətin qiymətləndirilməsi meyarı məlumat dəstlərinin keyfiyyətinin ekspert qiymətləndirməsi ola bilər.

Verilənlər toplusunun təkrar emalının multiagent sistemləri. Verilənlər toplusunun təkrar emalı mərhələsində (şək. 5) idarəetmə agent verilənlər toplusunu emal etmək üçün təkrar emal agentinə sorğu göndərir. Təkrar emal agentlərinin sayı analiz üçün istifadəçi tərəfindən seçilmiş alqoritmlərin sayı ilə müəyyən edilir.



Şəkil 5. Verilənlər toplusunun təkrar emalının multiagent sistemləri.

Verilənlərin təkrar emalı agentləri idarəetmə agentlərindən verilənlərin hansı formada olması haqda informasiyanı alır, onların üzərində lazımi dəyişiklikləri aparır və sonrakı analizə ötürürlər.

Verilənlərin intellektual analizləri multiagent sistemləri. Bu mərhələdə multiagent sistemlər aşağıdakılardan ibarət olurlar:

- hesablama agentləri – VİT agentlərinə öz hesablama resurslarını təqdim edir;
- analiz nəticələrinin müqayisəsi agentləri – analiz nəticələrinin seçilmiş kriteriya üzrə müqayisəsinə cavabdehdir;
- biliklər bazasının idarəetmə agentləri – çıxarılmış biliklərin yadda saxlanması üçün idarəetmə agentinin biliklər bazasına əlçatanlığını təmin edir.

Ədəbiyyat

- [1]. Радченко, И.А. Интеллектуальные мультиагентные системы. Учебное пособие / И.А.Радченко, –СПб.: БГТУ, –2006. –88с.
- [2]. Тарасов, В.Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: философия, психология, информатика / В.Б.Тарасов. – М. : Эдиториал УРСС, –2002. –352 с.
- [3]. Səlimova, M.R. Obyektyönlü proqramlaşdırma dilinin tətbiqi ilə multiagent sistemlərin layihələndirilməsinin bəzi aspektləri // Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XXIII Respublika elmi konfransı, –Bakı: Az.İMU, –2019. –s.83-87
- [4]. Səlimova, M.R. Unifikasiyalı modelləşdirmə dilinin tətbiqi ilə multiagent sistemlərin layihələndirilməsinin bəzi aspektləri / M. R. Q. Səlimova // Elmi xəbərlər. Təbiət və Texniki Elmlər Bölməsi. –2019. –Vol.19, No.4. –P.86-93.
– EDN ZNJKZD. <https://elibrary.ru/item.asp?id=43167234>
- [5]. Hyseynov, A.H. Agent technology at computing option of flexible manufacture system element and composed structure. / A.H.Huseynov // Advanced Mathematical Models and Applications, volume 1, №1, 2016, p. 20-27
- [6]. Лихтенштейн, В.Е. Мультиагентные системы: самоорганизация и развитие / В. Е. Лихтенштейн, В. А. Конявский, Г. В. Росс [и др.] – М.: Финансы и статистика, – 2018. – 264 с.

Summary

Development of a multi-agent system for organizing a knowledge base based on distributed heterogeneous databases of computer-aided design systems

Hyseynov A.H., Salimova M.R., Huseynzadeh A.E.

Keywords: multiagent systems, control agent, heterogeneous, data, knowledge.

The article discusses the process of extracting knowledge from distributed databases of computer-aided design systems with different information structures. The goal is to develop a subsystem architecture for extracting knowledge from distributed heterogeneous databases. A model of a multiagent system has been developed to extract knowledge from distributed heterogeneous databases. The main models of agents and their interaction with each other are described.

Резюме

Разработка многоагентной системы организации базы знаний на основе распределенных гетерогенных баз данных систем автоматизированных проектирования

Гусейнов А.Г., Салимова М.Р., Гусейнзаде А.Э.

Ключевые слова: многоагентные системы, управляющий агент, гетерогенные, данные, знания.

В статье рассматривается процесс извлечения знаний из распределенных баз данных систем автоматизированного проектирования с различной информационной структурой. Цель состоит в том, чтобы разработать архитектуру подсистемы для извлечения знаний из распределенных разнородных баз данных. Разработана модель мультиагентной системы для извлечения знаний из распределенных разнородных баз данных. Описаны основные модели агентов и их взаимодействие друг с другом.

Z-informasiyaya əsaslanan interpolasiya üsulu**Cabbarova Könül İmran qızı** [ORCID](https://orcid.org/)*Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Bakı, Azərbaycan, dosent*konul.jabbarova@mail.ru

MƏQALƏ HAQQINDA MƏLUMAT	XÜLASƏ
Məqalənin tarixçəsi Daxilolma tarixi: 06.03.2025 Düzəliş tarixi: 20.05.2025 Qəbulolunma tarixi: 19.09.2025	Məqalə qeyri-səlis qaydalar üçün ümumi interpolasiya üsulunun Z-informasiyaya əsaslanan ƏGƏR-ONDA qaydalarına genişləndirilməsinə həsr olunmuşdur. Təklif olunan yanaşma cari müşahidə və əvvəlki qaydalar arasındakı məsafənin müəyyən edilməsinə əsaslanır. Üsul nisbətən aşağı hesablama mürəkkəbliyinə malikdir. İrəli sürülən yanaşmanın tətbiqi misal üzərində göstərilmişdir.
Açar sözlər Z-ədədlər, interpolasiya, Z-qaydalar	

Qeyri-səlis qaydaların interpolasiya nəzəriyyəsi qeyri-səlis qaydalar bazasının mürəkkəbliyini azaltmaq sahəsindəki unikal üstünlükləri səbəbindən son illərdə geniş araşdırılan bir sahəyə çevrilmişdir [1]. Tətbiq olunan ilk qeyri-səlis qaydaların interpolasiyası üsulu məsafənin azaldılmasına əsaslanan qeyri-səlis qaydaların interpolasiya adlandırıldı. Yaxınlaşmanın və mürəkkəbliyin azalmasının müxtəlif aspektlərində faydalı xüsusiyyətlərinə baxmayaraq, bəzi əhəmiyyətli çatışmazlıqlara da malikdir. Bu, tədqiqatçıları çatışmazlıqları aradan qaldırmaq üçün müxtəlif interpolasiya üsullarını inkişaf etdirməyə sövq etdi. Bu səbəbdən, [1] -də əsas fikir qısaldılmış məsafələrin interpolasiyası əvəzinə əlaqələrin interpolasiyasına əsaslanan bir yol təklif olunur. Təklif olunan interpolasiya münasibətləri konsepsiyası burada qeyri-səlis və semantik münasibətlərdən istifadə etməklə hazırlanmışdır.

[2]-də bütövlükdə sistemin əhatə dairəsini və səmərəliliyini artırmaq üçün interpolasiya qaydalarından istifadə edərək qeyri-səlis qaydaların dinamik interpolasiyası (D-FRI) kimi adlanan yanaşma irəli sürülür. Yaranan D-FRI sistemi interpolativ mülahizələri yerinə yetirərkən mövcud qayda bazası ilə birləşmə üçün informativ, tez-tez istifadə olunan interpolasiya edilmiş qaydaları seçə, birləşdirə və ümumiləşdirə bilir. Sistemə eksperimental tədqiqatlar göstərir ki, D-FRI artan dəqiqlik və etibarlılıq sayəsində a ənənəvi FRI texnikalarından üstündür [2].

Qeyri-səlis qaydaların interpolasiyası qeyri-səlis qayda bazası sistemlərində nəticə çıxarmaqla qeyri-səlis modellərin möhkəmliyini artırmaq üçün faydalı vasitə təklif edir [3]. Bununla belə, praktiki tətbiqlərdə qeyri-səlis sistemlərin tətbiq sahəsi daha mürəkkəb olanlara genişləndikcə, adi qeyri-səlis sistemlərdə ölçü problemi yaradır. Bu da nəticə çıxarmaq və interpolasiya kimi onsuz da çətin olan prosesi daha da çətinləşdirir. Bu məqsədlə [3]-də iyerarxik qeyri-səlis interpolasiyanın ilkin ideyası təklif olunur. Təklif olunan yanaşma iyerarxik qeyri-səlis sistemləri və qeyri-səlis sistemləri və qeyri-səlis qayda interpolasiyasını birləşdirir. İyerarxik qeyri-səlis interpolasiya çoxlu çox-əvvəlki qaydalar sisteminin çoxqatlı qeyri-səlis sistemə yenidən qurulması lazım olduğu və alt qat qaydaları bazasının seyrək olduğu vəziyyətlərə tətbiq edilir. Bu yanaşmanın potensialını nümayiş etdirmək üçün [3]-də beynəlxalq turist otellərinin yer seçimi üçün iyerarxik qeyri-səlis qərar qəbul etmə modeli təqdim edilmişdir.

[4]-də qeyri-səlis məlumatların interpolasiyası üçün qeyri-səlis Lanqranj interpolasiyası və təbii qeyri-səlis splayn polinomlarından istifadə edilir. Qeyri-səlis polinomları optimallaşdıraraq

qeyri-səlis interpolasiya tətbiq edilir və qeyri-səlis funksiyanın ən yaxşı yaxınlaşmasına nail olmaq üçün qeyri-səlis məlumat interpolasiyası araşdırılır.

[5]-də lingvistik terminlərin dəyişdirilməsi və qütb kəsmə konsepsiyasından istifadə edərək qeyri-səlis qaydaların interpolasiyasına əsaslanan yeni bir nəticə çıxarma texnologiyası təklif olunur. Buna FRİPOC (qütb kəsiklərinə əsaslanan qeyri-səlis qayda interpolasiyası) deyilir və seyrək və sıx qayda bazaları halında da tətbiq olunur. Əsas üstünlükləri onun başa düşülən, ekstrapolyasiya qabiliyyəti və hətta bir və ya bir neçə qeyri-səlis çoxluğun hündürlüyü birdən kiçik olsa belə tətbiq oluna bilməsidir.

Qeyri-səlis qaydalara əsaslanan praktik tətbiqlər arasında qeyri-səlis qaydalara görə az interpolasiya üsuluna rast gəlmək olar [6]. Bir tərəfdən FRİ üsulları geniş tanınmır və bir çoxunun praktik tətbiqə baxımından məhdudiyyətləri var, məsələn, yalnız birölçülü bir vəziyyətdə tətbiq oluna bilər və ya ən yaxın iki real müşahidə qaydası əsasında müəyyən edilə bilər. Digər tərəfdən, seyrək qayda bazalarının tətbiq olunmasına imkan verməklə, FRİ üsulları qeyri-səlis qaydalar bazasının yaradılmasını çox asanlaşdırır. Bu üsullar ekspert çıxarılan qaydalarla işləməkdən xilas edə bilər və yalnız kardinal hərəkətlərə diqqət yetirməyə kömək edə bilər və buna görə də qaydalar bazasının yaradılmasını asanlaşdırır [6].

Bu məqalədə qeyri-səlis qaydalar üçün [1] ümumi interpolasiya üsulunun Z-ədədli qaydalara genişlənməsinə həsr edilmişdir.

Təriflər

Tərif 1. Z-ədədlər arasındakı məsafə [7]. Z-ədəd qeyri-səlis A-ədədi və qeyri-səlis B-ədədi və G ehtimal paylanmaları çoxluqları ilə xarakterizə olunduğu üçün Z-ədədləri arasındakı $D(Z_1, Z_2)$ məsafəni aşağıdakı kimi təyin etmək təklif olunur.

A_1 və A_2 arasındakı məsafə

$$D(A_1, A_2) = \sup_{\alpha \in (0,1]} D(A_1^\alpha, A_2^\alpha), \quad (1)$$

$$D(A_1^\alpha, A_2^\alpha) = \left| \frac{A_{11}^\alpha + A_{12}^\alpha}{2} - \frac{A_{21}^\alpha + A_{22}^\alpha}{2} \right|. \quad (2)$$

kimi təyin olunur.

A_1^α və A_2^α A_1 və A_2 -nin müvafiq α -kəsikləridir, $A_{11}^\alpha, A_{12}^\alpha$ A_1^α -nin aşağı və yuxarı sərhədləridir (uyğun olaraq, $A_{21}^\alpha, A_{22}^\alpha$ A_2^α -nin). B_1 və B_2 arasındakı məsafə aşoloji olaraq hesablanır.

Biz Z_1 və Z_2 -yə uyğun p_1 və p_2 ehtimal paylanmalarına müvafiq G_1 və G_2 çoxluqları arasında məsafəni təyin edirik. p_1 və p_2 arasındakı məsafə aşağıdakı kimi ifadə oluna bilər:

$$D(G_1, G_2) = \inf_{p_1 \in G_1, p_2 \in G_2} \left\{ \left(1 - \int_R (p_1 p_2)^{\frac{1}{2}} dx \right)^{\frac{1}{2}} \right\} \quad (3)$$

(3)-də fiqurlu mötərizə içərisindəki p_1 və p_2 iki ehtimal sıxlığı funksiyası arasındakı Heellinger məsafəsidir. $\inf$ operatoru $p_1 \in G_1$ və $p_2 \in G_2$ iki ehtimal sıxlığı funksiyasına yaxın məsafənin tapılması üçün istifadə olunur. Başqa sözlə, iki yaxın $p_1 \in G_1$ və $p_2 \in G_2$ cütü $D(G_1, G_2)$ məsafəsinə təyin etmək üçün bütün mümkün paylama cütləri arasında ən yaxın $p_1 \in G_1$ və $p_2 \in G_2$ cütü tapılır.

$$D(A_1, A_2), D(B_1, B_2) \text{ və } D(G_1, G_2) \text{ verilmişdir və Z-ədədlər arasındakı məsafə} \\ D(Z_1, Z_2) = \beta D(A_1, A_2) + (1 - \beta) D_{\text{ümumi}}(B_1, B_2). \quad (4)$$

kimi müəyyən edilir.

$$(B_1, B_2) = w D(B_1, B_2) + (1 - w) D(G_1, G_2), \quad (5)$$

kimi müəyyən edilir, harada ki, $\beta, w \in (0,1)$ istifadəçinin təyin etdiyi dərəcələrdir, hansı ki, Z-ədədlər arasındakı məsafənin hesablanması üçün A, B və G cütlərinin əhəmiyyətinin ölçmək üçün istifadə olunur.

