

АР19680292 «Тау-кен қазбаларын бекіту және жөндеу бойынша сараптамалық шешімдер қабылдау жүйесін әзірлеу» - ғ.ж. Томилов А. Н.

Өзектілігі

Әзірленіп жатқан бағдарламалық өнімнің басты ерекшелігі – эвристикалық және алгоритмдік әдістерді қатар қолдану, бұл пайдаланушылардың сұраныстарына барынша оңтайлы нәтижелер ұсынуға мүмкіндік береді.

Эксперттік жүйенің білім базасы шешім қабылдаудың негізі ретінде пайдаланылатын ережелерді (немесе білімді ұсынудың өзге түрлерін) қамтиды. Шығару механизмі тапсырмаларды шешуді басқару схемасы туралы жалпы білімді қамтиды. Бұл механизм екі бөліктен тұрады: интерпретатор және диспетчер. Біріншісі ережелерді жаңа білім алу үшін қолдану әдісін анықтайды, ал екіншісі осы ережелерді қолдану ретін белгілейді. Білім базасының редакторы эксперттік жүйенің ережелерін өзгертуге және жаңа білімді енгізуге арналған.

Жобаның мақсаты

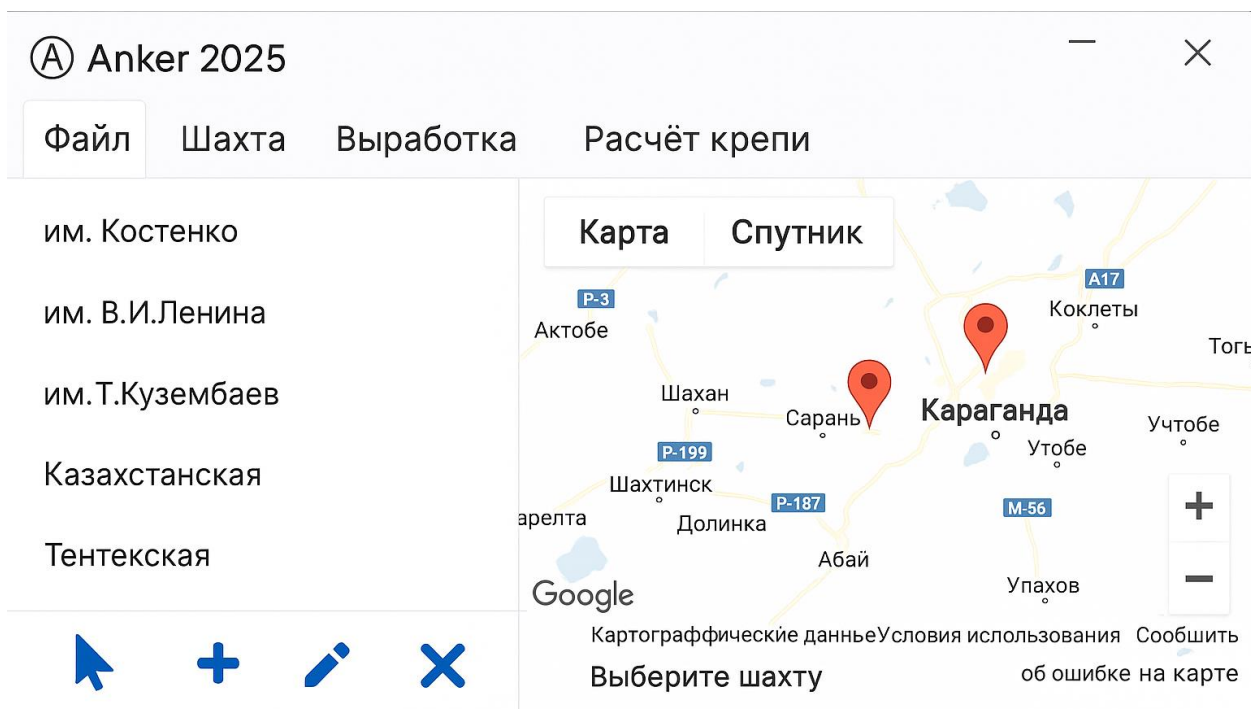
Жобаның мақсаты – эвристикалық және алгоритмдік әдістерді қолдана отырып, тау-кен қазбаларын бекіту және ұстау мәселелері бойынша шешімдер ұсынатын отандық эксперттік жүйені жасау. Эксперттік жүйенің білім базасы мен негізгі бағдарламалық қамтамасыз етуді бұлттық технологияларды қолдану арқылы орналастыру көзделіп отыр.

