ҒТАМР 52.31.01 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.1.30-1373**

ТАУ-КЕН ЖҰМЫСТАРЫНДАҒЫ ҚАЗУ ЖӘНЕ ТИЕУ ҮРДІСТЕРІНДЕ ЦИФРЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ҚОЛДАНУ

[1]А.А. Орынбай, [1]Т.С. Ибырханов✉, [2]Е.О. Исабаев, [3]А.И. Ибырханова

[1]К.И. Сәтпаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан,
[2]"Tarbagatai Keni" LLP, Астана, Қазақстан,
[3]Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды, Қазақстан

✉ *Корреспондент-автор: ibir.tem@mail.ru*

Қазіргі уақытта біздің еліміздің тау кен өнеркәсібі жасанды интеллект сияқты заманауи технологиялардың дамуы мен тау кен жұмыстарындағы автоматтандырылған өндірістік процестерге енгізілуіне байланысты трансформациялық өзгерістерге ұшырауда. Бұл мақалада тау кен өндіру саласында заманауи цифрлық шешімдерді қолдану мәселелері, сондай ақ олардың экономикалық тиімділігі «Алтыналмас» АҚ кен орны және Қазақстан Республикасының басқа да пайдалы қазбалар кен орындары мысалында талданады.

2025 жылы Қазақстан Республикасының Президенті Қасым-Жомарт Тоқаевтың ел халқына Жолдауы «Қазақстан жасанды интеллект дәуірінде: негізгі сын қатерлер және оларды цифрлық трансформация арқылы шешу жолдары» деген атпен ұсынылды [1].

Мемлекет басшысы таяу жылдары Қазақстанда толыққанды цифрлық мемлекет құрудың стратегиялық мақсатын белгіледі. Бұл міндетті іске асыру еліміздің барлық тау кен өндіру саласын қоса алғанда, экономиканың барлық секторларында еңбек өнімділігінің тиімділігін және өнеркәсіптік қауіпсіздік деңгейін арттыруға бағытталған зияткерлік жүйелер мен цифрлық технологияларды ауқымды енгізуді көздейді.

Жасанды интеллект технологияларын қолдану қауіпті, күрделі және уақытты қажет ететін өндірістік процестерді жеңілдетуге ықпал етеді, олардың қауіпсіздігі мен кен орындарында ашық тау кен жұмыстары кезінде пайдалы компонентті жоғалтпай қазудың экономикалық тиімділігін арттырады. Мансапты цифрландыру «Индустрия 4.0» және "ақылды мансап" ұғымдарының негізгі элементіне айналады, бұл басқарудың дәстүрлі әдістерінен деректерге негізделген ақылды шешім қабылдау жүйелеріне көшуді қамтамасыз етеді [2].

Ашық тау кен жұмыстарын цифрландырудың негізгі бағыттарының бірі геоақпараттық жүйелерді (ГАЖ) және кен орындарының цифрлық модельдерін (цифрлық егіз) қолдану болып табылады.3D геологиялық және тау кен техникалық модельдеуді қолдану тау кен жұмыстарын жоспарлаудың дәлдігін арттыруға, кертпелердің, карьерлердің және көлік схемаларының параметрлерін оңтайландыруға, сондай ақ геологиялық ақпараттың белгісіздігімен байланысты тәуекелдерді азайтуға мүмкіндік береді. ГАЖ өндірістік деректермен интеграциялау тау кен жұмыстарының орындалуын және жобалық шешімдерден ауытқуларды жедел бақылауды қамтамасыз етеді.

Түйін сөздер: кен орын; пайдалы қазба, сапа басқару жүйесі, машиналық көру, жасанды интеллект, тауар өнімінің сапасы, гранқұрам, жер қойнауын ұтымды және кешенді игеру, тау кен өнеркәсібі.

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ВЫЕМОЧНО ПОГРУЗОЧНЫХ ПРОЦЕССАХ НА ГОРНЫХ РАБОТАХ

[1]А.А. Орынбай, [1]Т.С. Ибырханов✉, [2]Е.О. Исабаев, [3]А.И. Ибырханова

[1]НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева», Алматы, Казахстан,
[2]ТОО «Тарбагатай кени», Астана, Казахстан,

[3]*Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова, Караганда, Казахстан,*
e-mail: ibir.tem@mail.ru

В настоящее время горнодобывающая промышленность нашей страны переживает значительные трансформационные изменения, обусловленные развитием и внедрением современных технологий, таких как искусственный интеллект (ИИ) в автоматизированные производственные процессы в добычных горных работах. В данной статье анализируются вопросы применения современных цифровых решений в горнодобывающей отрасли, а также их экономическая эффективность на примере месторождении АО «Алтыналмас» и др. месторождениях полезных ископаемых Республики Казахстан.

В 2025 году послание президента Республики Казахстана Касым-Жомарта Токаева народу страны было представлено под названием «*Казахстан в эпоху искусственного интеллекта: ключевые вызовы и пути их решения через цифровую трансформацию*» [1].

Глава государства обозначил стратегическую цель для нас в ближайшие годы сформировать в Казахстане полноценное цифровое государство. Реализация данной задачи предполагает масштабное внедрение интеллектуальных систем и цифровых технологий, направленных на повышение эффективности производительности труда и уровня промышленной безопасности во всех секторах экономики, включая всю горнодобывающую отрасль нашей страны.

Использование технологий ИИ способствует упрощению опасных, сложных и трудоемких производственных процессов, повышая их безопасность и экономическую эффективность выемки без потерь полезного компонента при открытых горных работах на месторождениях. Цифровизация карьеров становится ключевым элементом концепций «Индустрия 4.0» и «умный карьер», обеспечивая переход от традиционных методов управления к интеллектуальным системам принятия решений на основе данных [2].

Одним из основных направлений цифровизации открытых горных работ является применение геоинформационных систем (ГИС) и цифровых моделей месторождений. Использование 3D геологического и горнотехнического моделирования позволяет повысить точность планирования горных работ, оптимизировать параметры уступов, бортов карьеров и транспортных схем, а также снизить риски, связанные с неопределенностью геологической информации. Интеграция ГИС с производственными данными обеспечивает оперативный контроль выполнения горных работ и отклонений от проектных решений.

Ключевые слова: месторождение, полезное ископаемое, система управления качеством, машинное зрение, искусственный интеллект, качество товарной продукции, грансостав, рациональное и комплексное освоение недр, горнодобывающая промышленность.

THE USE OF MODERN DIGITAL TECHNOLOGY IN MINING AND LOADING PROCESSES.