Tərif 2. Z-ədədlərin müqayisəsi [7]. Z-Z-ədədləri üçün Z'

$$Z \leq Z' \text{ iff } D(Z, Z^*) \geq D(Z', Z^*)$$

şərtini ödəyir, harada ki, D məsafəsi ((1)-(5)düsturları) Tərif 6-ya əsas təyin olunur. $Z^* = (A, B)$ Z-ədədinin komponentləri qeyri-səlis sinqltonlardır: 1) $A = \bar{a}$, $\bar{a} \in R$ fəzasının univertsumunun

yuxarı sərhəddir; 2) $B = 1$. Beləliklə, Z^* ideal (yüksək) Z -ədəddir. – A ekstremal dəyərini alır və etibarlılığı 100%-dir. Beləliklə, əgər Z' ideal Z^* Z -ədədinə daha yaxındır-sa Z' Z -ədədi Z -yə nisbətən yüksəkdir.

Nəzərdən keçirilən münasibət $\leq$ qismən nizamlıdır [7].

Məsələnin qoyuluşu.

Z -qaydalarının interpolyasiyası problemi aşağıdakı kimi tərtib edilmişdir [8,9].

Aşağıdakı Z qaydaları nəzərə alınmaqla:

Qayda 1: ƏGƏR $X_1 Z_{X_1,1} = (A_{X_1,1}, B_{X_1,1})$ -dirsə və, ..., və $X_m Z_{X_m,1} = (A_{X_m,1}, B_{X_m,1})$ -dirsə

ONDA $Y Z_Y = (A_{Y,1}, B_{Y,1})$ -dir

Qayda 2: ƏGƏR $X_1 Z_{X_1,2} = (A_{X_1,2}, B_{X_1,2})$ -dirsə və, ..., və $X_m Z_{X_m,2} = (A_{X_m,2}, B_{X_m,2})$ -dirsə

ONDA $Y Z_Y = (A_{Y,2}, B_{Y,2})$ -dir

.

Qayda n : ƏGƏR $X_1 Z_{X_1,n} = (A_{X_1,n}, B_{X_1,n})$ -dirsə və, ..., və $X_m Z_{X_m,n} = (A_{X_m,n}, B_{X_m,n})$ -

dirsə ONDA $Y Z_Y = (A_{Y,n}, B_{Y,n})$ -dir

və cari girişlər

$X_1 Z'_{X_1} = (A'_{X_1}, B'_{X_1})$ -dir və, ..., və $X_m Z'_{X_m} = (A'_{X_m}, B'_{X_m})$ -dir,

Y -in Z -qiymətini tapın.

[1]-də verilmiş qeyri-səlis qaydalar üçün ümumi interpolasiya üsulunun Z -ədədli qaydalara genişlənməsini təklif edirik. Əsas fikir eyni olaraq qalır: əgər cari $Z' = (Z'_{X_1}, \dots, Z'_{X_m})$ müşahidə vektorunun komponentləri əvvəlki $Z_1 = (Z_{X_1,1}, \dots, Z_{X_m,1})$, $Z_2 = (Z_{X_1,2}, \dots, Z_{X_m,2})$ iki qaydanın vektorlarının komponentləri “arasındadırsa”, onda müvafiq nəticə ardıcılığın xətt kombinasiyası kimi hesablanır. Bu birləşmənin əmsalları hər bir sonrakı qaydanın nəticəyə təsirini əks etdirir [1].

Z -ədədli qaydalar üçün təklif olunan ümumi interpolyasiya üsulu aşağıda təsvir olunan addımları əhatə edir:

Mərhələ 1. $Z' = (Z'_{X_1}, \dots, Z'_{X_m})$ cari müşahidə və əvvəlki qaydaların $Z_1 = (Z_{X_1,1}, \dots, Z_{X_m,1})$, $Z_2 = (Z_{X_1,2}, \dots, Z_{X_m,2})$ vektorları üçün şərtlərin yerinə yetirildiyini yoxlamaq lazımdır:

$Z_{X_1,1} \leq Z'_{X_1} \leq Z_{X_1,2}$ (və ya $Z_{X_1,2} \leq Z'_{X_1} \leq Z_{X_1,1}$), ..., $Z_{X_m,1} \leq Z'_{X_m} \leq Z_{X_m,2}$ (və ya $Z_{X_m,2} \leq Z'_{X_m} \leq Z_{X_m,1}$).

Tərif 2-dən istifadə edərək bu şərtlər aşağıdakı kimi təsvir edilir:

$$\begin{aligned} D(Z_{X_1,1}, Z_1^*) \geq D(Z'_{X_1}, Z_1^*) \geq D(Z_{X_1,2}, Z_1^*) \quad (\text{və ya } D(Z_{X_1,1}, Z_1^*) \leq D(Z'_{X_1}, Z_1^*) \leq \\ D(Z_{X_1,2}, Z_1^*)), \dots, D(Z_{X_m,1}, Z_m^*) \geq D(Z'_{X_m}, Z_m^*) \geq D(Z_{X_m,2}, Z_m^*) \quad (\text{və ya } D(Z_{X_m,1}, Z_m^*) \leq \\ D(Z'_{X_m}, Z_m^*) \leq D(Z_{X_m,2}, Z_m^*)) \end{aligned} \quad (6)$$

harada ki, $Z_1^*, \dots, Z_m^*$ ideal Z -ədədlərdir.

Mərhələ 2. Əgər (6) -da verilən şərtlər ödənirsə, onda Z' cari müşahidə vektoru və əvvəlki iki qaydaların vektorları arasındakı $D_v(Z', Z_1)$ və $D_v(Z', Z_2)$ məsafələrinin qiymətləri aşağıdakı kmim hesablanır:

$$\begin{aligned} D_v(Z', Z_1) &= \sqrt{D^2(Z'_{X_1}, Z_{X_1,1}) + \dots + D^2(Z'_{X_m}, Z_{X_m,1})}, \\ D_v(Z', Z_2) &= \sqrt{D^2(Z'_{X_1}, Z_{X_1,2}) + \dots + D^2(Z'_{X_m}, Z_{X_m,2})} \end{aligned} \quad (7)$$

harada ki, D Z -ədədlər arasındakı məsafədir (Tərif 1)).

Mərhələ 3. Mərhələ 2-də verilmiş və hesablanmış $D_v(Z', Z_1)$ və $D_v(Z', Z_2)$ $w_j, j = 1, 2$ interpolasiya əmsallarını (çəkili) hesablamaq üçün lazımdır. Z' cari müşahidə vektorunun Z_j əvvəlki müşahidə vektoruna olan məsafəsi nə qədər az olarsa, cəki $w_j, j = 1, 2$ bir o qədər yüksəkdir. Eyni zamanda, cəkilər $w_j, j = 1, 2$ və $w_1, w_2 \in [0, 1]$ şərtlərini ödəməlidir və $w_1 + w_2 = 1$ olmalıdır. Bunu nəzərə alaraq aşağıdakı düsturdan istifadə etmək olar:

$$w_j = 1 - \frac{D_v(Z', Z_j)}{D_v(Z', Z_1) + D_v(Z', Z_2)}, j = 1, 2, \quad (8)$$

Sübhəsiz ki, $w_1, w_2 \in [0, 1]$ və $w_1 + w_2 = 1$.

Mərhələ 4. Nəticəvi çıxış 1-ci və 2-ci qaydaların çıxışlarının (consequence) cəkili cəmi kim hesablanır:

$$Z' = w_1 Z_{Y_1} + w_2 Z_{Y_2}, \quad (9)$$

harada ki, $Z_{Y,j}$ j -cu qaydanın Z -qiymətli çıxışı, $w_j, j = 1, 2$ Mərhələ 3-də hesablanmış xətti interpolasiyanın çəkiliyədir.

Təklif olunan yanaşmanı göstərmək üçün nümunəni nəzərdən keçirək.

Misal. Aşağıdakı Z -qaydalar nəzərdən keçirilir [9]:

Qayda 1: ƏGƏR $X_1 Z_{X_1,1} = (A, T)$ -dirsə və $X_2 Z_{X_2,1} = (A, A)$ -dirsə və $X_3 Z_{X_3,1} = (Y, T)$ -dirsə ONDA $Y Z_{Y,1} = (A, A)$ -dir;

Qayda 2: ƏGƏR $X_1 Z_{X_1,2} = (O, A)$ -dirsə və $X_2 Z_{X_2,2} = (Y, H)$ -dirsə və $X_3 Z_{X_3,2} = (A, A)$ -dirsə ONDA $Y Z_{Y,2} = (ÇY, T)$ -dir.

Üçbucaqşəkilli qeyri-səlis ədədlər (TFN) ilə təsvir edilən linqvistik termlərin codebook-u Cədvəl 1, 2-də verilmişdir.

Cədvəl 1.

<i>Z-ədədin A hissəsi üçün linqvistik termlər</i>		
Miqyas	Məmuunluğun səviyyəsi	Linqvistik qiymətlər
	Çox Aşağı (ÇA)	(1,1,2)
	Aşağı (A)	(1,2,3)
	Orta (O)	(2,3,4)
	Yüksək (Y)	(3,4,5)
	Çox Yüksək (ÇY)	(4,5,5)

Cədvəl 2.

<i>Z-ədədin B hissəsi üçün linqvistik termlər (Etibarlılıq)</i>		
Miqyas	Məmuunluğun səviyyəsi	Linqvistik qiymətlər
	Hərdənbir (H)	(0.05,0.25,0.5)
	Tez-tez (T)	(0.25,0.5,0.85)
	Adətən (A)	(0.5,0.85,1)

Cari girişlər üçbucaqşəkilli qeyri-səlis ədədlərə (TFN) əsaslanan hissələrdən ibarət olan Z - ədədlər ilə təsvir olunur:

$$X_1 - Z'_{X_1} = ((1.5 \quad 2.5 \quad 3.5)(0.35 \quad 0.65 \quad 0.95)),$$

$$X_2 - Z'_{X_2} = ((2.5 \quad 3.5 \quad 4.5)(0.2 \quad 0.4 \quad 0.6)), \text{ və}$$

$$X_3 - Z'_{X_3} = ((2.5 \quad 3.5 \quad 4.5)(0.35 \quad 0.65 \quad 0.95)) - \text{dir.}$$

Cari girişlər vektoru aşağıdakı kimi olsun:

$$Z' = (Z'_{X_1} = ((1.5 \quad 2.5 \quad 3.5)(0.35 \quad 0.65 \quad 0.95)),$$

$$Z'_{X_2} = ((2.5 \quad 3.5 \quad 4.5)(0.2 \quad 0.4 \quad 0.6)),$$

$$Z'_{X_3} = ((2.5 \quad 3.5 \quad 4.5)(0.35 \quad 0.65 \quad 0.95)))$$

Hər bir qaydada olan girişlər vektoru aşağıda verilmişdir:

$$Z_1 = (Z_{X_1,1} = (A, T), Z_{X_2,1} = (A, A), Z_{X_3,1} = (Y, T)),$$

$$Z_2 = (Z_{X_1,2} = (O, A), Z_{X_2,2} = (Y, H), Z_{X_3,2} = (A, A)).$$

Y -in Z -qiymətini tapın.

Mərhələ 1-ə əsasən, şərtlər ardıcılığının yerinə yetirilməsi (6)-dan istifadə etməklə yoxlanılır:

$$D(Z_{X_1,2}, Z^*) = 1.17 \leq D(Z'_{X_1}, Z^*) = 1.6 \leq D(Z_{X_1,1}, Z^*) = 1.99$$

$$D(Z_{X_2,2}, Z^*) = 0.69 \leq D(Z'_{X_2}, Z^*) = 1.6 \leq D(Z_{X_2,1}, Z^*) = 1.87,$$

$$D(Z_{X_3,1}, Z^*) = 0.59 \leq D(Z'_{X_3}, Z^*) = 0.9 \leq D(Z_{X_3,2}, Z^*) = 1.87.$$

Beləliklə, şərtlər ardıcılığı ödənilir.