Күтілетін және қол жеткізілген нәтижелер

Жобаны іске асырудың негізгі нәтижесі – эвристикалық және алгоритмдік әдістерді пайдалана отырып, тау-кен қазбаларын бекіту және ұстау мәселелері бойынша шешімдер ұсынатын отандық эксперттік жүйенің жасалуы. Эксперттік жүйенің білім базасы мен негізгі бағдарламалық қамтамасыз етуді орналастыру үшін бұлттық технологиялар қолданылады. Эксперттік жүйені пайдалану нәтижесінде қазбалардың кез келген қимасы үшін түрлі бекіту түрлерінің оңтайлы параметрлері, қазбаларды қорғау әдістері, пайдалы қазбаларды өндірудің тау-кен-геологиялық және тау-кен-техникалық жағдайларының өзгерістерін ескере отырып, қазба айналасындағы бұзылу аймақтарын анықтау, сондай-ақ уақыт факторын ескеру арқылы болжанатын орын ауыстырулар мен жүктемелер анықталады. Эксперттік жүйенің модульдік құрылымы оны геомеханика саласындағы кең ауқымды міндеттерді шешу үшін одан әрі кеңейтуге мүмкіндік береді. Қазіргі кезеңде жүйе қабылдаған шешімдердің дұрыстығын тексеру мақсатында сыртқы ғылыми ұйымдардың мамандарымен бірлесіп тестілеу жүргізілді.

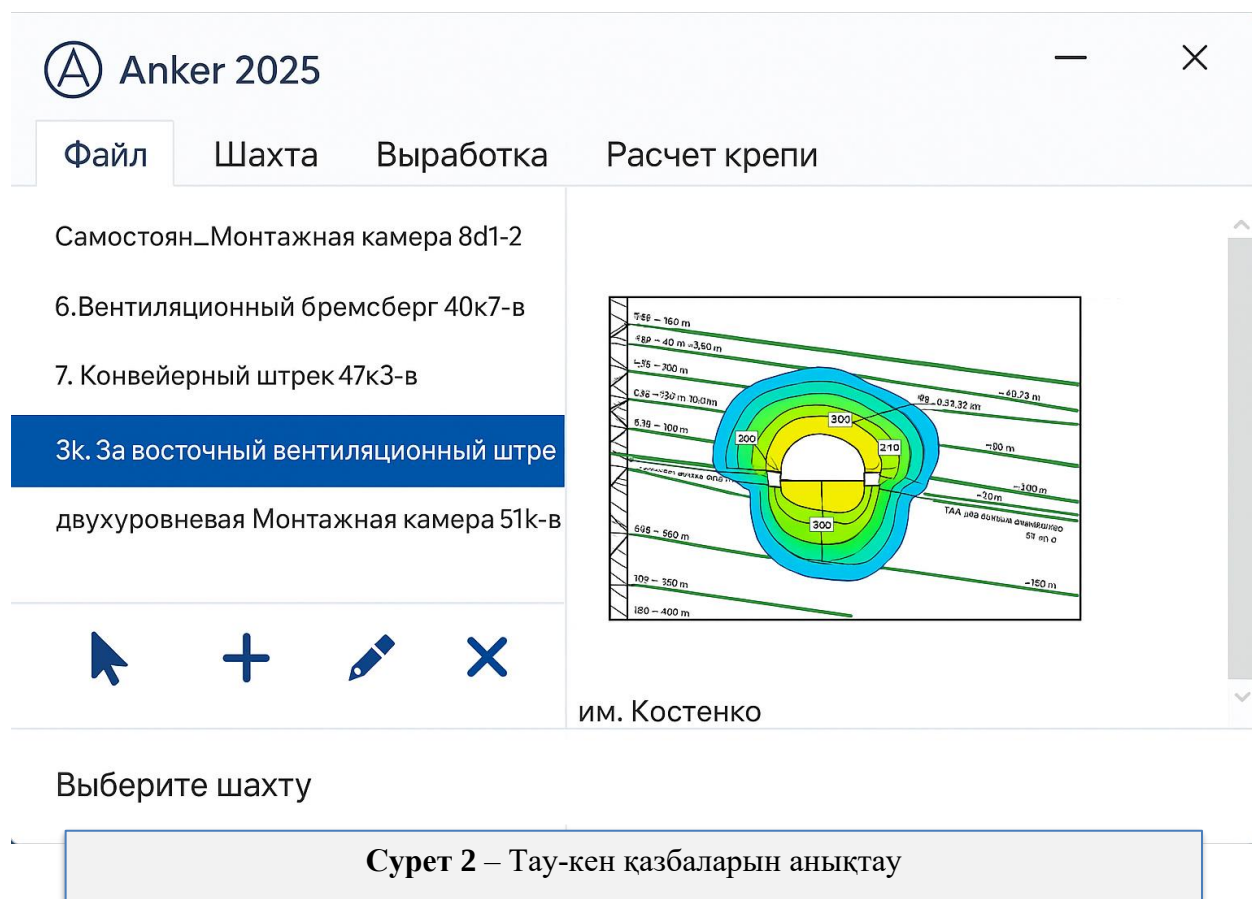
2025 жылы келесі нәтижелерге қол жеткізілді: бағдарламалық қамтамасыз ету қолданбалы инженерлік міндеттерді шешуге бейімделді. Ақпаратты енгізу, редакциялау және визуализациялау құралдары жүзеге асырылды, жүйенің практикалық міндеттерді шешу кезіндегі тұрақты жұмысы расталды. Тестілеу сыртқы ғылыми және жобалық ұйымдардың мамандарының қатысуымен жүргізілді. Олар жүйенің жасаған эксперттік қорытындыларының дұрыстығын және оны өндірістік жағдайда қолданудың мүмкіндігін растады.