[1]A.A. Orynbay, [1]T.S. Ibyrkhanov✉, [2]E.O. Isabaev, [3]A.I. Ibyrkhanova

[1]*NJSC « K.I. Satpayev Kazakh National Research Technical University» Almaty, Kazakhstan,*
[2]*LLP «Tarbagatai keni» Astana, Kazakhstan,*
[3]*Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan,*
e-mail: ibir.tem@mail.ru

Currently the mining industry in our country is undergoing significant transformational changes due to the development and implementation of modern technologies such as artificial intelligence (AI) in automated production processes in mining operations. This article analyzes the issues of using modern digital solutions in the mining industry, as well as their economic efficiency using the example of the Joint Stock Company Altynalmas deposit and other mineral deposits in the Republic of Kazakhstan.

In 2025 the message of the President of the Republic of Kazakhstan Kassym-Jomart Tokayev to the

people of the country was presented under the title *«Kazakhstan in the era of artificial intelligence: key challenges and ways to solve them through digital transformation»* [1].

The Head of State outlined a strategic goal for us to form a full-fledged digital state in Kazakhstan in the coming years. The implementation of this task involves the large-scale implementation of intelligent systems and digital technologies aimed at improving labor productivity and industrial safety in all sectors of the economy, including the entire mining industry of our country.

The use of AI technologies helps simplify dangerous, complex and time consuming production processes, increasing their safety and economic efficiency of excavation without loss of a useful component during open pit mining operations. Digitalization of careers is becoming a key element of the concepts of «Industry 4.0» and «smart career», ensuring the transition from traditional management methods to intelligent data-based decision-making systems [2].

One of the main directions of digitalization of open pit mining is the use of geographic information systems (GIS) and digital models of deposits (digital twin). The use of 3D geological and mining engineering modeling makes it possible to increase the accuracy of mining planning, optimize the parameters of ledges, sides of quarries and transport schemes, as well as reduce the risks associated with the uncertainty of geological information. The integration of GIS with production data ensures operational control of mining operations and deviations from design decisions.

Keywords: deposit, mineral resource, quality management system, machine vision; artificial intelligence, quality of marketable products, grant composition, rational and integrated development of mineral resources, mining industry.

Кіріспе. Қазақстан Республикасының индустриялық қаңқасының сенімді тірегінің бірі дәстүрлі түрде тау кен металлургия кешені болып табылады.

Елімізде тау кен өндіру саласы даму барысында бірқатар елеулі технологиялық өзгерістерден өтті.

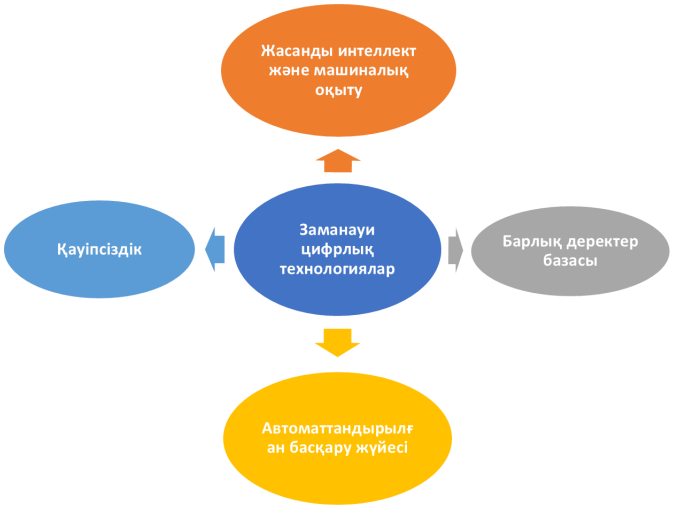
Әлемдік деңгейдегі көрнекті ғалым, КСРО ҒА академигі Қаныш Имантайұлы Сәтбаевтың басшылығымен жұмыс істеген ғалымдар, геологтар қызметінің арқасында өткен ғасырда Қазақстан Республикасының аумағында 100-ден астам ірі және орта, сондай-ақ 500-ден астам қатардағы пайдалы қазбалар кен орындары ашылып, мемлекеттік есепке қойылды. Жүргізілген геологиялық барлау жұмыстарының нәтижесінде Қазақстан Республикасы ірі тау кен өндіруші мемдекет елдердің бірі ретінде қалыптасты [2].

Жақында тау кен өнеркәсібіндегі жаңа революция біздің еліміздің саласына әсер ете бастады. Тау кен өнеркәсібін цифрландыру бұл ең жаңа шекара, тау кен технологиясының локомотиві болып саналады. Әр түрлі спектрдегі тапсырмаларды нақты орындай алатын байланыс және сымсыз жүйелерді жақсарту үшін зерттеулер мен әзірлемелер жүргізілуде.

Тау кен жұмыстарының цифрлық трансформациясы өнеркәсібтің перспективті бағыттарының біріне айналды [3-5].

Жоғары бәсекелестікте экологиялық талаптар мен өнеркәсіптік қауіпсіздік стандарттардың қатаңдалуымен, сондай ақ шығындарды азайта отырып, өнімділікті арттыру қажеттілігімен сипатталатын қазіргі әлемдік нарық жағдайында, өндірістік процестерді автоматтандырылуы, пайдалы қазбалар кен орындары қызметінің тиімділігін бейімдеу мен арттырудың маңызды құралы болып табылады [6,7]. Жасанды интеллекті енгізумен заманауи ”ақылды камера” техникалық байқауы тау-кен өнеркәсібіндегі негізгі цифрлық технологиялардың бірі болып саналады 1 суреттегі.

Жасанды интеллект пен автоматтандырылған басқару жүйесінің (АБЖ) енгізілуі өндірістік процестерді оңтайландыруға, қауіпсіздік деңгейін арттыруға, пайдалану шығындарын азайтуға және компаниялардың бәсекелестік позицияларын нығайтуға кең мүмкіндіктер ашады.



1-сурет. Таукен өндіру өнеркәсібіндегі цифрлық технологиялар

Тау кен өнеркәсібін дамытудың қазіргі кезеңі қуаттылықтың кең көлемде өсуінен толық деректер базасын жүргізу арқылы терең технологиялық оңтайландыруға көшумен сипатталады. Қазу тиеу жұмыстары пайдалы қазбалар кен орнының пайдалану шығындарының 40-60% дейін тиесілі құн тізбегіндегі негізгі буын болып табылады [8-9].

