

АВТОМАТТАНДЫРУ ЖӘНЕ БАСҚАРУ  
АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ  
AUTOMATION AND CONTROL

DOI 10.51885/1561-4212\_2023\_2\_212

MFTAA 50.01.85

**А.М. Солтан<sup>1</sup>, М.К. Кылышканов<sup>2</sup>, К. Алибекқызы<sup>1</sup>, М.Е. Баталова<sup>1</sup>, Ж.К. Азаматова<sup>1</sup>, Ж.Е. Ерсаннова<sup>1</sup>**<sup>1</sup>«Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті» коммерциялық емес

АҚ, Өскемен қ., Қазақстан Республикасы

E-mail: [asoltan@ektu.kz](mailto:asoltan@ektu.kz)\*E-mail: [karlygash.eleusizova@mail.ru](mailto:karlygash.eleusizova@mail.ru)E-mail: [esimkhan\\_kizi.m@mail.ru](mailto:esimkhan_kizi.m@mail.ru)E-mail: [zhanerkeaz@mail.ru](mailto:zhanerkeaz@mail.ru)E-mail: [ersayunova@mail.ru](mailto:ersayunova@mail.ru)<sup>2</sup>ҮМЗ АҚ ФТО, Өскемен қ., Қазақстан РеспубликасыE-mail: [KylyshkanovMK@ulba.kz](mailto:KylyshkanovMK@ulba.kz)**КЕН АҒЫНЫН БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІНДЕГІ ТӘУЕКЕЛДЕРДІ  
САНДЫҚ БАҒАЛАУ ЖӘНЕ БОЛЖАУ****КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РИСКОВ  
В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ РУДОПОТОКОМ****QUANTIFYING AND PREDICTING RISKS IN THE ORE-STREAM  
MANAGEMENT SYSTEM**

**Аңдатпа.** Жұмыстың мақсаты кен ағындарының мысалында көп параметрлік жүйелерде басқару және шешім қабылдау тәуекелдерін сандық бағалау және болжау арқылы басқару процесінің сапасын арттыру болып табылады. Мақалада басты мән кен ағынын басқару жүйесіндегі бақылау процесіне беріледі. Бақылау процесі өлшеу процедураларын, өлшенген шаманы нормативпен салыстыруды және шешім қабылдауды қамтитын күрделі процедура болып табылады. Басқару агенттерінің параметрлік белгісіздігі жағдайында бақылау жалған және анықталмаған ақау түрінде шешім қабылдау қателіктерімен бірге жүреді. Нақты жағдайларда ықтимал қателер екі түрдегі тәуекелдер ретінде анықталады: жұмыс орындаушының тәуекелі және жұмыс берушінің тәуекелі. Көрсетілген тәуекелдерді сандық бағалау үшін басқару және модельдеу агенттерінің статистикалық сипаттамаларының бақылау нәтижелеріне әсерін зерттеуге мүмкіндік беретін ықтималдық және имитациялық модельдер әзірленді. Модельдеудің сенімділігі мен тиімділігі компьютерлік эксперимент арқылы тексеріледі. Модельдеудегі әзірленген тәсіл әмбебап болып табылады және оны әртүрлі ғылыми-техникалық практикалық қосымшаларда қолдануға болады. Авторлар көп параметрлік бақылау жүйесінде шешім қабылдау тәуекелдерін сандық бағалаудың жаңа көп тәсілді әдісін ұсынды.

**Түйін сөздер:** жүйе, басқару, кен ағыны, бақылау, сенімділік, модель, норматив, тәуекелдер.

**Аннотация.** Целью работы является повышение качества процесса управления путем количественного оценивания и прогнозирования рисков управления и принятия решений в многопараметрических системах на примере рудопотоков. Ключевое значение в системе управления рудопотоком в статье отводится процессу контроля. Процесс контроля представляется сложной процедурой, содержащей процедуры измерения, сравнение измеренной величины с нормативом и принятие решения. В условиях параметрической неопределенности агентов управления контроль сопровождается ошибками принятия решений в форме ложного и необнаруженного брака. В реальных условиях вероятные ошибки определяются как риски двух типов: риск производителя работ и риск заказчика работ. Для количественной оценки указанных рисков разработаны

вероятностные и имитационные модели, которые позволяют исследовать влияние статистических характеристик агентов управления и моделирования на результаты контроля. Достоверность и результативность моделирования тестируется компьютерным экспериментом. Разработанный подход в моделировании носит универсальный характер и может использоваться в различных научно-технических практических приложениях. Авторами предложена новая многоподходная методика количественной оценки рисков принятия решений в многопараметрической системе контроля.