2025 жылғы сынақтардың нәтижесі бойынша эксперттік жүйе пилоттық-өнеркәсіптік апробацияға дайын деп танылды. Бұл оны тау-кен кәсіпорындарында пайдалану, дәстүрлі жобалау әдістерімен салыстыру және практикалық енгізу әлеуетін алдын ала бағалауды білдіреді. Сынақтардың сәтті аяқталғанын және нәтижелердің тартылған сарапшылармен келісілгенін растайтын тиісті акт алынды.

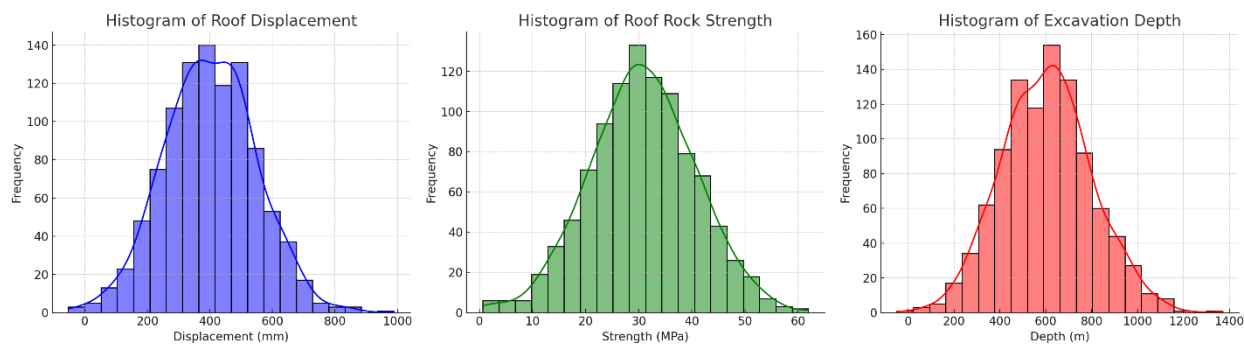


Выберите шахту

Сурет 1 – Шахталарды анықтау

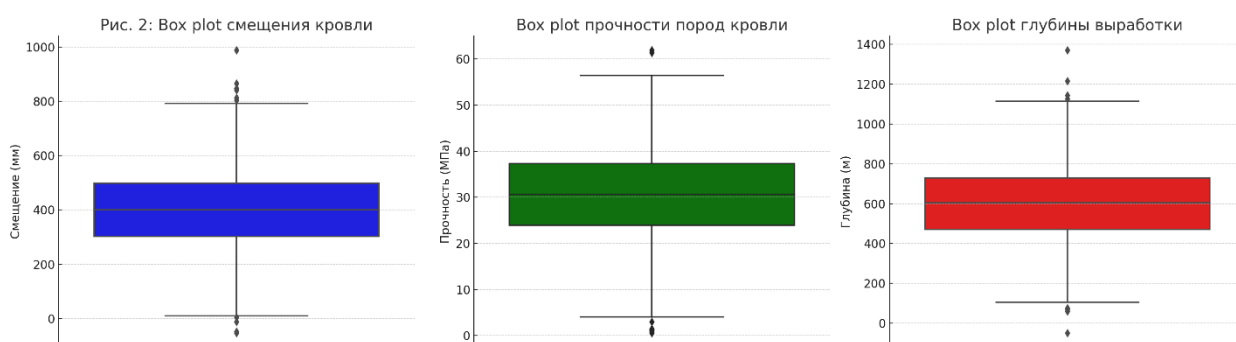


3-суретте қазбалардың көпшілігі 400–800 м тереңдікте орналасқаны, олардың төбе жыныстарының беріктігі 25–50 МПа аралығында болғаны және орын ауыстырулары 30–60 мм аралығында өзгергені көрсетілді, бұл Қарағанды көмір бассейнінің нақты жағдайларын бейнелейді.



Сурет 3 – Тереңдік, төбе жынысының беріктігі және төбе орын ауыстыруының таралу гистограммалары

Параметрлердің вариативтілігін қосымша талдау үшін медианалық мәндерді, квартильдік ауқымдарды және шектен шыққан мәндерді көрсететін boxplot диаграммалары жасалды.



Сурет 4 – Негізгі параметрлердің boxplot диаграммалары