Ғалымдардың қазіргі заманғы зерттеулерінің барлығы дерлік ашық карьерлердегі тау кен массасын қазу және тиеу процестері дәстүрлі түрде тау кен өндірісіндегі ең көп уақытты қажет ететін және қауіпті операциялардың бірі болып қала беретінін атап көрсетеді. Бұл процестер айтарлықтай күрделі механикалық жүктемелер мен жабдықтардың тозуы жағдайында адамның белсенді қатысуын талап етеді.

Тау кен өнеркәсібінің көптеген халықаралық сарапшылары мұндай кезеңдердегі автоматтандырудың төмен деңгейі екі маңызды салдары бар екенін атап өтті:

- өнімділіктің шектелуі: автоматтандыру деңгейінің жеткіліксіздігі тиімді өнімділікті айтарлықтай шектейді;

- қауіпсіздікті арту: физика техникалық жағдайлардың күрделілігі, тау жыныстарының геомеханикалық сипаттамаларының әртүрлілігі және карьерлердегі технологиялық жағдайдың үнемі өзгеруі жұмыс орындарындағы тәуекелдердің ықтималдығын арттырады.

Осы мәселелерді шешу үшін қазіргі заманғы цифрлық технологиялар мен трансформация процестерін енгізу қажет. Бұл контексте біздің түпкі мақсатымыз сандық тау кен кәсіпорнын құру. Мұндай кәсіпорын келесі мүмкіндіктерді қамтамасыз ете алады:

- процестерді автоматтандыру және цифрлық басқару арқылы өнімділікті арттыру;

- қашықтықтан бақылау және автоматтандырылған жүйелерді қолдану арқылы еңбек қауіпсіздігін жақсарту;

- нақты уақыт режимінде деректерді жинау және талдау арқылы шешімдердің дәлдігін жоғарылату;

- жабдықтың тозуын азайту жәнге оның жұмыс мерзімін ұзарту;

- геомеханикалық жағдайлар мен технологиялық параметрлерді үнемі бақылау арқылы тәуекелдерді азайту.

Осылайша, сандық тау кен кәсіпорнын құру бұл тау кен өндірісінің тиімділігі мен қауіпсіздігін арттырудың негізгі жолы, ол дәстүрлі әдістердің шектеулерін жеңуге мүмкіндік береді.

Тау кен кешенін толық басқару жүйелері цифрлық кәсіпорынның негізгі орталық буыны болып табылады. Аталған жүйелер ашық тау кен жұмыстары шеңберінде қолданылатын барлық цифрлық жүйелерді интеграциялап, кен

орындарындағы тау кен өндірісінің тиімділігін арттыруды және өндірістік қауіпсіздіктің жоғары деңгейін қамтамасыз етуді көздейді [9-13].

Материалдар мен әдістер. Геоақпараттық жүйелер және цифрлық модельдер пайдалы қазбалар кен орындарының ашық тау кен жұмыстарын кеңістіктік талдау мен жоспарлаудың негізі болып табылады. Карьерлердің 3D модельдерін пайдалы компонентті жоғалтпай қазба көлемін дәлірек анықтауға, блоктардың жиектер параметрлерін және тау массасының дурыс қозғалу схемасын оңтайландыруға мүмкіндік береді. Сандық егіз геологиялық, технологиялық және өндірістік ақпаратты біріктіреді, басқарушылық шешімдер қабылдауға қолдау көрсетеді және тау кен жұмыстарының орындалуына жедел бақылау жасайды 2 сурет.

Цифрлық егіз жүйесін жобалау немесе әзірлеу кезінде еңбек қауіпсіздігін, сенімділікті және табыстылықты арттыруды қамтамасыз ететін заманауи шешім қабылдаушы ретінде анықтауға болады [14,15].

Тау кен жұмыстарында жасанды интеллект пен машиналық көруді қолдану түбегейлі арттыра алады. Жасанды интеллект қазу тиеу процестерін цифрландырудың негізгі құралдарының бірі болып табылады. Қазіргі машиналық оқыту алгоритмдері өндірістік деректерді талдау, жабдықтың техникалық күйін болжау және оның жұмыс режимдерін оңтайландыру үшін қолданылады. Машиналық көру жүйесін енгізу тау массасының гранулометриялық құрамын автоматты түрде анықтауға, тиеу сапасын бақылауға және кен ағынына бөгде қосындылардың түсуіне жол бермеуге мүмкіндік береді. Бұл әсіресе тауарлық өнімнің сапа параметрлерін қатаң сақтауды қажет ететін пайдалы қазбаларды өндіруде өте маңызды.



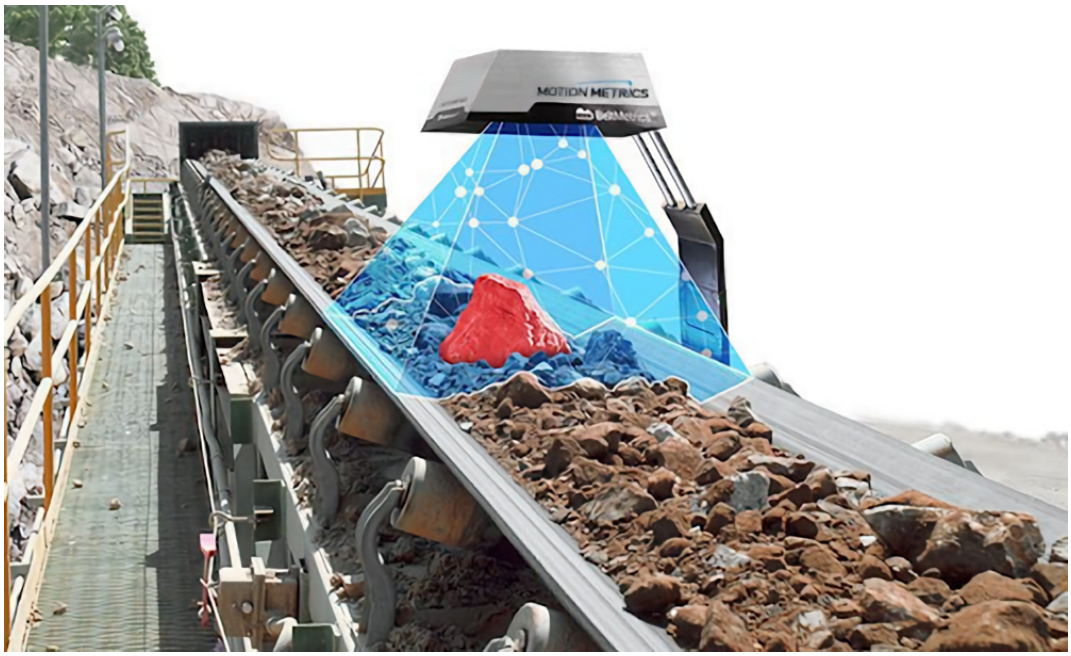
2-сурет. Геоақпараттық жүйелер

«Цифрлық кен орны» бағдарламасын алғашқылардың бірі болып іске қосқан «Алтыналмас» АҚ алтын өндіруші компаниясы ZIIot платформасы «MES» негізінде кен орындарында енгізді. Отандық интеграциялық платформалар тау кен кәсіпорындарына жасанды интеллект енгізумен цифрлық егіз негізінде қазу тиеу жұмыстарын басқарудың кешенді автоматтандырылған жоғары жылдамдықты интеграцияланған жүйесін құруға мүмкіндік берді және оны гетерогенді қолданбалы бағдарламадан барлық қажетті деректермен толтыруды қамтама-