Mərhələ 2-də, (7)-yə əsasən $D_v(Z', Z_1)$ və $D_v(Z', Z_2)$ məsafələrinin qiymətləri hesablanır:

$$D_v(Z', Z_1) = \sqrt{0.43^2 + 1.24^2 + 0.43^2} = 1.38$$

$$D_v(Z', Z_2) = \sqrt{0.43^2 + 0.45^2 + 1.13^2} = 1.29$$

3-cü Mərhələdə (8) vasitəsilə interpolasiya çəkilişi tapılır:

$$w_1 = 1 - \frac{D_v(Z', Z_1)}{D_v(Z', Z_1) + D_v(Z', Z_2)} = 1 - \frac{1.38}{1.38 + 1.29} = 0.48,$$

$$w_2 = 1 - \frac{D_v(Z', Z_2)}{D_v(Z', Z_1) + D_v(Z', Z_2)} = 1 - \frac{1.29}{1.38 + 1.29} = 0.52.$$

Mərhələ 4-də, (9)-dan istifadə edərək nəticəvi çıxış tapılır:

$$Z_y = w_1 Z_{y,1} + w_2 Z_{y,2} = 0.48 * (A, A) + 0.52 * (\text{ÇY}, T) = (2.56, 3.56, 4.04)(0.43, 0.7, 0.79)$$

Bu Z -ədəd (O, A) kimi adlandırıla bilər.

Ədəbiyyat

- [1]. Huang, Z. Rule Model Simplification / PhD thesis, University of Edinburgh, –UK, –2006.
- [2]. Naik, N., Diao, R.; Shen, Q. Dynamic Fuzzy Rule Interpolation and Its Application to Intrusion Detection // IEEE Transactions on Fuzzy Systems, –2018. 26(4), – p.1878–1892
- [3]. Jiang, Y., Jin, Sh., Peng, J. Hierarchical Fuzzy Rule Interpolation and its Application for Hotels Location Selection // International Journal of Cognitive Informatics and Natural Intelligence, – 2016. 10(1), –p.55-79
- [4]. Khodaparast, E. Interpolation of fuzzy data // Journal of Fundamental and Applied Sciences, – 2017. 9(2S), –p.1191-1201
- [5]. Johanyák, Z.C., Szilveszter, K. Fuzzy Rule Interpolation Based on Polar Cuts // Computational Intelligence, Theory and Applications, –2006. 38. –p.499-511. DOI:10.1007/3-540-34783-6_49
- [6]. Jiang, Y., Jin, Sh., Peng, J. Hierarchical Fuzzy Rule Interpolation and its Application for Hotels Location Selection // International Journal of Cognitive Informatics and Natural Intelligence, – 2016. 10(1), –p.55-79. DOI: 10.4018/IJCINI.2016010104
- [7]. Aliev, R.A., Guirimov, B.G., Huseynov, O.H., Aliyev, R.R. Z-relation equation-based decision making / Expert System with Applications 184,– 2021, –p.115387
- [8]. Aliev, R. A., Huseynov, O.H., Zulfugarova, R.X. Z-Distance Based IF-THEN Rules / Scientific World Journal, –2016. – p.1-9
- [9]. Jabbarova, K.İ., Rzayeva U., Jabbarova A. Development of the method of general interpolation for Z-number-valued if-then rules / Mathematics and Cybernetics. Vol. 4 No. 4 (124) –2023, –p.10-26

Summary

An interpolation method based on Z-information

Cabbarova K I.

Keywords: *Z-numbers, interpolation, Z-rules*

The article is devoted to the extension of the general method of interpolation of fuzzy rules to I-informational *if-then* rules. The proposed approach is based on determining the distance between the current observation and the previous rules. The method has a low computational complexity. The application of the proposed approach is shown by an example.

Резюме

Метод интерполяции на основе Z-информации

Джаббарова К.И.

Ключевые слова: *Z-числа, интерполяция, Z-правила*

Статья посвящена расширению общего метода интерполяции нечетких правил на Z-информационные *если-то* правила. Предложенный подход основан на определении расстояния между текущим наблюдением и предыдущими правилами. Метод имеет низкую вычислительную сложность. Применение предложенного подхода показано на примере.

УДК 654.

DOI 10.54758/16801245_2025_25_3_83

Разработка функциональной схемы автоматизированной корпоративной информационной системы инженерного факультета СГУ

Алиева Арзу Габиль гызы [ORCID](#)

Сумгаитский государственный университет, Сумгаит, Азербайджан, д.ф.т., ст. преподаватель
arzu.aliyeva@sdu.edu.az

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ	РЕЗЮМЕ
История статьи Получено: 02.04.2025 Исправлено: 03.06.2025 Принято: 20.09.2025	<i>В целях обеспечения эффективной интеграции учебно-воспитательных, научных, производственных и коммерческих процессов инженерного факультета СГУ, а также взаимного информационного обмена с руководством и подразделениями СГУ спланирован регламент работы автоматизированной корпоративной информационной системы (АКИС) и создана общая функциональная схема. Основная функция АКИС, получившей название «СГУ-Инженеринг», заключается в обеспечении комплексной автоматизации основных видов образовательной, научной, производственной и коммерческой деятельности данного учреждения, осуществлении контроля качества организации учебного процесса посредством АКИС, повышении уровня подготовки специалистов инженерного профиля.</i>
Ключевые слова автоматизированная корпоративная информационная система (АКИС), функциональная схема модулей, модуль учебного процесса, электронный деканат, расписание уроков	

Выведение учебного процесса и научных работ ВУЗа на новый качественный уровень, поднятие уровня подготовки специалистов до международного уровня, корпоративное управление учебным процессом инженерно-ориентированных ВУЗов, научные работы, производственная деятельность и коммерциализация стартап-продуктов на базе по новым информационным технологиям и компьютерной технике считается одной из научных проблем.

В целях обеспечения эффективной интеграции учебных, научных, производственных и коммерческих процессов инженерного факультета СГУ и взаимного информационного обмена с руководством и кафедрами СГУ необходимо планировать и осуществлять общий порядок работы автоматизированной корпоративной информационной системы. должна быть установлена функциональная схема. Задача автоматизированной корпоративной информационной системы (АКИС), которая называется «СГУ-Инженеринг», — обеспечить комплексную автоматизацию основной учебной, научной, производственной и коммерческой работы этого учреждения, повысить уровень подготовки инженерных специалистов за счет контроля качества организации производственного процесса. образовательный процесс через АКИС.

С помощью АКИС «СГУ-Инженеринг» руководство факультета в короткие сроки использует все данные, необходимые для выполнения своих управленческих функций. В отличие от подобных систем, АКИС обладает следующими возможностями:

- его компоненты построены в модульном виде, что позволяет пользователю использовать необходимые компоненты;
- за счет возможности системной интеграции возможно прозрачное управление обменом данными между существующими модулями и информационными системами через сервисную шину;

- в зависимости от загруженности пользователя возможно использование сред ОС Windows и веб-сайтов;

- возможна гибкая настройка прав работы пользователя в системе;

- для работы с персональными данными используются сертифицированные компоненты Microsoft Windows Server, Microsoft SQL Server, Microsoft SharePoint.

На рисунке представлена функциональная схема модулей АКИС, обеспечивающая интеграцию для комплексной автоматизации процесса взаимного обмена между учреждениями инженерного факультета СГУ. АКИС под названием СГУ-Инженеринг состоит из следующих функциональных модулей :

1. Модуль контингента профессорско-преподавательского состава инженерного факультета.

2. Модуль студенческого контингента инженерного факультета.

3. Модуль учебного процесса инженерного факультета.

4. Научно-исследовательский модуль инженерного факультета.

5. Модуль инновационной работы инженерного факультета.

Модуль *учебного процесса* считается одним из основных и крупных программных модулей АКИС. Роль этого модуля заключается в обучении инженерного факультета СГУ для мониторинга конфиденциальности в дополнение к автоматизации процесса.

Модуль *учебного процесса* состоит из следующих подмодулей:

1. Электронный деканат.

2. Планирование учебного процесса.

3. Расписание занятий.

Электронный деканат решает следующие проблемы:

1. Формирование удостоверения личности и карточки студента. Вводимые данные включают в себя персональные данные, данные об учебной форме, данные о регистрации, данные о переводе студента и т.д. включает в себя. Одна из возможностей субмодуля электронного декана – просмотр других модулей и передача необходимых данных себе.

2. Формирование отчетов для отдела студенческого контингента по различным параметрам.

3. Контроль перевода студентов и формирование приказов (прием, перевод, отчисление, восстановление студентов).

4. Формирование квартальных и годовых отчетов, статистических форм по запросам контролирующих организаций.

5. Ведение информации о договорах студентов, контроль оплаты.

6. Получение справочной информации по подразделениям и их контингенту.

7. Назначение и учет стипендий.

8. Учет посещаемости (результаты факультета, курса и групповых занятий), ведение зачетной книжки, сбор информации об академической задолженности (набранных кредитах).

9. Автоматическое формирование списка студентов, допущенных к экзаменационной сессии.

10. Подготовка, распечатка и сканирование бланков по результатам экспертизы.

Планирование учебного процесса с помощью субмодуля автоматически решаются следующие вопросы:

1. Формирование основных и рабочих учебных программ (на уровнях бакалавриата и магистратуры) по новым стандартам (Форма 1).

2. Формирование годовых учебных нагрузок (Форма 3) на основании заданий.

3. Распределение учебной нагрузки среди сотрудников кафедры (Форма 4).

4. Формирование объема работы отдела (Форма 5).

5. Формирование академической учебной нагрузки кафедры (Форма 6).

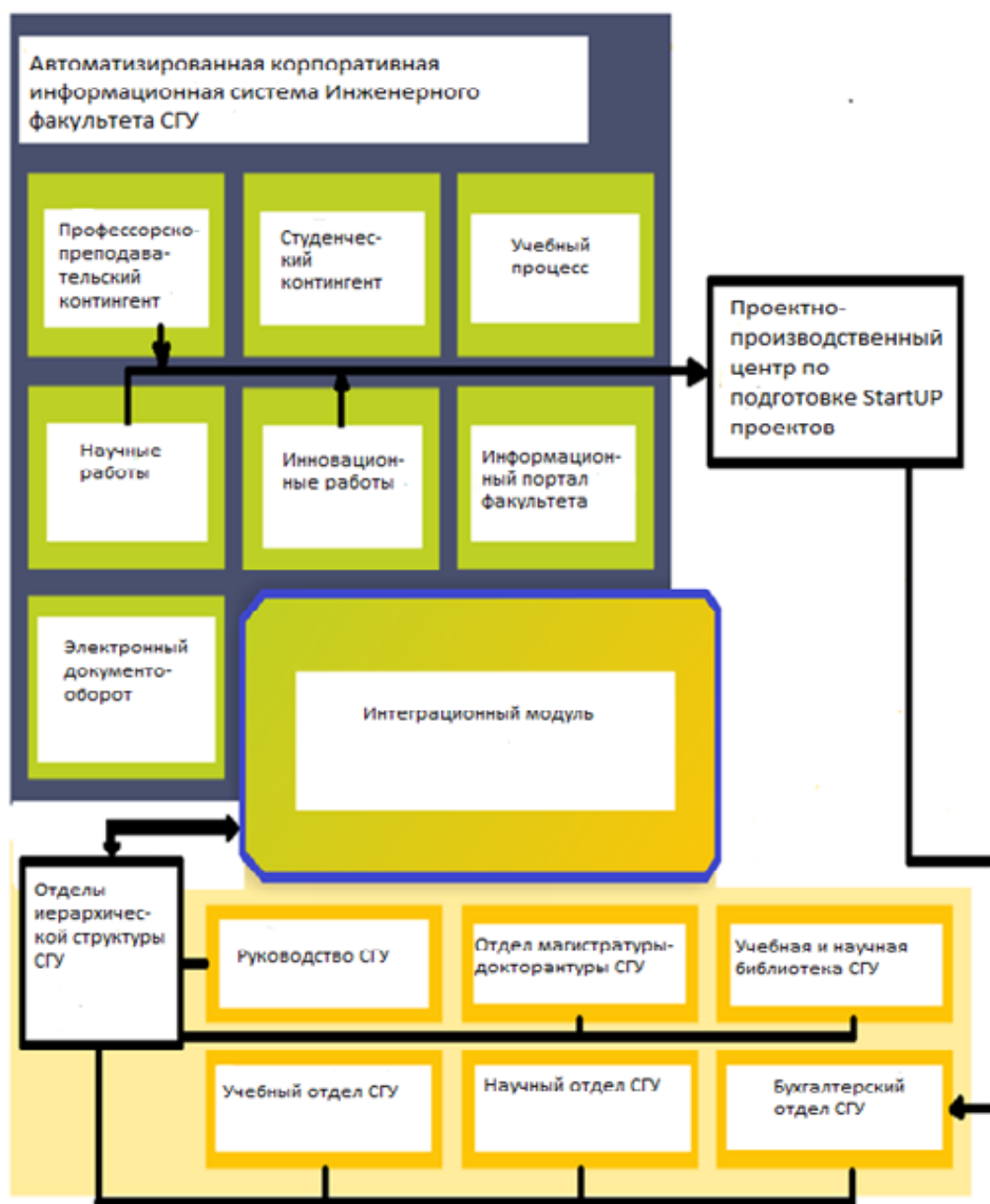


Рисунок. Функциональная схема автоматизированной корпоративной информационной системы инженерного факультета СГУ

Расписание уроков на основе субмодуля решены следующие проблемы:

1. Учет зрительского фонда инженерного факультета СГУ (емкость, оборудование, стенды, инвентарь, электроника и Интернет).
2. Формирование и печать расписаний лекций, занятий и лабораторных занятий в зависимости от количества групп кафедр факультета, вместимости аудиторий и с учетом предложений профессорско-преподавательского состава.
3. Подготовка, печать и утверждение календарно-тематических планов преподаваемых предметов преподавателями кафедры.
4. Формирование расписания коллоквиумов на семестр и контроль за ходом коллоквиумов.