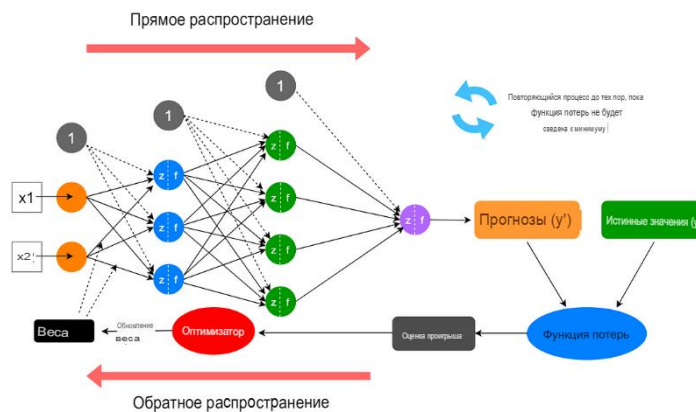
Графиктерден бөлек, бөлімде модельдерді оқыту үшін пайдаланылған нақты қазбалардың типтік параметрлерін қамтитын 15-кесте енгізілген. Бұл деректер натуралды бақылаулардың нәтижесінде алынған және жүйенің білім базасына енгізілген.

Кесте 1. Қазбалардың орнықтылығы бойынша білім базасынан алынған мәліметтердің мысалы

Шахта	Тереңдік (м)	Ені (м)	Биіктігі (м)	Қимасының түрі	Басқа қазбалардың әсері	Төбе жынысының беріктігі R_c (МПа)	Ылғалдылық коэффициенті	Төбенің орын ауыстыруы (мм)
Қазақстанская	448	5,4	3,5	Арка тәрізді	Жалғыз	45	0,47	40,3
Қазақстанская	466	5,5	3,8	Тікбұрышты	Қосалқы	42	0,50	42,8
Қарагандинская	600	6,0	4,0	Арка тәрізді	Қиылысқан	35	0,55	50,2
Центральная	900	5,2	3,6	Арка тәрізді	Қиылысқан	28	0,60	65,5

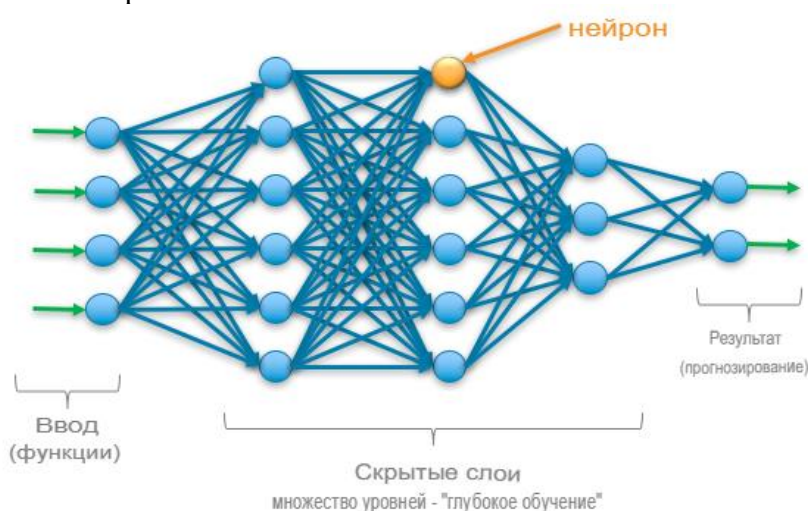
Осы деректерді талдау болжамды модельдерді әзірлеу үшін маңызды заңдылықтарды анықтады: тереңдік пен ылғалдылықтың артуы төбенің орын ауыстыруының өсуімен байланысты болды, ал тау жыныстарының беріктігінің жоғары көрсеткіштері керісінше, деформациялардың азаюымен қатар жүрді.