сыз етеді. Барлық статистика мен аналитика жауапты тұлғалар мен басшыларға мобильді құрылғыларға жіберіледі. Сонымен қатар, басшылық интернет байланысы бар әлемнің кез келген нүктесінен фабрикада барлық жүргізіп отырған жұмыстың нақты жағдайын бақылай алады. Ішкі құжат айналымы да цифрлық форматқа көшті, бұл күнделікті қағаз процестерін жеңілдетіп, адам факторнын жойып тастады.

Кәсіпорындарда электрондық цифрлық қолтаңбаларды пайдалана отырып, ауысымдық тапсырмаларды басқарудың автоматтандырылған жүйесі орналастырылды. «Цифрлық кен орны» бағдарламасы аясында барлығы 15-20 ға жуық жобаны орындау қажет. Іске асырылғандардың бірі шөлді және Ақсу-2 алтын кен карьерлеріндегі автопаркті автоматтандырылған басқару. Сонымен қатар, кен орындарында самосвалдар үшін де, басқа карьерлік техникалар үшін де позициялау жүйелері бар: экскаваторлар, бульдозерлер, және грейдерлер. Сондай ақ, «Алтыналмас» АҚ шахтадан фабрикаға тұжырымдамасын дамытып жатқанын айта кеткен жөн. Бұл қиындықтарды іздеу және әртүрлі технологиялық процестерді оңтайландыру үшін өндіріске кешенді тәсіл. Компанияның мәліметінше, ол әлемдік тәжірибеге жүгінген және M2M енгізген алғашқы жер қойнауын пайдаланушы болды. Алтын өндіруші гранқұрамын бақылау үшін жасанды интеллект енгізу арқылы кендердің габаритті емес шығымдылығын азайта алды.

Тау кен массасын қазу және тиеу қол еңбегінің жоғары үлесімен, тау кен жабдықтарына айтарлықтай жүктememен және қызметкерлер үшін жоғары тәуекелдермен сипатталады. Цифрлық 3D технологияларды қолдану автоматтандыру, бақылау және интеллектуалды басқару арқылы осы процестердің ұйымдастырылуын айтарлықтай өзгертуге мүмкіндік береді. Заманауи цифрлық шешімдер экскаваторлардың, тиегіштердің және қосалқы техниканың жұмыс параметрлерін оңтайландыруға ықпал ететін нақты уақыттағы деректерді жинауды және талдауды қамтамасыз етеді.



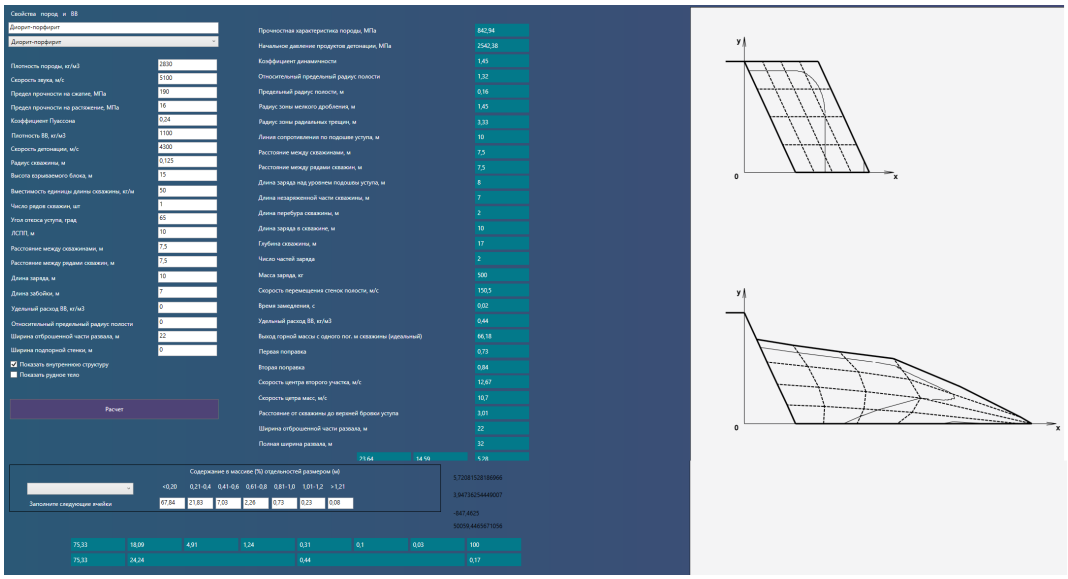
3-сурет. Гранулометриялық құрамды бақылау үшін жасанды интеллект

ЖШС «Solidcore Resource» алтын өндіруші компаниясы да осындай SAP S/4HANA және PortaMetrics™, ShovelMetrics™, LoaderMetrics™, TruckMetrics™, BeltMetrics™ құралдарына жүгінеді. Жүйе жасанды интеллект қызметімен түрінде жүзеге асырылады.

Сервис кіріске бір бейнекамерадан суреттер ағынын қабылдайды және нәтижесінде компьютерлік көру технологияларын қолдана отырып, көрінетін қабатты талдау арқылы конвейердегі ұсақталған кендердің түйіршіктелген құрамы туралы ақпарат береді. Варварин кен орнында машиналық көру камералары кеннің үлкен бөліктерін анықтайды және конвейерді тоқтату үшін дер кезінде сигнал береді, ал Бақыршық кен орнында флотомашиналардың көбік жүктемесі мен сапасын талдайды. Ірі тау жыныстарының сынықтары тіс сындыруы мүмкін, ол кенмен араласып, кейіннен ұсатқышқа зақым келтіруі мүмкін. Мұндай тістің қаттылығы мен салмағы жабдықтың ұсақталуы үшін тым жоғары, бұл қымбат жабдықтың ұзақ уақыт жұмыс істемеуіне немесе тіпті істен шығуына әкеледі. Бұл сценарийдің алдын алу үшін Motion Metrics компаниясы барлық карьерлік экскаваторлар мен тиегіштерге арналған ShovelMetrics™ және LoaderMetrics™ жүйелерін жасап шығарды.