**Ключевые слова:** система, управление, рудопоток, контроль, достоверность, модель, норматив, риски.

**Abstract.** The aim of the work is to improve the quality of the management process by quantifying and predicting management and decision-making risks in multi-parameter systems, using ore streams as an example. The key to the ore management system in the article is the control process. The control process appears to be a complex procedure with measurement procedures, comparison of the measured value with the norm and decision making. Under conditions of parametric uncertainty of control agents, control is accompanied by decision-making errors in the form of false and undetected rejects. In real conditions, probable errors are defined as risks of two types: work producer risk and work customer risk. To quantify these risks, probabilistic and simulation models have been developed to investigate the impact of statistical characteristics of control and simulation agents on control results. The validity and effectiveness of the modelling is tested with a computer experiment. The developed modelling approach is universal and can be used in various scientific and technical practical applications. The authors propose a new multi-approach methodology for quantitative assessment of decision-making risks in a multi-parameter control system.

**Key words:** system, management, ore-stream, control, credibility, model, standard, risks.

**Кіріспе.** Қазақстан Республикасында меншік нысанына қарамастан экономиканың барлық салаларының инновациялық даму факторларының бірі цифрландыру болып табылады, ол: «Цифрлық Қазақстан» мемлекеттік бағдарламасын бекіту туралы // Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2017 жылғы 12 желтоқсандағы № 827 Қаулысымен [1] бекітілді. Қазіргі уақытта цифрландыру жаңа трансформациядан өтіп, «цифрлық трансформация» нысанын алды [2, 3]. «Цифрландырудың» өзегі әсіресе интернеттің пайда болуымен, «желілік ақылға» айналып отырған, «адам білімінің концентраты» түрінде көрініс беретін ақпараттық технологиялар болып табылады. Ақпараттық технологиялар басқару үдерістерінің барлық кезеңдерін қамтитын шешім қабылдау үдерістерінде ерекше рөл атқарады. Жаңа ақпараттық технологияларды енгізу компьютерлік модельдік тәсілді дамытуға ықпал етеді, оның алдына «төмен деңгейлі модельдеу» шекарасынан шығудың жаңа міндеттері қойылады. Жоғары деңгейлі модельдеу – бұл тік және көлденең интеграцияланған күрделі үдерістерді модельдеу [4, 5]. Төмен деңгейлі модельдеу кез келген жаңа идеяларды, жаңа техниканы немесе басқару тәсілдерін енгізудің бастапқы кезеңіне тән [6,7]. Қазіргі уақытта күрделі жүйелерді, соның ішінде тау-кен өнеркәсібін жобалаудағы инновациялық тәсіл болып жүйелік динамикалық-процесс деңгейінде ГАЗ, ВІМ және 3D технологияларын пайдалану табылады [8]. Оқулықтардан белгілі кез келген АЖ техникалық қамтамасыз етуден, математикалық қамтамасыз етуден, бағдарламалық қамтамасыз етуден, ақпараттық, ұйымдастырушылық-әдістемелік қамтамасыз етулерден және т.б. тұрады. Аталып өткен барлық ресурстар тек жүйелік қолдау, яғни қамтамасыз ету бөлігі болып табылады. Жүйені жобалаудың өзі әрқашан функционалды бөлігінен басталады [9, 10]. Кен ағыны барлық белгілі және жаңа ғылыми-техникалық жетістіктерді біріктіретін күрделі әлеуметтік-экономикалық жүйенің мысалы болып табылады.