5. Формирование расписания экзаменационной сессии и контроль за ходом экзаменационной сессии.

При использовании модуля «Учебный-процесс» достигаются следующие результаты:

- прозрачность и контроль всех этапов организации учебного процесса инженерного факультета;

- задачи, приказы, списки и т.д. экономия времени специалистов за счет автоматизации многочисленных операций по формированию вопросов;

- полная автоматизация работы специалиста, настраивающего расписание занятий.

Литература

- [1]. Quliyev, R.A. Korporativ informasiya sistemləri / R.A. Quliyev, Ü.Ş.Rzayeva, C.A.Xəlilova [və b.] // Azərbaycan Dövlət İqtisad Universitetinin Nəşriyyatı, –Bakı: -2016. -226 s.
- [2]. Rəhimov, E.R. Korporativ şəbəkələrin idarə edilməsi / E.R. Rəhimov, –Bakı: İnformasiya Texnologiyaları, –2008. –322 s.
- [3]. Алиева, А.Г. Разработка корпоративной сети технопарка Сумгаитского государственного университета // Международная научно-техническая конференция аспирантов и молодых ученых «Наука. Технология. Производство», –Салават, 10 мая - 12 мая, –2017, –с. 416-418
- [4]. Боровков, А.И. Компьютерный инжиниринг. Аналитический обзор. Учебное пособие./ А.И. Боровков. –Санкт-Петербург: Политехнический университет, –2012. –93 с.
- [5]. Becker, J. Information Models for Process Management – New Approaches to Old Challenges // Emerging Themes in Information Systems and Organization Studies. – 2011. – Part 3. – p.145-154
- [6]. Корпоративные информационные системы.
<https://www.cfin.ru/software/K%c4%b0S/index.shtml>

Xülasə

Sumqayıt Dövlət Universitetinin mühəndislik fakültəsinin avtomatlaşdırılmış korporativ informasiya sisteminin funksional sxeminin hazırlanması

Əliyeva A.Q.

Açar sözlər: *avtomatlaşdırılmış korporativ informasiya sistemi (AKIS), modulların funksional diaqramı, tədris prosesi modulu, elektron dekanlıq, dərş cədvəli*

SDU-nun Mühəndislik fakültəsinin tədris, elmi, istehsalat və kommersiya proseslərinin səmərəli inteqrasiyasını və SDU-nun rəhbərliyi və kafedraları ilə qarşılıqlı məlumat mübadiləsini təmin etmək məqsədilə avtomatlaşdırılmış korporativ informasiya sisteminin (AKIS) iş prosedurları planlaşdırılmış və ümumi funksional sxem yaradılmışdır. “SDU-Mühəndislik” adlanan AKIS-in vəzifəsi bu qurumun əsas tədris, elmi, istehsalat və kommersiya işlərinin kompleks avtomatlaşdırılmasını təmin etmək, AKIS vasitəsilə tədris prosesinin təşkilinin keyfiyyətinə nəzarət etmək, mühəndis mütəxəssislərinin hazırlıq səviyyəsini yüksəltməkdən ibarətdir.

Summary

Preparation of a functional diagram of the automated corporate information system of the faculty of engineering of Sumgayit State University

Aliyeva A.G.

Key words: *automated corporate information system (ACIS), functional diagram of modules, educational process module, electronic dean's office, lesson schedule*

In order to ensure the effective integration of the educational, scientific, production and commercial processes of the Faculty of Engineering of SSU and mutual information exchange with the management and departments of SSU, the operating procedures of the automated corporate information system (AKIS) have been planned and a general functional scheme has been established. The task of AKIS, called “SSU-Engineering”, is to ensure the complex automation of the main educational, scientific, production and commercial work of this institution, to monitor the quality of the organization of the educational process through AKIS, and to increase the level of training of engineering specialists.

Mexaniki emal mərkəzinin intensivlik səviyyəsinin təyini üçün qərar qəbuletmə modeli

Salmanova Mələhət Nəsiman qızı [ORCID](#)

Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqayıt, Azərbaycan, t.f.d., baş müəllim
malahat.salmanova@sdu.edu.az

MƏQALƏ HAQQINDA MƏLUMAT	XÜLASƏ
Məqalənin tarixçəsi Daxilolma tarixi: 15.04.2025 Düzəliş tarixi: 03.06.2025 Qəbulolunma tarixi: 20.09.2025	Məqalə, qeyri-səlis produksiya qaydalarına əsaslanan mexaniki emal mərkəzinin intensivlik səviyyəsinin müəyyənəşdirilməsi üçün məntiqi çıxarış sisteminin işlənməsinə həsr olunmuşdur. İşlənən sistem real istehsal proseslərinə xas olan verilənlərin qeyri-müəyyənliyini və natamamlığını nəzərə alaraq, xarici amillərin dəyişməsi şəraitində proseslərin idarə edilmə keyfiyyətini artırmağa imkan verir. Tədqiqatın elmi əhəmiyyəti, emal mərkəzinin fəaliyyətinin optimallaşdırılması yolu ilə istehsal prosesinin məhsuldarlığını artıracaq parametrlərin alınmasıdır
Açar sözlər məntiqi çıxarış sistemi, produksiya qaydaları, fəzəffikasiya, trapesiyaşəkilli mənsubluq funksiyası, mexaniki emal	

Müasir idarəetmə texnologiyalarının geniş tətbiq olunan istiqamətlərindən biri qeyri-səlis idarəetmədir. Qeyri-səlis idarəetmə nəzəriyyəsində tətbiq edilən metodlar kəmiyyətlə ifadə edilə bilməyən qeyri-müəyyən, qeyri-dəqiq informasiyalarla işləməyə imkan verən qeyri-səlis çoxluqlar nəzəriyyəsinə və qeyri-səlis məntiqə əsaslanır [1,2]. Dəqiq riyazi kəmiyyətlərlə ifadə oluna bilməyən mürəkkəb prosesləri idarə edərkən, qeyri-səlis sistemlər ənənəvi sistemlərlə müqayisədə fəaliyyət göstərdikləri real mühitin daha adekvat təsviri sayəsində xətalara daha dayanıqlı olub, daha böyük sürətə və dəqiqliyə malikdirlər [3,4].

Qeyri-səlis məntiqi çıxarış sistemi qeyri-dəqiq ilkin şərtlər əsasında, obyektin tələb olunan idarə edilməsi üçün obyektin cari vəziyyəti haqqında informasiyanı ifadə edən qeyri-səlis nəticələrin əldə edilməsi prosesidir və bu sistemin işlənməsi, tətbiqi bir sıra mərhələləri əhatə edir: qeyri-səlis produksiyaların təşkili, fəzəffikasiya, aqreqasiya, aktivləşmə, akumlyasiya, defəzəffikasiya prosedurları [5].

Məqalədə bir fərdi giriş, bir fərdi çıxış saxlayıcılarından, iki növ detal üzərində iki fərqli əməliyyat yerinə yetirən qurğudan idarəetmə mexaniki emal mərkəzinin fəaliyyəti araşdırılmışdır. Emal qurğusunun intensivliyinin idarə olunmasını təmin etmək məqsədilə hazırlanmış məntiqi çıxarış sisteminin formalaşdırılması üçün aşağıdakı linqvistik dəyişənlər müəyyən edilmişdir [6,7]:

–**Giriş linqvistik dəyişənləri:** **A** – “**emal mərkəzinin sazlanma zamanı**” və bu dəyişən üçün $TA = \{\text{normaldan xeyli kiçik, normaldan kiçik, normala mənfi yaxın, normal, normala müsbət yaxın, normaldan bir qədər böyük, normaldan böyük, normaldan xeyli böyük}\}$ term çoxluğu təyin edilmişdir; **B**–“**emal qurğusunun əməliyyat müddəti**” və bu dəyişən üçün $TB = \{\text{minimal, orta, maksimal}\}$ term çoxluğu təyin edilmişdir.

–**Çıxış linqvistik dəyişəni:** **C**– “**emal mərkəzinin intensivliyi**” və bu dəyişən üçün $TC = \{\text{minimal, minimala müsbət yaxın, ortaya mənfi yaxın, orta, ortaya müsbət yaxın, maksimala mənfi yaxın, maksimal}\}$ term çoxluğu təyin edilmişdir.

Məntiqi çıxarış sisteminin produksiya qaydaları bazası aşağıdakı kimi formalaşdırılmışdır [8]:

Qayda 1. ƏGƏR emal mərkəzinin sazlanma zamanı normaldırsa VƏ emal qurğusunun əməliyyat müddəti minimaldırsa, ONDA emal mərkəzinin intensivliyi maksimaldır.

Qayda 2. ƏGƏR emal mərkəzinin sazlanma zamanı normaldırsa VƏ emal qurğusunun əməliyyat müddəti minimaldırsa, ONDA emal mərkəzinin intensivliyi maksimuma mənfi yaxındır.

Qayda 3. ƏGƏR emal mərkəzinin sazlanma zamanı normala mənfi yaxındırsa, VƏ “emal qurğusunun əməliyyat müddəti” minimaldırsa, ONDA emal mərkəzinin intensivliyi maksimuma mənfi yaxındır.

Qayda 4. ƏGƏR emal mərkəzinin sazlanma zamanı normala müsbət yaxındırsa VƏ emal qurğusunun əməliyyat müddəti minimumdursa, ONDA emal mərkəzinin intensivliyi maksimaldır.

Qayda 5. ƏGƏR emal mərkəzinin sazlanma zamanı normaldan böyükdürsə, VƏ emal qurğusunun əməliyyat müddəti ortadırsa, ONDA emal mərkəzinin intensivliyi ortadır.

Qayda 6. ƏGƏR emal mərkəzinin sazlanma zamanı normaldan xeyli kiçikdirsə, VƏ emal qurğusunun əməliyyat müddəti ortadırsa, ONDA emal mərkəzinin intensivliyi ortaya mənfi yaxındır.

Qayda 7. ƏGƏR emal mərkəzinin sazlanma zamanı normaldan kiçikdirsə VƏ emal qurğusunun əməliyyat müddəti ortadırsa, ONDA emal mərkəzinin intensivliyi orta səviyyəyə müsbət yaxındır.

Qayda 8. ƏGƏR emal mərkəzinin sazlanma zamanı normaldan xeyli böyükdürsə VƏ emal qurğusunun əməliyyat müddəti maksimumdursa, ONDA emal mərkəzinin intensivliyi minimumdur.

Qayda 9. ƏGƏR emal mərkəzinin sazlanma zamanı normaldan bir qədər böyükdürsə VƏ emal qurğusunun əməliyyat müddəti maksimumdursa, ONDA emal mərkəzinin intensivliyi minimuma müsbət yaxındır.

A linqvistik dəyişəninin termlərinin fuzzifikasiya proseduru üçün $X=[0,60]$ universumunda trapesiyaşəkilli mənsubluq funksiyaları seçilmiş və term çoxluğunun elementlərinə uyğun olaraq aşağıdakı qeyri-səlis çoxluqlar müəyyən edilmişdir: $\widetilde{A}_1 = [0,0,4,8]$ – normaldan xeyli kiçik; $\widetilde{A}_2 = [4,8,13,18]$ – normaldan kiçik; $\widetilde{A}_3 = [12,17,22.5,24]$ – normala mənfi yaxın; $\widetilde{A}_4 = [20,25,29,33]$ –normal; $\widetilde{A}_5 = [30,31,35,40]$ - normala müsbət yaxın; $\widetilde{A}_6 = [37,39,42.5,48]$ - normaldan bir qədər böyük; $\widetilde{A}_7 = [43,45,50,54]$ - normaldan böyük; $\widetilde{A}_8 = [50.8,53.2,60,60]$ - normaldan xeyli böyük.

"Emal mərkəzinin sazlanma zamanı" linqvistik dəyişəni üçün X universumunda aşağıdakı qeyri-səlis çoxluq təyin olunmuşdur [9]:

$$A = \sum_{i=1}^{20} \frac{\mu_A(x_i)}{x_i} = \frac{1}{x_1} + \frac{0.375}{x_2} + \frac{1}{x_3} + \frac{0.92}{x_4} + \frac{0.34}{x_5} + \frac{1}{x_6} + \frac{0.95}{x_7} + \frac{0.17.5}{x_8} + \frac{1}{x_9} + \frac{0.925}{x_{10}} + \frac{0.2}{x_{11}} + \frac{1}{x_{12}} + \frac{0.625}{x_{13}} + \frac{1}{x_{14}} + \frac{1}{x_{15}} + \frac{0.199}{x_{16}} + \frac{1}{x_{17}} + \frac{0.7}{x_{18}} + \frac{1}{x_{19}} + \frac{1}{x_{20}}$$

A linqvistik dəyişəninin termlər çoxluğunun elementlərinə uyğun mənsubluq funksiyaları qurulmuşdur:

$$\mu_{\widetilde{A}_1}(x) = \{(1/0), (1/2), (1/4), (0.5/6), (0/8)\};$$

$$\mu_{\widetilde{A}_2}(x) = \{(0/4), (0.5/6), (1/8), (1/10), (1/12), (0.8/14), (0.4/16), (0/18)\};$$

$$\mu_{\widetilde{A}_3}(x) = \{(0/12), (0.4/14), (0.8/16), (1/18), (1/20), (1/22), (0/24)\};$$

$$\mu_{\widetilde{A}_4}(x) = \{(0/20), (0.4/22), (0.8/24), (1/26), (1/28), (0.75/30), (0.25/32)\};$$

$$\mu_{\widetilde{A}_5}(x) = \{(0/30), (1/32), (1/34), (0.8/36), (0.4/38), (0/40)\};$$

$$\mu_{\widetilde{A}_6}(x) = \{(0.5/38), (1/40), (1/42), (0.727/44), (0.363/46), (0/48)\};$$

$$\mu_{\widetilde{A}_7}(x) = \{(0.5/44), (1/46), (1/48), (1/50), (0.5/52), (0/54)\};$$

$$\mu_{\widetilde{A}_8}(x) = \{(0.5/52), (1/54), (1/56), (1/58)\};$$

B linqvistik dəyişəninin termlərinin fuzzifikasiya proseduru üçün $Y=[0,60]$ universumunda trapesiyaşəkilli mənsubluq funksiyaları seçilmiş və term çoxluğuna uyğun olaraq aşağıdakı qeyri-səlis çoxluqlar müəyyən edilmişdir: $\widetilde{B}_1 = [0,0,10,26]$ - minimal; $\widetilde{B}_2 = [8,24,36,52]$ - orta; $\widetilde{B}_3 = [36,50,60,60]$ - maksimal.