Қазіргі уақытта ShovelMetrics™ и LoaderMetrics™ Ресейдегі ірі тау-кен компанияларында, соның ішінде «Полюс» ЖАҚ, «Полиметалл» АҚ, «ЕвроХим» МСК АҚ, «ФосАгро» ЖАҚ, «АЗОТТЕХ» ЖШҚ, «Орика ТМД» АҚ, «НИТРО СИБИР» АҚ, «ММК Норильск Никель» ЖАҚ, «Северсталь» ЖАҚ, «Селигдар» ЖАҚ, «КРУ-Взрывпром» ЖШҚ және «Орика UMMC» ЖШҚ кен орындарында қолданылады.

Жасанды интеллект қазу және тиеу процестерін цифрландырудың негізгі құралдарының бірі болып табылады. Машиналық оқыту алгоритмдері өндірістік деректерді талдау, жабдықтың техникалық күйін болжау және оның жұмыс режимдерін оңтайландыру үшін қолданылады. Машиналық көру жүйелері тау массасының гранулометриялық құрамын автоматты түрде анықтауға, тиеу сапасын бақылауға және кен ағынына бөгде қосындылардың түсуіне жол бермеуге мүмкіндік береді. Бұл әсіресе тауарлық өнімнің сапа параметрлерін қатаң сақтауды қажет ететін пайдалы қазбаларды өндіруде өте маңызды.



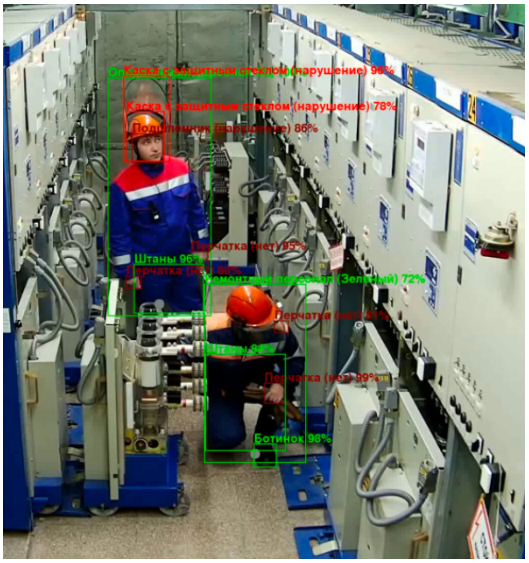
4-сурет. «KAZBLAST» және «KAZBLAST UNDER» бағдарламалық модульдерінің алгоритмі

Отандық заманауи бағдарламалық платформалар «KAZBLAST» және «KAZBLAST UNDER» ашық тау кен жұмыстарында қазу тиеу үдерістерін цифрландыру мәселелерін шешуде практикалық маңыздылығын көрсетті. Бұл программа есептеулерді автоматтандыруға, жарылыс және қазу тиеу операцияларын жоспарлауда дәлдікті арттыруға, сондай-ақ өзгеріп отыратын тау жыныс геологиялық жағдайларда технологиялық шешімдерді жедел қабылдауға мүмкіндік

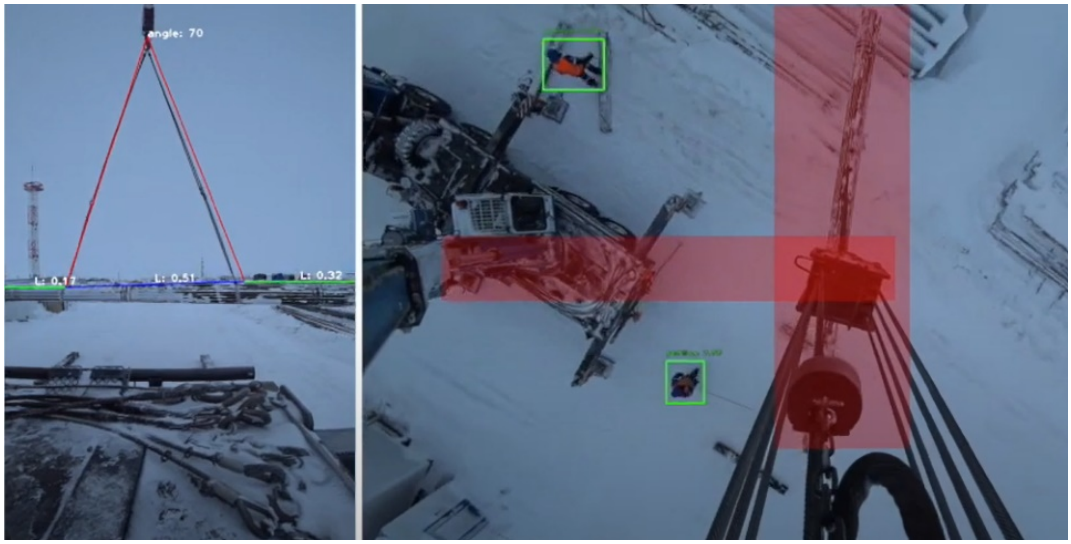
береді. Microsoft Visual Studio 2019 бағдарламасында Қазақстандық карьерлерді мысал ретінде пайдалана отырып, бұрғылау және жару жұмыстарының рационалды параметрлерін автоматтандырылған жобалау және олардың нәтижелерін болжау жүйесі жасалды. «KAZBLAST» және «KAZBLAST UNDER» бағдарламалық модульдерінің алгоритмін құрастырған кезде авторлар бұрын орнатқан аналитикалық тәуелділіктер пайдаланды [17].

Цифрлық технологияларды енгізу қауіпті аймақтарда адамның қатысуын азайту арқылы авариялық жағдайларды төмендетуге және еңбек жағдайларын жақсартуға ықпал етеді (5-5.1 сурет). Автоматтандырылған техниканы басқару жүйелері мен қашықтан жабдықты басқару қазу және тиеу жұмыстарын жоғары дәлдікпен және технологиялық параметрлердің тұрақтылығымен орындауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, цифрландыру эксплуатациялық шығындарды азайтуға, пайдалы компоненттің жоғалуын қысқартуға және минералды-шикізат ресурстарын тиімді пайдалануға ықпал етеді [16].