Осылайша, бастапқы параметрлерді визуализациялау және жүйелеу бастапқы деректердің дұрыстығын растауға және орнықтылықты болжау алгоритмдерін сапалы оқытуға негіз қалады.



Сурет 5 – Жасанды нейрон желісін оқыту процесі

Суретте қателерді тура және кері тарату кезеңдерін қамтитын жасанды нейрон желілік алгоритмнің схемасы көрсетілген.



Сурет 6 – Көпқабатты нейрон желісі бар терең оқыту архитектурасы

Суретте жасанды нейрон желісінің (ЖНЖ) архитектурасы, оның негізгі элементтері және жұмыс принциптері бейнеленген.

Сондай-ақ, суретте деректерді кейіннен талдау немесе сақтау үшін өндеудің негізгі әдістерінің бірі болып табылатын ETL (Extract, Transform, Load) процесінің схемасы көрсетілген.

Зерттеу тобы

Томилов Александр Николаевич – ғылыми жетекші, PhD, ИВС кафедрасының зертхана меңгерушісі. Хири индексі – 3. ORCID ID: 0000-0002-0491-1640. Scopus ID: 57201117035

Калинин Алексей Анатольевич – жауапты орындаушы, техника ғылымдарының кандидаты, ИВС кафедрасының меңгерушісі. Хири индексі – 4. ORCID ID: 0000-0003-4699-7240. Scopus Author ID: 57193550259

Демин Владимир Федорович – техника ғылымдарының докторы, РМПИ кафедрасының профессоры. Хири индексі – 8. ORCID ID: 0000-0002-1718-856X. Scopus ID: 57212219714

Томилова Надежда Ивановна – техника ғылымдарының кандидаты, ИВС кафедрасының доценті. Хири индексі – 2. ORCID ID: 0000-0001-8782-5627. Scopus ID: 57194212148

Мутовина Наталья Викторовна – техника ғылымдарының кандидаты, ИВС кафедрасының аға оқытушысы. Хири индексі – 2. ORCID ID: 0000-0002-8116-9507. Scopus ID: 57218196942

Смагулова Асемгуль Сериковна – техника ғылымдарының кандидаты, ИВС кафедрасының аға оқытушысы. Хири индексі – 2. ORCID ID: 0000-0003-1534-1644. Scopus Author ID: 57216143249

Штефан Кирилл Борисович – техника ғылымдарының магистрі, Software орталығының жетекшісі. Хири индексі – 1. ORCID ID: 0000-0003-3174-7214

Нұртай Марғұлан Дәуітұлы – техника ғылымдарының магистрі, ИВС кафедрасының оқытушысы. Хири индексі – 1. Scopus ID: 57216143287

Жарияланымдар тізімі және күтілетін жарияланымдар

Scopus мәліметтер базасына кіретін, проценти 65-тен кем емес мақалалар

1. Vladimir Demin, Alexey Kalinin, Murat Baimuldin, Aleksandr Tomilov, Natalya Mutovina, Assemgul Smagulova, Denis Shokarev, Samat Aliev, Assem Akpanbayeva және Tatiana Demina «Кеніштерде үйкеліс анкерлері бар аралас бекіту арқылы тау-кен қазбаларын жүргізу технологиясын әзірлеу»

<https://doi.org/10.3390/app142210344>, www.mdpi.com/journal/applsci

2. Vladimir Demin, Alexey Kalinin, Nadezhda Tomilova, Aleksandr Tomilov, Assemgul Smagulova, Natalya Mutovina, Denis Shokarev, Anton Popov, Rustam Shakirtov, Tatiana Demina «Тау-кен қазбаларының орнықтылығын арттыру үшін тау жыныстарының кернеулі-деформацияланған күйін цифрлық модельдеу»

Appl. Sci. 2024, 14, x.
<https://doi.org/10.3390/xxxxx>, www.mdpi.com/journal/applsci