"Emal qurğusunun əməliyyat müddəti " linqvistik dəyişəni üçün X universumunda aşağıdakı qeyri-səlis çoxluq təyin olunmuşdur:

$$B = \sum_{i=1}^{20} \frac{\mu_B(x_i)}{x_i} = \frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_2} + \frac{1}{x_3} + \frac{1}{x_4} + \frac{0.93}{x_5} + \frac{0.73}{x_6} + \frac{0.625}{x_7} + \frac{0.813}{x_8} + \frac{1}{x_9} + \frac{1}{x_{10}} + \frac{1}{x_{11}} + \frac{1}{x_{12}} + \frac{1}{x_{13}} + \frac{0.812}{x_{14}} + \frac{0.625}{x_{15}} + \frac{0.642}{x_{16}} + \frac{0.857}{x_{17}} + \frac{1}{x_{18}} + \frac{1}{x_{19}} + \frac{1}{x_{20}}$$

B linqvistik dəyişəninin termlər çoxluğunun elementlərinə uyğun gələn mənsubluq funksiyaları qurulmuşdur:

$$\mu_{\widetilde{B}_1}(x) = \{(1/0), (1/5), (1/10), (0.687/15), (0.375/20), (0.062/25)\};$$

$$\mu_{\widetilde{B}_2}(x) = (0.12/10), (0.44/15), (0.75/20), (1/25), (1/30), (1/35), (0.75/40), (0.437/45), (0.13/50)\};$$

$$\mu_{\widetilde{B}_3}(x) = \{(0.286/40), (0.64/45), (1/50), (1/55), (1/60)\};$$

C çıxış linqvistik dəyişəninin termlərinin fəzəfikasiya proseduru üçün $Z=[0,60]$ universumunda trapesiyaşəkilli mənsubluq funksiyaları seçilmiş (şəkl. 5) seçilmiş və term çoxluğuna uyğun olaraq aşağıdakı qeyri-səlis çoxluqlar müəyyən edilmişdir: $\widetilde{C}_1 = [0,0,3,5]$ - minimal; $\widetilde{C}_2 = [3.5,4,6.5,10]$ - minimala müsbət yaxın; $\widetilde{C}_3 = [7,10,12.5,14]$ - ortaya mənfi yaxın; $\widetilde{C}_4 = [11,13.5,16.5,19]$ - orta; $\widetilde{C}_5 = [16.7,18,20,24]$ - ortaya müsbət yaxın; $\widetilde{C}_6 = [21,24,27,28]$ - maksimala mənfi yaxın; $\widetilde{C}_7 = [25,28,30,30]$ - maksimal.

C linqvistik dəyişəninin termlər çoxluğunun elementlərinə uyğun gələn mənsubluq funksiyaları qurulmuşdur:

$$\mu_{\widetilde{C}_1}(x) = \{(1/0), (1/2), (0.5/4), (0/6)\};$$

$$\mu_{\widetilde{C}_2}(x) = \{(1/4), (1/6), (0.57/8), (0/10)\};$$

$$\mu_{\widetilde{C}_3}(x) = \{(0.33/8), (1/10), (1/12), (0/14)\};$$

$$\mu_{\widetilde{C}_4}(x) = \{(0.4/12), (1/14), (1/16), (0.4/18)\};$$

$$\mu_{\widetilde{C}_5}(x) = \{(1/18), (1/20), (0.5/22), (0/24)\};$$

$$\mu_{\widetilde{C}_6}(x) = \{(0.33/22), (1/24), (1/26), (0/28)\};$$

$$\mu_{\widetilde{C}_7}(x) = \{(0.33/26), (1/28), (1/30)\};$$

Fəzəfikasiya mərhələsi qeyri-səlis çıxarış sisteminin hər bir giriş dəyişəninin verilmiş ədədi qiyməti ilə giriş linqvistik dəyişənin müvafiq termininin mənsubluq funksiyasının qiyməti arasında uyğunluğun qurulmasıdır. Bu mərhələnin sonunda bütün giriş dəyişənləri üçün məntiqi çıxarış sisteminin qaydalar bazasının ön şərtlərinə daxil olan termlərin hər biri üçün mənsubluq funksiyalarının dəqiq qiymətləri müəyyən edilir.

Mamdanı alqoritmini tətbiqi edərək, $x=23.4$ və $y=12.7$ giriş qiymətlərində produksiya qaydalarının ön şərtlərinə daxil olan linqvistik dəyişənlərin termlərinin hər biri üçün $\mu_{\widetilde{A}_i}(x)$ и $\mu_{\widetilde{B}_i}(y)$ mənsubluq funksiyalarının qiymətləri müəyyən edilmişdir:

$$\mu_{\widetilde{A}_1}(x) = 0; \mu_{\widetilde{A}_2}(x) = 0; \mu_{\widetilde{A}_3}(x) = 0.33; \mu_{\widetilde{A}_4}(x) = 0.7; \mu_{\widetilde{A}_5}(x) = 0; \mu_{\widetilde{A}_6}(x) = 0; \mu_{\widetilde{A}_7}(x) = 0; \mu_{\widetilde{A}_8}(x) = 0.831; \mu_{\widetilde{B}_1}(y) = 0.831; \mu_{\widetilde{B}_2}(y) = 0.293; \mu_{\widetilde{B}_3}(y) = 0.$$

Məntiqi çıxarış sisteminin bir qaydası üçün şərtlərin ümumiləşdirilməsi qeyri-səlis implikasiyadan istifadə etməklə həyata keçirilir. Hər bir produksiya qaydası üçün şərtlərin doğruluq dərəcələri Cədvəl 1-də öz əksini tapmışdır.

Cədvəl 1.

Aqreqasiya mərhələsinin nəticələri

Produksiyalar	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A dəyişəninin ön şərtlərinin doğruluq qiymətləri	0.7	0.7	0	0	0	0	0	0.33	0
B dəyişəninin ön şərtlərinin doğruluq qiymətləri	0.831	0.831	0.293	0.293	0.293	0	0	0.831	0.831
Qaydaların doğruluq qiymətləri	0.7	0.7	0	0	0	0	0	0.33	0

Aktivləşdirmə proseduru qeyri-səlis produksiya qaydalarının antededentlərinin q_i ($i=1,9$) doğruluq dərəcəsinin tapılması prosesini ifadə edir. Bunun üçün produksiya qaydalarının ön nəticələrinin doğruluq qiymətləri ilə onların çəki əmsallarının cəbri hasili hesablanır. Baxılan halda hər bir qayda üçün F_i çəki əmsalları bir qəbul edilir. Aktivləşdirmə nəticələri Cədvəl 2-də göstərilmişdir.

Cədvəl 2.

Aktivləşdirmə mərhələsinin nəticələri

Produksiya	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ön nəticələrin doğruluq qiymətləri	0.7	0.7	0	0	0	0	0	0.33	0

q_i ($i = \overline{1,9}$) çoxluğu təyin edildikdən sonra, p_i produksiya qaydalarının ilkin nəticələrinin mənsubluq funksiyalarının qiymətləri $\mu(p_i) = \min\{q_i, \mu_{\bar{c}}(x_i)\}$, $i = \overline{1,9}$, qeyri-səlis kompozisiya üsulu ilə təyin edilir, burada $\mu_{\bar{c}}(x_i)$ və q_i uyğun olaraq qeyri-səlis p_i produksiya qaydasının çıxış linqvistik dəyişəninin termlərinin mənsubluq funksiyası və ilkin nəticələrinin doğruluq dərəcəsidir:

$$\mu(p_1) = \min\{q_1, \mu_{\bar{c}_7}(26)\} = \min\{0.7; 0.33\} = 0.33;$$

$$\mu(p_2) = \min\{q_2, \mu_{\bar{c}_7}(28)\} = \min\{0.7; 1\} = 0.7;$$

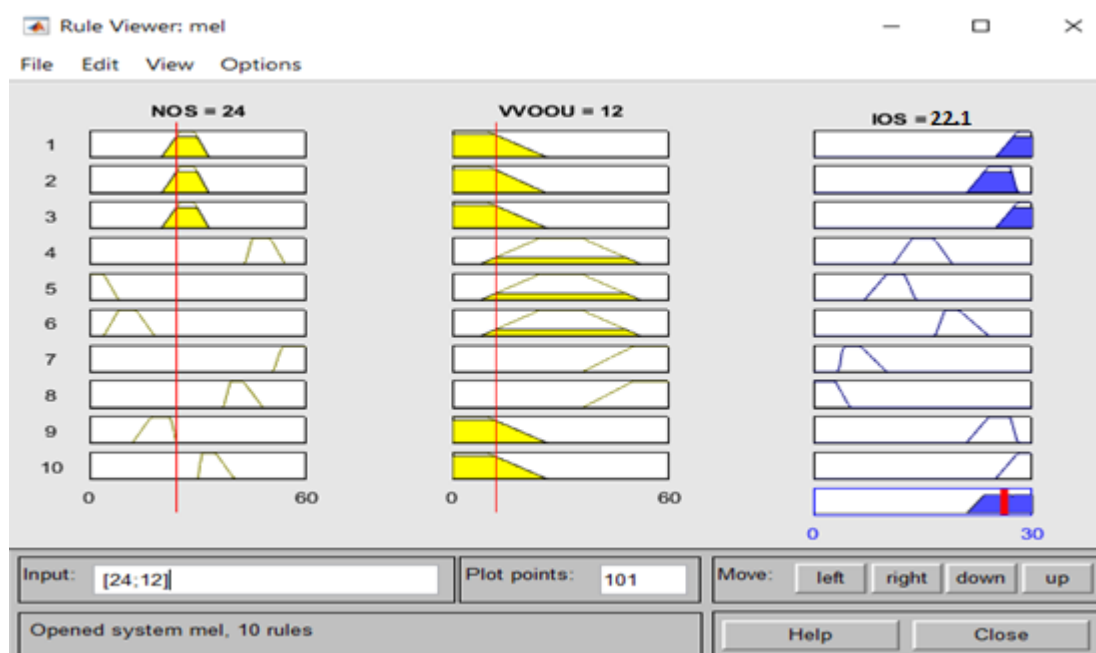
$$\mu(p_8) = \min\{q_8, \mu_{\bar{c}_1}(4)\} = \min\{0.33; 0.5\} = 0.33;$$

$$\mu(p_3) = \mu(p_4) = \mu(p_5) = \mu(p_6) = \mu(p_7) = \mu(p_9) = 0.$$

Defazzifikasiya çıxış linqvistik dəyişənin mənsubluq funksiyasından onun kəmiyyət qiymətinə keçid prosesidir. Ağırlıq mərkəzi metodundan istifadə edərək C dəyişənin defazzifikasiyası yerinə yetirilmiş və aşağıdakı nəticə alınmışdır:

$$x = (26 \cdot 0.33 + 28 \cdot 0.7 + 4 \cdot 0.33) / (0.33 + 0.7 + 0.33) = 21.69.$$

Mexaniki emal mərkəzinin intensivliyinin qeyri-səlis idarəetmə modeli MATLAB-ın Fuzzy Logic Toolbox qrafik mühitində həyata keçirilib [10]. İşlənmiş qeyri-səlis çıxarış sistemini qiymətləndirmək üçün giriş dəyişənlərin qiyməti 24 və 12 olaraq daxil edilmiş və nəticədə "emal mərkəzinin intensivliyi" çıxış dəyişəni üçün 22.1 qiyməti alınmışdır və bu, modelin adekvatlığını təsdiqləyir (Şəkil).



Şəkil. Nəticələrin əks olunduğu qrafiki program interfeysi

Avtomatlaşdırılmış qeyri-səlis idarəetmənin tətbiqi, sistemin fəaliyyətini termlərin qiymətlərinə əsasən təsvir etməyə, prosesin çevikliyini, səmərəliliyini artırmağa, dürüst və real nəticələrə gətirib çıxaran idarəetmə qaydalarını linqvistik şəkildə formalaşdıraraq emal prosesində meydana çıxan qeyri-müəyyənlikləri nəzərə almağa imkan verir.