Барлық өндірістік процестерді біртұтас цифрлық экожүйеге біріктіруді «Цифрлық кен орны» қамтиды. Болашақта қазу және тиеу жұмыстары үлкен деректер массивтерін талдау негізінде интеллектуалды алгоритмдермен басқарылатын автономды техниканы қолдану арқылы жүзеге асырылады. Заттар интернеті, жасанды интеллект және жоғары дәлдіктегі позициялау жүйелерінің дамуы толық автоматтандырылған және бейімделген тау-кен кәсіпорындарына көшудің алғышарттарын жасайды [18-19].



5-сурет. Қауіпті жұмыс



5.1-сурет. Қауіпті дала жұмыстары

Нәтижелер және талқылау. Ашық тау кен жұмыстарында қазу және тиеу процестерінде заманауи цифрлық технологияларын қолдану тәжірибесін талдау және қорыту нәтижесінде олар-

ды енгізу барлық кәсіпорындардың өндірістік және экономикалық көрсеткіштеріне кешенді оң әсер ететіні анықталды.

Саланың дәстүрлі модельден цифрлық тау-кен инженериясына ауысуы, бірқатар ерекшеліктері бар:

Артықшылықтары: заманауи технологияларды белсенді енгізу күшті драйверлердің болуы (ірі жобалар) сандық шешімдер нарығының өсуі.

Кемшіліктері: шетелдік компанияларға тәуелділік және көптеген кәсіпорындарда төмен деңгейдегі инвестиция қолдаудың тапшылығы.

Роботтандырылған жасанды интеллект технологияларын қолданудың орындылығы экономикалық тиімділік факторларынан және ескіріп қалған технологияларды қолданудың қауіпсіздік деңгейін арттырудан тұрады. Тиімділікке жасанды интеллект енгізіп техниканың тоқтап қалу уақытын азайту арқылы қол жеткізуге болады. Мысалы түскі ас кезінде, ауысым уақытында, жеке қажеттіліктер автономды мансаптық техниканы қолданған жағдайда техниканың мәжбүрлі тоқтап қалуы болмайды. Сондай ақ, әртүрлі жүк тиеу және түсіру үшін өндірістік операцияларды оңтайландыруға болады.

Зерттеу және бағалау процесінде осының арқасында орта есеппен 130 тонналық робот самосвал өз өнімділігін 15-20% арттыра алатынын көрсетті. Тау кен техникасының қызмет ету мерзімін едәуір үнемдеуге және ұлғайтуға техниканы неғұрлым регламенттелген және дұрыс пайдалануы, сынулар мен оқиғаларды азайту арқылы қол жеткізуге болады:

Жанар май үнемдеу	10%
Дөңгелек қызметін арттыру	10-15%
Техниканың тоқтап қалуы	10%
Барлық өсім	30-35%

Тау кен кәсіпорнының жұмысына заманауи цифрлық технологияны енгізудің ауқатты экономикалық әсері өндіріс өсімі 30-35% ға дейін арттырады.

Өндірістің өзіндік құнын едәуір үнемдеуге және төмендетуге болашақта геотехнологиялардың параметрлерін өзгерту арқылы қол жеткізуге болады: карьердің бүйірлерінің көлбеу бұрыштары, жолдардың ені және басқа да ашық тау-кен параметрлері. Қауіпсіздік факторы да маңызды.

Гранқұрамды бақылауға арналған үлкен жүйе көрсетті:

Үлкен өлшемдерді анықтау тиімділігі	- 100%
Анықтау және сенімділік шегі бойынша	- 94%
Конвейердегі шыққан кен 50 мм дейінгі өлшем дәлдігімен анықталады	- 70% астам
600 мм ден асатын кен фракциясынан орташа өлшеу қателігі шамамен 30 мм құрайды.	- 10%

Жоғары дәлдіктегі навигация жүйелерін қолдану жүк тасымалын оңтайландыру мен пайдалы қазбалардың сапасын басқарудың көп өлшемді міндеттерін шешуге мүмкіндік берді, бұл жүк тасымалының өнімділігін тағы 5-10% арттырды және байыту фабрикасына түсетін кеннің сапасын тұрақтандырды. Жасанды интеллект енгізілгеннен кейін операциялық жақсарту көрсеткіштері:

- ұсақтау кешеніне түскен габариттерді сәтті анықтады;

- кен қоймасынан конвейерге тұрақты жеткізілуін қамтамасыз етеді;

- авария апат санын азайтты.

Тау кен жұмысындатарындағы техникалық факторлар бойынша қауіпті аймақтардағы, қолайлы және қауіпсіз жұмыс жағдайларын жасауға және кәсіптік аурулардың ықтималдығын азайтуға мүмкіндік береді.

Тиімділік пен қауіпсіздіктен басқа, пайдалы қазбаларды өндіру мен тасымалдаудың жаңа технологияларын қолданудың әлеуметтік факторлары да маңызды, өйткені табиғи және климаттық жағдайлары қиын аймақтарда пайдалы қазбаларды өндіру мәселесін шешу қиын.

Қорытынды. Заманауи цифрлық технологияларды тау кен жұмыстарына қолдану, әсіресе қазу және тиеу процестеріне жасанды интеллект енгізу арқылы еліміздің пайдалы қазба кен орындарында тау кен өнеркәсібінің тиімділігін, қауіпсіздігін және орнықтылығын арттырудың маңызды факторы болып табылады. Орындалған жұмыстарды шолу нәтижесінде тау кен өнеркәсібін цифрландыру технологиялық процестерді үнемдеуге және оңтайландыруға, сондай ақ өндірілетін өнімнің сапасын жақсартуға, пайдалы компоненттің шығынын азайтуға және экономикалық өндірістік тәуекелдерді шығындардың 10-15% дейін төмендетуге ықпал ететіндігін көрсетеді. Зияткерлік жүйелерді одан әрі дамыту және енгізу Қазақстан Республикасының тау кен өнеркәсібінің цифрлық экономикасы жағдайында пайдалы компонентті ұтымды және кешенді игеруді қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Қорытындыларды жүйелеу және зерттеудің нәтижелерін қорытындылай келе, цифрлық егіз технологиясын енгізу инновациялық болып саналады, оның тарихы 20 ғасырда басталады. Кейбір кәсіпорындардың цифрландыруын зерттей отырып, цифрлық егіздердің танымалдығы артады деген қорытынды жасауға болады. Ірі кәсіпорындар тау-кен өнеркәсібі қызметінің тиімділігі мен бәсекеге қабілеттілігін арттыруды қамтамасыз ете отырып, шығындарды үнемдеу мақсатында технологияға жасанды интелект енгізуге ұмтылатын болады.