3. Natalya Mutovina, Margulan Nurtay, Alexey Kalinin, Aleksandr Tomilov және Nadezhda Tomilova

«Тау-кен өнеркәсібіндегі эксперттік жүйелерде жасанды интеллект пен машиналық оқытуды қолдану: заманауи әдістер мен технологиялар»

International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE),
<https://doi.org/10.11591/ijece.v15i3.pp3291-3308>

4. Aleksandr Tomilov, Alexey Kalinin*, Nadezhda Tomilova, Margulan Nurtay, Natalya Mutovina, Kirill Shtefan

«Машиналық оқыту әдістері мен сандық модельдеуге негізделген тау-кен қазбаларының орнықтылығын бағалаудың эксперттік жүйесі»

ҚР Білім және ғылым министрлігі ұсынған мақалалар

1. Mutovina N., Smagulova A., Demin V., Baimuldin M., Tomilov A.
«Тау-кен өнеркәсібінде қазбаларды бекіту және ұстау бойынша эксперттік жүйе әзірлеу»
Университет еңбектері, №3, 2023 ж., 400–406-б.

2. Мутовина Н.В., Смагулова А.С., Демин В.Ф., Томилов А.Н.
«Қарағанды көмір бассейні шахталарын пайдалану жағдайларын ескере отырып, анкерлік бекітудің параметрлерін оңтайландыру»
Университет еңбектері, №__, 2025 ж.

3. Томилов А.Н., Утяшев А.Р., Томилова Н.И., Мутовина Н.В.
«Elixir/ОТР тұрақтылық механизмін пайдалана отырып, бөлінген жүйелердің орнықтылығын арттыру»
Университет еңбектері, №__, 2025 ж.

Қазақстан Республикасының интеллектуалдық меншік туралы куәлігі

1. Смагулова Асемгуль Сериковна, Калинин Алексей Анатольевич, Мутовина Наталья Викторовна, Томилов Александр Николаевич
«Үлкейтілген өлшемдегі целикті алу нәтижесінде алынған әсерді есептеу бағдарламасы»
Нысанның құрылған күні: 09.06.2025

Жоспарланған нәтижелер:

• Science Citation Index Expanded мәліметтер базасына кіретін, Web of Science деректер базасында 1 немесе 2 квартильде орналасқан және/немесе Scopus дерекқорындағы CiteScore

процентілі кемінде 65 болатын рецензияланатын ғылыми журналдарда 4 (төрт) мақала және (немесе) шолу жарияланады.

- ҚР Жоғары білім және ғылым сапасын қамтамасыз ету комитеті ұсынған шетелдік немесе отандық рецензияланатын басылымдарда 3 (үш) мақала немесе шолу жарияланады.

- 1 монография шетелдік баспада жарияланады.
- 1 ҚР интеллектуалдық меншік объектісін тіркеу куәлігі алынады.

Потенциалды пайдаланушыларға ақпарат

Тау-кен қазбаларын бекіту және ұстау бойынша эксперттік жүйе тау-кен ісі және жер асты құрылысы саласында жұмыс істейтін немесе зерттеу жүргізетін барлық мамандар үшін пайдалы болуы мүмкін. Жүйе тау жыныстарының аналитикалық деректерін, қазбалардың орнықтылығын бағалауды және оларды ұстау әдістерін ұсынады.

Шахталар, туннельдер, жер асты құрылыстары және тау-кен өнеркәсібі нысандарын салумен айналысатын кәсіпорындар жүйені бекіту және ұстаудың оңтайлы әдістерін әзірлеу мен қолдану үшін пайдалана алады.

Жүйе пайдаланушыларға тек ақпарат және ұсынымдар ғана емес, сонымен қатар негізделген және ақпараттандырылған шешім қабылдауға арналған құралдар ұсынады, бұл тау-кен және құрылыс жобаларының қауіпсіздігін, тиімділігін және сенімділігін арттыруға көмектеседі.

Қолдану аясы

Қолдану аясы: эмпирикалық және алгоритмдік әдістер негізінде қазбаларды бекіту және ұстау бойынша шешімдер қабылдауға мүмкіндік беретін тау-кен кәсіпорындарының маркшейдерлік және геотехникалық қызметтері.

Білім базасына енгізілген қазбаларды бекітудің нормативтік есептеу әдістемелері Қазақстан Республикасында қабылданған тау-кен жұмыстарын жүргізудің барлық қауіпсіздік талаптарының сақталуын қамтамасыз етеді.

Мәліметті жаңарту күні: 01.07.2025 ж.