Ədəbiyyat

- [1]. Пегат, А. Несеткое моделирование и управление /А.Пегат: пер. с англ.-2-е изд. –М.: Бином. Лаборатория знаний, –2013. –798 с.
- [2]. Huseynzade, Sh.S. Formation of a modified fuzzy colored Petri net: [Electronic resource] // Proceedings of the XV International Conference Measurement and control in complex systems (MCCS), – Vinnytsia, – 8 – 10 October, – 2020, – p.1.
<http://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/30560>
- [3]. Mustafayev, V.A., Salmanova, M.N. Mexaniki emal mərkəzinin idarəetmə modelinin giriş verilənlərinin fəzəfikasiya proseduru // Süni intellekt və onun tətbiq sahələri, Respublika elmi konfransi, –Sumqayıt, 07-08 dekabr, – 2023, –s.112-114
- [4]. Гусейнзаде, Ш.С. Разработка нечеткой модели управления насосным агрегатом с применением раскрашенной сети Петри // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии, –Воронеж, – 2020. – №3, – с. 77-86.
- [5]. Леоненков, А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzy TECH / А.В.Леоненков, –Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, – 2005. – 717 с.
- [6]. Kolesov, Yu.B., Modeling Systems. Dynamic and hybrid Systems / Yu.B.Kolesov, Yu.B.Senichenkov –Sankt-Peterburg: BHV-Petersburg, –2006, –284 p. [in Russian Language]
- [7]. Салманова, М.Н., Моделирование динамических взаимодействующих процессов с применением треугольных временных нечетких сетей Петри / М.Н.Салманова, И.С.Будагов // Математические методы в технологиях и технике. –Санкт-Петербург, – 2021. № 7.
- [8]. Mustafayev, V.A., Salmanova, M.N. Decision making model for controls of complex parallel functioning distributed systems // The 7th International Conference on Control and Optimization with Industrial Applications (COIA 2020), Volume I, – Baku: –26-28August, – 2020, – p. 293-295.
- [9]. Mustafayev, V.A., Salmanova M.N., Budaqov I.S. Decision-making model for determining the intensity of a processing center under conditions of uncertainty, 2024 10th International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT 2024) Valletta, Malta Technically co-sponsored by IEEE & IFAC2024, July 01-04, –2024, –p. 217-222
- [10]. Дьяконов, В.П. MATLAB. Полный самоучитель./ В. П. Дьяконов.– Москва: ДМК Пресс,– 2012. – 768 с.: ил.

Summary

Decision making model for determining the intensity level of a machining center

Salmanova M.N.

Key words: *inference system, production rules, fuzzification, trapezoidal membership function, mechanical processing*

This article focuses on the development of a logical inference system for controlling the operational intensity of a machining center based on fuzzy production rules. The proposed system effectively accounts for the uncertainty and incompleteness of data, which are inherent in real-world production processes, thereby enhancing process control under varying external conditions. The significance of this study lies in its potential application to optimize the operation of machining centers, ultimately improving both productivity and the quality of the final product.

Резюме

Модель принятия решений для определения уровня интенсивности механического обрабатывающего центра

Салманова М.Н.

Ключевые слова: *система логического вывода, правила продукций, фаззификация, трапецевидная функция принадлежности, механическая обработка*

Статья посвящена разработке системы логического вывода для управления интенсивностью работы механообрабатывающего центра, основанной на нечетких продукционных правилах. Разработанная система позволяет эффективно учитывать неопределенность и неполноту данных, характерных для реальных производственных процессов, что способствует улучшению качества управления процессами в условиях изменяющихся внешних факторов. Важность исследования заключается в его применении для оптимизации работы механообрабатывающих центров, что способствует улучшению производительности и качества конечного продукта.

Katod mühafizə stansiyasının avtomatlaşdırılması¹Şirinova Aynur Yaşar qızı [ORCID](#)²Həsənova Ülviyyə Elxan qızı

Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqayıt, Azərbaycan, 1- t.f.d.

Bakı Mühəndislik Universiteti, 2-prorektor köməkçisi

aynur.shirinova@sdu.edu.az, uhasanova@beu.edu.az

MƏQALƏ HAQQINDA MƏLUMAT	XÜLASƏ
Məqalənin tarixçəsi Daxilolma tarixi: 02.05.2025 Düzəliş tarixi: 20.06.2025 Qəbulolunma tarixi: 20.09.2025	Katod mühafizə stansiyasının metal konstruksiyalarının dayaqlarında mühafizə potensialının yarımkeçirici qurğularla avtomatik tənzimlənməsi korroziyanın yaranma dərəcəsini aşağı salmağa imkan verir. Korroziyaya uğramış metal konstruksiyalarda katod mühafizə stansiyalarındakı avtomatlaşdırılmış sistemlər aşağıdakı əsas üstünlüklərə malikdir: korroziyanın sürətinin ölçülməsi, korroziya prosesinin parametrlərinin təyini və onların statiki qiymətləndirilməsi, xidmət müddətinin artırılması, etibarlılığın yüksədilməsi və texniki kəmiyyətin müəyyən etdirilməsi.
Açar sözlər katod, korroziya, mühafizə cərəyanı, tənzimləyici, transformator, gücləndirici	

Metal konstruksiyalar dənizdə istismar zamanı müxtəlif vəzifələri yerinə yetirərkən dəniz şəraitində küllü miqdarda korroziyaya uğrayırlar. Yaranmış korroziya prosesinin artımının qarşısını almaq üçün müxtəlif mühafizə üsulları işlənmiş və tətbiq edilmişdir. Lakin bir çox mühafizə metodlarının tətbiqinə baxmayaraq metal konstruksiyaların (MK) korroziya olunmasının qarşısının alınması tam mümkün olmamışdır. MK-nın korroziyaya uğramasının qarşısının alınması dəniz şəraitindəki tikililər üçün bu gün də aktual məslə kimi qarşıda durur. Buna görə də dənizdə su altında olan tikililərin hissələrinin effektiv və iqtisadi cəhətdən əlverişli olması üçün elektrokimyəvi üsuldən korroziyaya qarşı mübarizə aparmaq qarşıya qoyulur. Lakin dənizdə MK həcmının artması bunlarda katod mühafizə qurğularının tətbiqinə spesifik çətinliklər yaradır.

Yaranmış çətinliklər tikililərin uzunluğunun artması, katod stansiyalarının gücünün artmasını tələb edir ki, bu da tikilinin uzunluğu boyu müntəzəm cərəyan paylanması çətinliyini yaradır. Bu halda kiçik güclü katod stansiyalarının sayının artması tələb olunur, bu da iqtisadi cəhətdən əlverişli hesab olunmur. Belə halda 300–500 m-dən bir katod mühafizə stansiyasının yerləşdirilməsi lazım gəlir. Bütün bunlar katod stansiyasının parametrlərinə nəzarət etməyi çətinləşdirir və iqtisadi göstəriciləri aşağı salır.

Odur ki, deyilənləri nəzərə alaraq katod mühafizə stansiyasının avtomatlaşdırılması ilə onların etibarlılığını və iqtisadi göstəricilərini artırmaq olur.

Yuxarıda deyilənləri nəzərə alaraq, neft-mədən tikililərinin dayaqlarının katod mühafizə stansiyalarının avtomatlaşdırılması, onların çıxış parametrlərinin yarımkeçirici qurğularla tənzimlənməsini təmin edən sxem işlənmişdir. İşlənmiş sxem avtomatik katod stansiyalarının sayını azaltmağa və bir qurğu ilə bir neçə katod mühafizəsinin çıxış parametrlərini tənzimləməyə imkan verir [2,3].

İşlənmiş qurğu 9 kVt gücə malik olub, gücü 15kVt olan 6 katod stansiyasının parametrlərini avtomatik tənzimləmə əməliyyatını yerinə yetirir. Belə avtomatik katod stansiyasının prinsipial elektrik sxemi Şəkil 1-də verilmişdir. Qeyd etmək lazım gəlir ki, yaradılmış blok sxem metal konstruksiyasının uzunluğu boyu mühafizə potensialının müntəzəm paylanmasını təmin edir. Şəkildən görüldüyü kimi, dəyişən cərəyan avtomatik tənzimləyicidən, D_1 – D_n düzləndiricilərindən

keçərək, özünün müsbət qütbləri ilə anoda, mənfi qütbləri ilə mühafizə obyektinə qoşulur [1].

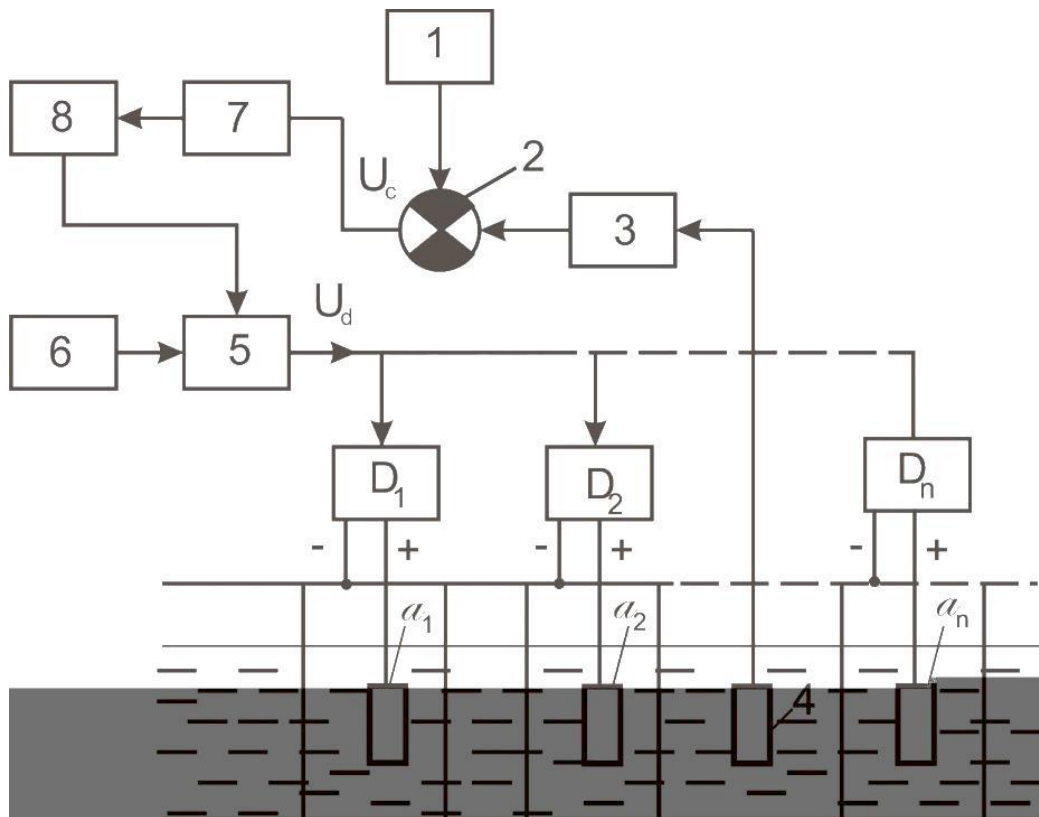
Bu halda mühafizə cərəyanı və mühafizə potensialı müntəzəm paylanmış olur. Bununla əlaqədar olaraq, müqayisə elektrodu mühafizə olunan sahənin istənilən nöqtəsində yerləşdirilə bilər. Sıqnal müqayisə elektrodundan tənzimləyici bloka daxil olaraq, onun qiymətindən asılı olaraq, katod mühafizəsinin cərəyanını tənzimləyir.

Qurğunun elementlərinin qarşılıqlı əlaqəsi aşağıdakı kimi yerinə yetirilir. Mühafizə olunan dayaqın yaxınlığında yerləşən vericinin çıxışında potensial ϕ dəyişir və bu potensialın dəyişməsi uzlaşdırıcı bənddən keçərək müqayisə blokuna ötürülür. Burada vericinin çıxış siqnalı etalon gərginlik U_e ilə müqayisə edilir. Müqayisə blokunun çıxışında U_c gərginliklər fərqi alınır.

Alınmış gərginliklər fərqi U_c gücləndirilərək idarəedici bloka ötürülür. İdarəedici blokun çıxışında onun giriş siqnalından asılı olan bucağın tənzimlənməsi əməliyyatı yerinə yetirilir. Bucağın tənzimlənməsi isə öz növbəsində tiristorlara ötürülərək, U_d dəyişən gərginliyi tənzimləyir və bu gərginlik D_1-D_n düzləndiricilərinin girişinə ötürülür.

Katod mühafizə cərəyanı mühafizə olunan obyektin, düzləndiricinin, torpaqlayıcı qurğunun müqavimətindən və U_d gərginliyindən asılı təyin edilir. Düzləndiricilərin anodlara verdiyi cərəyan, öz növbəsində dayaqlardan mühafizə potensialını dəyişdirir. Beləliklə, yaradılmış qurğu qapalı avtomatik tənzimləmə sistemi hesab olunur.

Qapalı sistem dayaqdan, torpaqlayıcıdan, dəniz suyundan, tənzimlənen parametrdən, mühafizə potensialından ibarətdir. Burada əks rəbitə dövrəsi 1–etalon gərginlik mənbəyindən, 2–müqayisə bəndindən, 3–uzlaşdırıcı bənddən, 4–vericisindən, 5–tiristor tənzimləyicisindən, 6–transformatordan, 7–gücləndiricidən, 8–idarəedici bənddən, gərginlik D_1-D_n düzləndiricisindən və $a_1 - a_n$ anodundan ibarətdir.



Şəkil. Dəniz avtomatik katod mühafizəsinin blok sxemi.