Айта кету керек, инновациялық технологиялар кәсіпорындардың тиімділігі мен технологиялық көшбасшылығын қамтамасыз етудің басымдығы болып табылады алайда цифрлық егіздер технологиясын қолдануды жеделдету үшін компанияларда цифрлық трансформацияны жүзеге асыруға қаражат пен уәждеменің болмауы немесе қалыптасқан құқықтық базаның болмауы сияқты кейбір тежегіш факторларды жою қажет.

Алынған шолу нәтижелерінің ғылыми және практикалық маңыздылығы цифрлық технологияларды енгізу және дамыту перспективаларын анықтау болып табылады. Зерттеу нәтижелерінің негізінде цифрлық технологияны әртүрлі салаларда енгізу кезінде туындайтын проблемаларды неғұрлым егжей тегжейлі талдаумен, сондай ақ оларды жою үшін шешімдер іздеумен байланысты бағыттар бойынша осы теорияның дамуын одан әрі жалғастыру керек.

Әдебиеттер

1. Послание Главы государства Касым - Жомарта Токаева народу Казахстана. от 8 сентября 2025 г. -URL: https://www.akorda.kz. –Қаралған күні: 14.01.2026.

2. Ракишев Б.Р. Минеральное сырье - материально-технологическая база научно-технического прогресса//Горный информационно-аналитический бюллетень.-2025.-№1.-С.168-180. DOI 10.25018/0236_1493_2025_1_0_168.

3. Ракишев Б. Р. Горно-металлургический комплекс и развитие цивилизации//Горный журнал. - 2019. - № 9. - С.33-37.

4. Ракишев Б. Р. Новые определения естественного и трансформированного месторождения полезного ископа емого и этапы их эксплуатации//Горный информационно-аналитический бюллетень.

-2023. -№ 8.- С.165-177. DOI 10.25018/0236_1493_2023_8_0_165.

5. Аброськин А.С. Применение современных систем автоматизации на открытых горных работах // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. -2015. -Т.326 (12). -С.122-130.

6. Сорокин О.И., Шоков А.А. Внедрение автоматизированной системы управления горнотранспортным комплексом //Горный журнал.-2017.-№ 5. -С.85-88. DOI 10.17580/gzh.2017.05.20.

7. Клебанов А.Ф. Цифровая трансформация горнодобывающих предприятий: модная фразеология или объективная необходимость?// Проблемы и перспективы комплексного освоения и сохранения земных недр:ИПКОН РАН.- 2018. -С.61-64.

8. Трубецкой К.Н., Рыльникова М.В., Владимиров Д.Я., Пыталев И.А., Условия и перспективы внедрения роботизированных геотехнологий при открытой разработке месторождений // Горный журнал. -2017.- №11.-С.60-64. DOI 10.17580/gzh.2017.11.11.

9. Трубецкой К.Н., Рыльникова М.В., Клебанов Д.А., Макеев М.А., Научно-технические вопросы изменения организации управления открытыми горными работами с применением роботизированной карьерной техники // Горная промышленность. -2017. -№5 (135). С.27-30.

10. Клебанов А. Ф. Автоматизация и роботизация открытых горных работ: опыт цифровой трансформации // Горная промышленность. -2019. -№1 (144). -С.8 - 11.

11. Huang L., Balamurali M., Silversides K.L. Machine learning classification of geochemical and geophysical data // Mining Goes Digital: Proceedings of the 39th International Symposium «Application of Computers and Operations Research in the Mineral Industry». -2019. -P. 101-105. DOI 10.1201/9780429320774-12.

12. Temkin I.O., Myaskov A.V., Deryabin S.A., Rzazade U.A. Digital twins and modeling of the transporting-technological processes for on-line dispatch control in open pit mining// Eurasian Mining. -2020. -№2. -P. 55-58. DOI 10.17580/em.2020.02.13.

13. Ракишев Б.Р. Полное извлечение кондиционных руд из сложноструктурных блоков за счет частичного примешивания некондиционных руд // Записки Горного института. -2024.-Т.270.-С.919-930.

14. Лукичев С.В., Наговицын О.В., Ильин Е.А., Рудин Р.С. Цифровые технологии инженерного обеспечения горных работ - первый шаг к созданию «умного» добычного производства //Горный журнал.-2018. -№7. С.86-90. DOI 10.17580/gzh.2018.07.17.

15. Козырев А.А., Лукичев С.В., Наговицын О.В., Семёнова И.Э., Геомеханическое и горнотехнологическое моделирование как средство повышения безопасности отработки месторождений твёрдых полезных ископаемых// Горный журнал.-2015.-С.73-83.

16. Manyika J., Lund S., Chui M., Bughin J., Woetzel J., et al. Jobs lost, jobs gained: What the future of work will mean for jobs, skills, and wages // McKinsey & Company. -2017. -160 p.

17. Ракишев Б.Р., Орынбай А.А., Ибырханов Т.С., Алибаев А.Е. Авторлық құқықпен қорғалатын объектілерге құқықтардың мемлекеттік тізілімге енгізу туралы куәлік №63512 «29» қазан 2025 жыл «KAZBLAST», «KAZBLAST UNDER» // Қауіпсіз бұрғылау және оңтайлы жару жұмыстарының рационалды параметірлерін автоматтандырылған жобалау және олардың нәтижелерін болжау жүйесінің компьютер бағдарламасы.

18. Халбашкеев А. Месторождения Казахстана уходят в «цифру» // Добывающая промышленность: Центральная Азия. -2023. URL:

https://dprom.kz/trendy/myestorozhdyeneya-kazahstana-uhodyat-v-tsefru/- Қаралған күні: 18.12.2025.

19. Corrigan, C.C., Ikonnikova, S.A. A review of the use of AI in the mining industry: insights and ethical considerations for multi-objective optimization//The Extractive Industries and Society. -2024. -Vol.17: 101440. DOI 10.1016/j.exis.2024.101440.