Ədəbiyyat

- [1]. Məmmədov, F.İ. Dəniz neft-mədən tikililəri üçün katod mühafizə stansiyalarının avtomatlaşdırılması / F.İ.Məmmədov, A.Y. Şirinova // Maşınşünaslıq, № 1, –2014, –s.68-71
- [2]. Першуков, В.В. Новые разработки оборудования противокоррозионной защиты компании // «Химсервис». Журнал «Коррозия ТНГ», №3, –2015, –с.23-31
- [3]. Химсервис. Надежная защита от коррозии объектов нефтегазовой промышленности. Журнал «ТСП», № 1, 2014, с. 21-43.

Summary

Automation of cathode protection station

Şirinova A.Y., Hasanova U.E.

Keywords: *cathode, corrosion, protection current, regulator, transformer, amplifier*

Automatic regulation of the protection potential on the supports of metal structures of the cathodic protection station with semiconductor devices allows to reduce the rate of corrosion. Automated systems in cathodic protection stations on corroded metal structures have the following main advantages: measurement of the corrosion rate, determination of the parameters of the corrosion process and their static assessment, increase in service life, increase in reliability and determination of technical quantities.

Резюме

Автоматизация станции катодной защиты

Ширинова А.Я., Гасанова У.Э.

Ключевые слова: *катод, коррозия, защитный ток, регулятор, трансформатор, усилитель*

Автоматическое регулирование защитного потенциала на опорах металлоконструкций станции катодной защиты с помощью полупроводниковых приборов позволяет снизить скорость коррозии. Автоматизированные системы на станциях катодной защиты корродированных металлоконструкций имеют следующие основные преимущества: измерение скорости коррозии, определение параметров коррозионного процесса и их статическая оценка, увеличение срока службы, повышение надежности, определение технических величин.

İstehsalatda insan-robot əməkdaşlığı və süni intellekt

Dövlətzadə Aynurə Əhmədağa qızı [ORCID](#)

Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqayıt, Azərbaycan, müəllim
aynura.dovlatzade@sdu.edu.az

MƏQALƏ HAQQINDA MƏLUMAT	XÜLASƏ
Məqalənin tarixçəsi Daxilolma tarixi: 18.06.2025 Düzəliş tarixi: 20.07.2025 Qəbul olunma tarixi: 16.09.2025	Məlum metodla müqayisədə kükürd birləşmələrini neft və qaz kondensatından təmizləmək üçün təklif olunan elektrokimyəvi üsul aşağıdakı üstünlüklərə malikdir: Oksidləşmə prosesləri əhəmiyyətli dərəcədə selektivdir, qeyd etmək lazımdır ki, proses zamanı alınan su-qələvi məhlulu O₂ istehsal mənbəyi, eləcə də neytrallaşdırıcı rolunu oynayır. Prosesin texnoloji sxemi sadədir, əlavə olaraq hidrogen sulfiddən ağır yağları, qələvi su ilə emulsiyanı təmizləmək üçün istifadə edilə bilər.
Açar sözlər insan-robot əməkdaşlığı, istehsalat, sənaye robotları, süni intellekt, avtomatlaşdırma, ağıllı texnologiyalar, əmək bazarı, texnoloji yeniliklər	

Müasir texnoloji inkişaf mərhələsində sənaye sahəsində baş verən dəyişikliklər istehsalat proseslərini daha çevik, məhsuldar və təhlükəsiz etmək üçün yeni yanaşmaların tətbiqini zəruri edir. Bu yanaşmalardan biri insan və robotların birgə əməkdaşlığıdır. İnsan-robot əməkdaşlığı (HRC – Human-Robot Collaboration) – bu, insan əməyinin elastikliyi və yaradıcı düşüncəsi ilə robotların dəqiqliyini və davamlılığını birləşdirən birgə iş modelidir. Süni intellektin bu əməkdaşlığa inteqrasiya olunması isə istehsalatın keyfiyyətini və sürətini daha da artırmaq imkanı yaradır. Bu sahədəki inkişaf “Sənaye 4.0” anlayışı çərçivəsində qiymətləndirilir. Sənaye 4.0-dan sənaye 5.0-a keçid, avtomatlaşdırma mərkəzli yanaşmalardan daha çox insan mərkəzli, davamlı və dayanıqlı sənaye modellərinə keçidi simvolizə edir. Bu yeni çərçivədə İnsan–Robot Əməkdaşlığı (HRC) artıq təkcə səmərəliliyin artırılması ilə məhdudlaşmır, həm də iş yerində insan rifahı, yaradıcılığı və təhlükəsizliyinin gücləndirilməsini hədəfləyir. Sənaye 5.0 insanlarla ağıllı maşınlar arasında etik prinsiplərə əsaslanan əməkdaşlıq münasibətlərini vurğulayır və bu əməkdaşlığı süni intellekt dəstəkləyir. Əvvəlki sənaye inqilablarından fərqli olaraq, hansı ki insan əməyini əvəzləməyi hədəfləyirdi. Ənənəvi sənaye robotları əsasən təkrarlanan və proqramlaşdırılmış tapşırıqları icra edən qurğular kimi çıxış edirdilər. Lakin müasir dövrdə kollaborativ robotlar (cobot-lar) insanlarla birgə işləmək üçün nəzərdə tutulmuşdur. Bu robotlar sensorlar, görmə sistemləri və süni intellekt alqoritmləri ilə təchiz olunaraq müstəqil qərar vermə qabiliyyətinə malikdirlər. Belə əməkdaşlıq modelində robotlar fiziki ağır və monoton işləri yerinə yetirir, insanlar isə nəzarət, yaradıcılıq və texniki qərarların verilməsi funksiyalarını öz üzərlərinə götürürlər.

Sənaye 5.0 insanın intellekti və yaradıcılığını robotların dəqiqliyi və gücü ilə birləşdirməyi qarşısına məqsəd qoyur. Süni intellekt sayəsində robotlar konteksti dərk edə bilir, qərar verə bilir və adaptasiya ola bilir. Əməkdaşlıq artıq əvəz etməyə deyil, **ortaq tərəfdaşlığa** çevrilir. Bu məqalədə süni intellektin sənaye 5.0-da insan–robot əməkdaşlığını necə təkmilləşdirdiyi, insan mərkəzli dizayn, etik məsələlər və uyğunlaşa bilən sistemlər müzakirə edilir.

Sənaye 4.0 kiber-fiziki sistemlər, əşyaların interneti (IoT) və ağıllı avtomatlaşdırma üçün əsas təməl qoydu. Lakin bu sistemlər çox vaxt insan işçiləri kənarda qoyur və əvəzolunacaq element kimi qiymətləndirirdi. Sənaye 5.0 isə insanı dəyər yaradılmasının mərkəzinə gətirir, **birgəyaratma**, ortaq intellekt və etik əməkdaşlığa üstünlük verir). Loris Roveda qeyd edir ki, Sənaye 5.0

əməkdaşlığı yenidən müəyyənləşdirir – insan ehtiyaclarını, idrak ergonomikasını və psixoloji təhlükəsizliyi robot sistemlərinə inteqrasiya edir. Süni intellekt təkcə hesablama aləti deyil, həm də **robot funksionallığı ilə insan dəyərləri arasında vasitəçi** rolunu oynayır. Məsələn, robotlar (kooperativ robotlar) artıq insanın emosiyalarına, yorğunluğuna və qeyri-verbal siqnallarına reaksiya verə bilmək üçün maşın öyrənməsi, kompüter görməsi və təbii dil işlənməsi texnologiyalarından istifadə edirlər.

Süni intellekt ilə təchiz olunmuş sistemlər artıq insan tərəfdaşlardan **dinamik şəkildə öyrənə** və real vaxtda adaptasiya ola bilər. Məsələn, gücləndirici öyrənmə robotlara insan geri bildirimini əsasında tapşırıq üstünlüklərini öyrənməyə imkan verir. Dərin öyrənmə texnikaları isə jest və nitqin tanınmasını təmin edir. Robotlar artıq sərt təlimatlara tabe olmur – onlar **insan ritminə və iş tərzinə uyğun adaptasiya olunur**.

İnsan–robot əməkdaşlığı yalnız tapşırığın icrası ilə məhdudlaşmır. Yüksək stressli və ya təkrarlanan iş mühitlərində süni intellekt **fizioloji siqnalları** (ürək döyüntüsünün dəyişkənliyi, üz əzələlərinin gərginliyi və s.) təhlil edərək işçinin stres və ya yorğunluq səviyyəsini qiymətləndirə bilər. Bu sahəyə **effektiv hesablama** deyilir. Belə bir robot əməyin gedişini yavaşlada, kömək təklif edə və ya nəzarətçini xəbərdar edə bilər – bu da **insan rifahını** ön planda tutur .

HRC-də əsas maneələrdən biri **etimadsızlıqdır**. İşçilər çox vaxt anlayamadıqları sistemlərə güvənmirlər. İzaholunan süni intellekt (XAI) robotların qərarlarını **şəffaf və aydın formada** izah etməyə imkan verir. Məsələn, robot qolu montaj zamanı niyə müəyyən bir dəyişiklik etdiyini izah edə bilər. Bu şəffaflıq istifadəçi etimadını və hesabatlılığı artırır – bunlar insan mərkəzli dizayn üçün əsas elementlərdir.

Sənaye 5.0 **istifadə rahatlığından ləyaqətə, məhsuldarlıqdan səlahiyyətləndirməyə** doğru yönəlmiş yeni yanaşma tələb edir. Bu isə insanların təkcə istifadəçi deyil, **əməkdaş sistemlərin həm də orta q dizaynerləri** kimi iştirakını nəzərdə tutur.

Emalatxanalar və dizayn atelyeləri operatorlara robot davranışlarını **öz bacarıqları və mədəni kontekstləri ilə uyğunlaşdıraraq birlikdə yaratmaq** imkanı verir. Bu cür yanaşma **daha yüksək qəbul, az səhv və yüksək iş məmnuniyyəti** ilə nəticələnir.

Ənənəvi sənaye mühitlərində insanlar robotlardan təhlükəsizlik səbəbilə uzaq saxlanılırdı. Sənaye 5.0-da isə kobotlar **insanlara yaxın məsafədə təhlükəsiz fəaliyyət** göstərə biləcək şəkildə hazırlanır. Süni intellekt əsaslı proqnozlaşdırıcı nəzarət sistemləri kobotlara toqquşma riskini təyin etmək, trayektoriyasını dəyişdirmək və ya əməliyyatları müvəqqəti dayandırmaq imkanı verir. Artıq HRC sistemlərinin **şəffaflıq, ədalət, hesabatlılıq və məxfiliyə** riayət etməli olduğu geniş şəkildə qəbul edilir. Dəyərlərə həssas dizayn yanaşması sistemlərin qərəzləri gücləndirməməsini və işçi müstəqilliyini pozmasını təmin edir. Avropa İttifaqının **süni intellekt aktı** kimi normativ çərçivələr bu prinsipləri rəsmi şəkildə dəstəkləyir.

Müasir istehsalat sahələrində, məsələn, avtomobil və ya elektronika sektorlarında, süni intellekt ilə təchiz olunmuş kobotlar texniklərlə yanaşı işləyir, onların hərəkətlərini öyrənir və növbəti addımı öncədən təxmin edir. Məsələn, bir kobot bir detallı yerində saxlaya və ya lazım olan aləti vaxtında verə bilər – bunlar hamısı sözlü komandasız baş verir. Bu sinxronluq zamanı, fiziki gərginliyi və zehni yorğunluğu azaldır.

Ağır sənaye və ya aerokosmik sahələrdə, vizual SI və artırılmış reallıq (AR) interfeysləri ilə təchiz olunmuş kobotlar texniklərə mürəkkəb yoxlamalarda kömək edir. Bu kobotlar anormalılıqları aşkar edə, tarixçəni AR vasitəsilə göstərə və hətta düzəldici tədbirlər təklif edə bilirlər – bütün bunlar texnikin nəzarəti altında olur. Bu yalnız məhsuldarlığı artırmaqla qalmır, həm də insanın mühüm qərarvermə bacarığını qoruyur.

Rəqəmsal ikizlər və VR/AR texnologiyalarından istifadə etməklə mühəndislər və operatorlar kobotlarla uzaqdan əməkdaşlıq edə bilirlər. SI fiziki sistemlərin rəqəmsal nüsxələrini sinxronlaşdıraraq real vaxtda monitoring və qərarverməni təmin edir. Bu xüsusilə təhlükəli və ya uzaq ərazilərdə faydalıdır.

Sənaye 5.0-nın böyük vədlərinə baxmayaraq, HRC-nin həyata keçirilməsi zamanı bir sıra texniki və sosial çağırışlar mövcuddur:

Məlumat Məxfiliyi: Emosional və fizioloji müşahidə etik suallar doğurur.

Bacarıq Uyğunsuzluğu: Bütün işçilər ağıllı sistemlərlə işləmək üçün təlim almamışdır.

Sistem Şəffaflığı: İzaholunan SI yalnız mühəndislər üçün deyil, bütün istifadəçilər üçün başa düşülən olmalıdır.

Uzunmüddətli Etimad: Davamlı əməkdaşlıq üçün etimad zamanla formalaşmalıdır, yəni robotlar ardıcıl davranış nümayiş etdirməli və insanın üstünlüklərini öyrənməlidirlər. Bu məsələlərin həlli üçün tədqiqatçılar dizayn multimodal qarşılıqlı əlaqə, mədəniyyətlərarası və etnoqrafik qiymətləndirmə üzərində işləyirlər. Bundan əlavə, qayda əsaslı və öyrənmə sistemlərin birləşdirildiyi hibrid süni intellekt yanaşmaları da inkişaf etdirilir ki, bu da çevikliyi və proqnozlaşdırmanı tarazlayır. Sənaye 5.0-da insan–robot əməkdaşlığı işin görülmə tərzinin əsaslı şəkildə yenidən düşünülməsini tələb edir. Artıq robotlar sadəcə avtomatlaşdırma alətləri deyil – onlar orta, dinamik və insan mərkəzli iş məkanında tərəfdaşlara çevrilirlər. Uyğunlaşa bilən süni intellekt, emosional intellekt və iştirakçı dizayn vasitəsilə HRC daha mənalı, təhlükəsiz və etik baxımdan uyğun sənaye mühitlərinə yol açə bilər.

Gələcəyə baxdıqda, çağırış yalnız texnoloji deyil, fəlsəfi xarakter daşıyır: Biz necə maşınlar yarada bilərik ki, onlar insanlara sadəcə kömək etməsin, həm də onlara xidmət etsin, hörmət göstərsin və onları gücləndirsin? Cavab fənlərarası əməkdaşlıqda və insan ləyaqətini innovasiyanın mərkəzinə qoymaqla yatır.

Süni intellekt sistemləri istehsalat proseslərinin optimallaşdırılmasında mühüm rol oynayır. Məlumatların emalı, anomaliyaların aşkarlanması, proqnozlaşdırma, qərarvermə və keyfiyyətə nəzarət kimi sahələrdə süni intellektdən istifadə olunur. Məsələn, dərin öyrənmə alqoritmləri məhsul xətlərini avtomatik tanıya bilər, bu da məhsulun keyfiyyətini artırır və itkiləri azaldır. Süni intellekt həmçinin robotların real vaxtda adaptiv davranış sərgiləməsinə şərait yaradır ki, bu da onları daha çevik və insanla uyğun işləyən hala gətirir.

İnsan-robot əməkdaşlığı və süni intellektin tətbiqi ilə bəzi peşələrin avtomatlaşdırılması baş verir. Lakin bu eyni zamanda yeni ixtisas və iş yerlərinin yaranmasına da səbəb olur. Robot operatorları, proqramçılar, texniki mühəndislər və süni intellekt mütəxəssisləri kimi sahələrə tələbat artır. Əlavə olaraq, bu texnologiyalar iş şəraitini yaxşılaşdırır, təhlükəli sahələrdə insanın yerini robotlar tutur.

İstehsalatda insan-robot əməkdaşlığı və süni intellektin tətbiqi sənaye proseslərinin daha səmərəli, təhlükəsiz və məhsuldar şəkildə təşkil olunmasına imkan yaradır. Bu əməkdaşlıq modeli insanın intellektual və yaradıcılıq imkanları ilə robotların fiziki gücünü və dəqiqliyini birləşdirərək yeni nəsil istehsalat sistemlərinin formalaşmasına səbəb olur. Süni intellektin dəstəyi ilə robotlar daha çevik və müstəqil qərarlar qəbul edə bilər, bu isə onları real vaxtda dəyişən mühitə uyğunlaşmağa qadir edir.

Eyni zamanda, bu texnologiyaların tətbiqi əmək bazarında yeni peşə və bacarıqların formalaşmasını tələb edir. Gələcəyin sənayesində uğur qazanmaq üçün mühəndislik, proqramlaşdırma və analitik düşünmə kimi sahələrdə ixtisaslaşmış kadrlara ehtiyac artacaq. Bu səbəbdən də ali təhsil müəssisələri və sənaye müəssisələri arasında əməkdaşlıq gücləndirilməli, insan kapitalına sərmayə yatırımı artırılmalıdır.

Nəticə etibarilə, insan-robot əməkdaşlığı və süni intellekt yalnız istehsalatın texniki tərəflərinə deyil, həm də sosial-iqtisadi strukturlarına təsir göstərən çoxsəhəli və strateji əhəmiyyətli bir mövzudur. Bu səbəbdən onun davamlı inkişafı və düzgün idarə olunması cəmiyyətin dayanıqlı gələcəyi üçün vacib şərtlərdən biridir.

Ədəbiyyat

- [1]. Rajesh E.M., T. K. Soon, et al. (2020). Human-Robot Collaboration in Smart Manufacturing: A Review of the State-of-the-Art. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 31(5), 1025–1044.
- [2]. International Federation of Robotics (IFR). (2023). *World Robotics Report*.
- [3]. <https://ifr.org>
- [4]. Siciliano, B., & Khatib, O. (Eds.) (2016). *Springer Handbook of Robotics*. Springer.
- [5]. Loup, A., & Marques, G. (2021). Artificial Intelligence and Robotics in Industry 4.0: Current Applications and Future Perspectives. *Robotics and Autonomous Systems*, 142, 103795.
- [6]. Yüksel, A. S. (2022). İnsan-Robot İşbirliği ve Endüstri 4.0 Bağlamında Uygulamalar. *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18(1), 45–58.
- [7]. Əliyev, M. R. Süni intellektin sənayedə tətbiqi və əmək bazarına təsiri. Bakı: Elm və Təhsil Nəşriyyatı. 2021
- [8]. Коваленко, И.В. (2020). Интеграция робототехники и искусственного интеллекта в промышленном производстве. Москва: Техносфера.
- [9]. European Commission (2022). Ethics Guidelines for Trustworthy AI. <https://ec.europa.eu>
- [10]. OECD (2023). The Impact of AI on the Labour Market. OECD Publishing. <https://www.oecd.org/ai/>

Summer

Human-Robot Collaboration in Manufacturing and the Role of Artificial Intelligence Dovlatzadeh A.A.

Key words: *human- robot collaboration, manufacturing, industrial robots, artificial intelligence, automation, smart technologies, labor marker, technological innovations.*

In modern industrial production, human-robot collaboration is gaining increasing importance, especially with the rapid advancement of artificial intelligence (AI). The integration of AI and robotic systems enhances the efficiency, safety, and flexibility of manufacturing processes. This article explores the main directions of human-robot interaction, the role of AI in task automation, and the benefits and challenges associated with the implementation of these technologies. Special attention is given to the impact of AI on the labor market, workforce training, and ethical issues in the context of industrial transformation. The paper analyzes examples of successful applications of human-robot collaboration in various industries, emphasizing the importance of harmoniously combining human intelligence with the capabilities of modern technologies.

Резюме

Сотрудничество человека и робота в производстве и роль искусственного интеллекта Довлатзаде А.А.

Ключевые слова: *человеко-роботное сотрудничество, производство, промышленные роботы, искусственный интеллект, автоматизация, умные технологии, рынок труда технологические инновации.*

В современном промышленном производстве всё большую значимость приобретает сотрудничество между человеком и роботом, особенно в условиях стремительного развития искусственного интеллекта (ИИ). Интеграция ИИ и робототехнических систем позволяет повысить эффективность, безопасность и гибкость производственных процессов. В статье рассматриваются основные направления человеко-роботного взаимодействия, роль ИИ в автоматизации задач, а также преимущества и вызовы, связанные с внедрением этих технологий. Отдельное внимание уделяется влиянию ИИ на рынок труда, подготовке кадров и вопросам этики в контексте промышленной трансформации. Анализируются примеры успешного применения человеко-роботного сотрудничества в различных отраслях, что подчеркивает важность гармоничного сочетания человеческого интеллекта и возможностей современных технологий.

Mündəricat * Содержание * Contents

Riyaziyyat. Fizika

1. *Мусаева М.А.* Метод обратных задач диагностики нефтяных пластов 4
2. *Əliyeva K.R.* Neyron şəbəkə ilə obraz tanıma məsələlərinin analizi 12
3. *Quliyeva K.Ə.* (TlInTe₂ – TlDyTe₂) sistem ərintisinin qəfəs istilikkeçiriciliyi və fononların sərbəst yolunun orta uzunluğu 18

Kimya

4. *Jafarov V.J., Manafov M.A., Bektashi S.A., Rajabova M.J., Khalilova S.M., İsmailova G.J., Karimova N.N., Alimirzaeva N.A.* Characteristics of composites based on high-dense polyethylene and polyacrylate 23
5. *Mustafayev M.M., Cavadova S.H., Əhmədova F.F.* 3 -propeniloksipropan turşusunun propinil efinin katalitik hidrosililləşdirilməsi 32
6. *Hətəmov M.M., Şirinov P.M., Rüstəmov G.C., Mustafayeva X.M.* Elektrokimyəvi metodla neftin və qazkondensatın hidrogensulfiddən təmizlənməsi 37

Ekologiya

7. *Мамедов Р.Я., Гаджиева С.Р., Байрамов Г.И., Джафарова Н.М.* Проведение исследования по определению экологически эффективных коагулянтов для глубокой очистки сточных вод нефтеперерабатывающей промышленности 43
8. *Ahmədova R.R., Hasanov H.M., Həjiyeva Kh.A., Seyidova G.M., Amirova M.R.* Utilization methods and economic efficiency of different types of ASH 49
9. *Kərimova A.Ə.* İqlim dəyişiklikləri və onun Azərbaycanda təbii ekosistemlərə təsiri 54

Biologiya

10. *Xəlilov T.A., Məmmədov İ.Y., Ələkbərli G.Y.* Zəhərli kimyəvi maddələrin işçi zonasının havasında gigiyenik reqlamentləşdirilməsi 59
11. *Əhmədova R.K., Əzizova X.S.* Azərbaycanda malyariya xəstəliyinin yayılması 65

Texnika

12. *Hüseynov A.H., Səlimova M.R., Hüseynzadə A.E.* Avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sistemlərinin paylanmış heterogen verilənlər bazalarına əsaslanan biliklər bazasının təşkili üçün multiagent sistemin işlənməsi 71
13. *Cabbarova K.İ.* Z-informasiyaya əsaslanan interpolyasiya üsulu 77
14. *Алиева А.Г.* Разработка функциональной схемы автоматизированной корпоративной информационной системы инженерного факультета СГУ 83
15. *Salmanova M.N.* Mexaniki emal mərkəzinin intensivlik səviyyəsinin təyini üçün qərar qəbulətmə modeli 87
16. *Şirinova A.Y., Həsənova Ü.E.* Katod mühafizə stansiyasının avtomatlaşdırılması 93
17. *Dövlətzadə A.Ə.* İstehsalatda insan-robot əməkdaşlığı və süni intellekt 96

Təsisçi: Sumqayıt Dövlət Universiteti

“Elmi Xəbərlər. Təbiət və texniki elmlər bölməsi” jurnalı Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirinin 27.10.2000-ci il tarixli, 991 sayılı əmrinə əsasən nəşr edilir.

Azərbaycan Respublikası Ədliyyə Nazirliyi tərəfindən qeydiyyatda alınmışdır.

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının qərarı ilə elmi nəşrlər siyahısına daxil edilmişdir.

Jurnal Rusiya Elmi İstinad İndeksinə (REİİ) daxil edilmişdir (müqavilə № 408-10/2019)

https://elibrary.ru/title_about.asp?id=73721

Məqalələrin tərtibatı qaydaları ilə jurnalın rəsmi saytında <https://www.ssu-scientificnews.edu.az/az> tanış olmaq olar.

Учредитель: Сумгаитский государственный университет

Журнал «Научные Известия. Серия: Естественные и технические науки» издается на основании приказа № 991 Министра Образования Азербайджанской Республики от 27.10.2000-го года.

Зарегистрирован Министерством Юстиции Азербайджанской Республики.

Включен в список научных изданий Высшей Аттестационной Комиссии при Президенте Азербайджанской Республики.

Журнал включен в Российский Индекс Научного Цитирования (РИНЦ. Договор № 408-10/2019)

https://elibrary.ru/title_about.asp?id=73721

С правилами оформления статей можно ознакомиться на официальном сайте журнала

<https://www.ssu-scientificnews.edu.az/az>

Founder: Sumgayit State University

The Journal of "Scientific News. Series for Natural and Technical Sciences" is published due to the order № 991 of the Minister of Education of the Republic of Azerbaijan from 27.10.2000.

It has been registered by the Ministry of Justice of the Republic of Azerbaijan.

It has been included to the list of scientific publications of the Supreme Attestation Commission under President of the Republic of Azerbaijan

The journal is included in the Russian Scientific Citation Index (RSCI. Contract № 408-10/2019)

https://elibrary.ru/title_about.asp?id=73721

The rules for the design of articles can be found on the official website of the journal

<https://www.ssu-scientificnews.edu.az/az>

Məsul katib	<i>S.Şahverdiyeva</i>
Texniki redaktor	<i>E.Həsəratova</i>

Çapa imzalanmışdır: 29.09.2025-ci il
Mətbəə kağızı, kağızın formatı: 70*108 ¼
Yüksək çap üsulu. Həcmi: 23,18 ş.ç.v.
Sifariş 55. Tiraj 250 nüsxə.
Qiyməti müqavilə yolu ilə.

Sumqayıt Dövlət Universiteti
Redaksiya və nəşr işləri şöbəsi

Müxbir ünvan

Azərbaycan, 5008, Sumqayıt, 43-cü məhəllə
Tel: (0-12) 448-12-74
(0-18) 644-70-41

Web: https://sdu.edu.az/az/scientific_publications

E-mail: sevda.shaxverdiyeva@sdu.edu.az