References

1. Poslanie Glavy gosydarstva Kasym - Zhomarta Tokaeva narody Kazahstana. ot 8 sentjabrja 2025 g. -URL: https://www.akorda.kz/ru/addresses/addresses_of_president/poslanie-glavy-gosudarstva-kasym-zhomarta-tokaeva-narodu-kazahstana. –Қаралған күні: 14.01.2026. [in Russian]

2. Rakishev B.R. Mineral’ noe syr’ e - material’ no-tehnologicheskaja baza naychno-tehnicheskogo progressa//Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten’.-2025.-№1.-S.168-180. DOI 10.25018/0236_1493_2025_1_0_168. [in Russian]

3. Rakishev B. R. Gorno-metallyrgicheskij kompleks i razvitie civilizacii//Gornyj zhyrnal. - 2019. - № 9. - S.33-37. [in Russian]

4. Rakishev B. R. Novye opredelenija estestvennogo i transformirovannogo mestorozhdenija poleznogo iskopa emogo i jetapy ih jeksplyatacii//Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten’. -2023. -№ 8.-S.165-177. DOI 10.25018/0236_1493_2023_8_0_165. [in Russian]

5. Abros’ kin A.S. Primenenie sovremennyh sistem avtomatizacii na otkrytyh gornyh rabotah // Izvestija Tomskogo politehnicheskogo yniversiteta. Inzhiniring georesyrsov. -2015. -T.326 (12). -S.122-130. [in Russian]

6. Sorokin O.I., Shokov A.A. Vnedrenie avtomatizirovannoj sistemy ypravlenija gornotransportnym kompleksom //Gornyj zhyrnal.-2017.-№ 5. -S.85-88. DOI 10.17580/gzh.2017.05.20. [in Russian]

7. Klebanov A.F. Cifrovaja transformacija gornodobyvajushhih predprijatij: modnaja frazeologija ili ob#ektivnaja neobhodimost’?// Problemy i perspektivy kompleksnogo osvoenija i sohranenija zemnyh nedr:IPKON RAN.- 2018. -S.61-64. [in Russian]

8. Trubeckoj K.N., Ryl’ nikova M.V., Vladimirov D.Ja., Pytalev I.A., Uslovija i perspektivy vnedrenija robotizirovannyh geotehnologij pri otkrytoj razrabotke mestorozhdenij // Gornyj zhurnal. -2017.- №11.-S.60-64. DOI 10.17580/gzh.2017.11.11. [in Russian]

9. Trybeckoj K.N., Ryl’ nikova M.V., Klebanov D.A., Makeev M.A., Naychno-tehnicheskie voprosy izmenenija organizacii ypravlenija otkrytymi gornymi rabotami s primeneniem robotizirovannoj kar’ ernoj tehniki // Gornaja promyshlennost’. -2017. -№5 (135). S.27-30. [in Russian]

10. Klebanov A. F. Avtomatizacija i robotizacija otkrytyh gornyh rabot: opyt cifrovoj transformacii // Gornaja promyshlennost’. -2019. -№1 (144). -S.8 - 11. [in Russian]

11. Huang L., Balamurali M., Silversides K.L. Machine learning classification of geochemical and geophysical data // Mining Goes Digital: Proceedings of the 39th International Symposium «Application of Computers and Operations Research in the Mineral Industry». -2019. -P. 101-105. DOI 10.1201/9780429320774-12.

12. Temkin I.O., Myaskov A.V., Deryabin S.A., Rzazade U.A. Digital twins and modeling of the transporting-technological processes for on-line dispatch control in open pit mining// Eurasian Mining. -2020. -№2. -P. 55-58. DOI 10.17580/em.2020.02.13.

13. Rakishev B.R. Polnoe izvlechenie kondicionnyh ryd iz slozhnostryktyrnyh blokov za schet chastichnogo primeshivanija nekondicionnyh ryd // Zapiski Gornogo instityta. -2024.-T.270.-S.919-930. [in Russian]

14. Lykichev S.V., Nagovicyn O.V., Il’ in E.A., Rydin R.S. Cifrovye tehnologii inzhenernogo obespechenija gornyh rabot - pervyj shag k sozdaniju «ymnogo» dobychnogo proizvodstva //Gornyj zhyrnal.-2018. -№7. S.86-90. DOI 10.17580/gzh.2018.07.17. [in Russian]

15. Kozyrev A.A., Lukichev S.V., Nagovicyn O.V., Semjonova I.Je., Geomehanicheskoe i gornotehnologicheskoe modelirovanie kak sredstvo povyshenija bezopasnosti otrabotki mestorozhdenij tvjordyh poleznyh iskopaemyh// Gornyj zhyrnal.-2015.-S.73-83. [in Russian]

16. Manyika J., Lund S., Chui M., Bughin J., Woetzel J., et al. Jobs lost, jobs gained: What the future of work will mean for jobs, skills, and wages // McKinsey & Company. -2017. -160 p.

17. Rakishev B.R., Orynbaj A.A., Ibyrhanov T.S., Alibaev A.E. Avtorlyқ құқуқpen қorғalatyn ob#ektilerge құқуқtardyң memlekettik tizilimge engizu turaly kuəlik №63512 «29» қazan 2025 zhyl «KAZBLAST», «KAZBLAST UNDER» // Қauipsiz bұrғylau zhəne oңtajly zharu zhұmystarynyң racionaldy parametirlerin avtomattandyrylғan zhobalau zhəne olardyң nətizhelerin bolzhau zhүjesinің komp’ juter bағdarlamasy. [in Kazakh]

18. Halbashkeev A. Mestorozhdenija Kazahstana yhodjat v «cifry» // Dobyvajushhaja promyshlennost’: Central’ naja Azija. -2023. URL: https://dprom.kz/trendy/myestorozhdyeneya-kazahstana-uhodyat-v-tsefru/- Қaralғan kүni: 18.12.2025. [in Russian]

19. Corrigan, C.C., Ikonnikova, S.A. A review of the use of AI in the mining industry: insights and ethical considerations for multi-objective optimization//The Extractive Industries and Society. -2024. -Vol.17: 101440. DOI 10.1016/j.exis.2024.101440.

Авторлар туралы мәлімет

Орынбай А.А.- PhD, КеАҚ «Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті», Алматы, Қазақстан, e-mail: a.orynbay@aues.kz;

Ибырханов Т.С.- докторант, КеАҚ «Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті», Алматы, Қазақстан, e-mail: ibir.tem@mail.ru,

Исабаев Е.О.- Жетекші геолог, ТОО ”Тарбағатай кені”, Астана, Қазақстан, e-mail: yernar.iss@gmail.com;

Ибырханова А.И.- докторант, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды, Қазақстан, e-mail: i.altynay33@gmail.com,

Information about the authors

OrynbayA.A. - PhD, NJSC «K.I. Satpayev Kazakh National Research Technical University» Almaty, Kazakhstan, e-mail: a.orynbay@aues.kz;

Ibyrkhanov T.S.- doctoral student, NJSC « K.I. Satpayev Kazakh National Research Technical University» Almaty, Kazakhstan, e-mail: ibir.tem@mail.ru;

Isabaev E.O.- Lead geologist, LLP ”Tarbagatai keni”, Astana, Kazakhstan, e-mail:yernar.iss@gmail.com;

Ibyrkhanova A.I.- doctoral student, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: i.altynay33@gmail.com.