**Әдеби шолу.** Кен ағындарын жобалауда, көптеген басқа салалардағы сияқты, негізгі және күрделі міндеттердің бірі «өндіруші» және «тұтынушы» тәуекелдері тәрізді тәуекелдерді бағалау және басқару болып табылады [9]. Жобалауда «өндірушінің» тәуекелі ретінде «жобаны орындаушының тәуекелі», ал «тұтынушының» тәуекелі ретінде «жобаға тапсырыс берушінің тәуекелі» алынуы мүмкін. Тәуекелдерді сандық бағалау өте күрделі мәселе болып табылады. Бұл мәселені тудыратын негізгі факторлардың бірі – мультипараметрлілік, көп өлшемділік және детерминизм. 1986 жылы Халықаралық таза

және қолданбалы математика одағының президенті Джеймс Лайтхил келесідей сенсациялық мәлімдеме жасады: ол Халықаралық одақтағы әріптестерінің атынан кешірім сұрады: «үш ғасыр бойы білімді қоғам Ньютон жүйесіне негізделген детерминизм апологиясымен жаңылыстырылды, кем дегенде 1960 жылдан бастап бұл детерминизм қате дәлелденген ұстаным болды деп санауға болады».

Егер біз жобалау объектісі ретінде кен ағынының өмірлік циклінің (ӨЦ) кезеңдеріне назар аударатын болсақ, онда басқарудың жоғарғы деңгейімен басталған стихиялық шығу тегі туралы көптеген фактілер анық немесе жасырын түрде кездеседі, бұл мұндай ықтималды жағдайлардың салдарын модельдеу және болжау мүмкіндігін шектейді. Бұл тәжірибедегі кездейсоқтық фактор көбінесе жобалау нәтижелерін нөлге дейін төмендетеді және де оны үлгі ретінде қабылдау керек. Жобалаудың барлық әдістемесі кестелік нысанда, номограммалар нысанында графикалық түрде, аналитикалық нысанда ұсынылған статистикалық деректерге негізделген, мұнда есептеу математикалық өрнектері эмпирикалық деректерге сәйкес регрессиялық модельдер түрінде салынған. Алайда, егер бұл есептеу формулалары немесе графиктер болса, статистикалық бағалаулар немесе қателер дәліздері іс жүзінде еш жерде көрсетілмейді. Нақты жағдайда жобалық қателер объектінің өмірлік циклінің бірінші кезеңінен бастап «тарихи» түрде жинақталады. Келесі және өте маңызды әдістемелік жүйелік қателіктердің бірі – жобалық параметрлерді есептеудің қолданыстағы алдыңғы кезеңнің «орташадан» немесе есеп айырысу актісінен келесіге тәсілі. Сонымен қатар, алдыңғы кезеңнің есептік қателігі келесі кезеңдерде сақталады және көбейтіледі, жинақтаудың қосымша қасиеттеріне ие «белгісіздік» деп аталады [11, 12].

«Алдыңғыдан келесіге» белгісіздіктің жинақталуы Өскемен құрылыс-жол институтының жұмысында зерттелді [13], онда дизельді қозғалтқыштың нақты диагностикалық индикаторын бақылаудың соңғы қателігін қалыптастыру жолы, зауыттық конструкторлық-технологиялық құжаттамадан бастап пайдалану жағдайларында қозғалтқыштың жұмыс қабілеттілігінің диагностикалық параметрін өлшеу рәсіміне дейін зерттелді. Кейіннен бұл тәсіл тамақ өнеркәсібінде іске асырылды және НАССР (Hazard Analysis and Critical Control Point)(әрі қарай НАССР) қағидаттарына негізделген өнімнің қауіпсіздігі мен сапасын басқарудың ескерту моделі болып табылатын [14] стандартымен 2015 жылы бекітілді. Бұл регламент технологиялық қайта бөлудің барлық кезеңдерінде, яғни өнімнің өмірлік циклінде, оның өмірлік циклінің кез келген нүктесінде, қауіпті жағдайдың туындау ықтималдығы бар бақылауды қамтамасыз етеді. НАССР жүйесінің абсолютті артықшылығы-оның тәуекелдерді анықтап қана қоймай, болжау қасиеті. НАССР негізінде: технологиялық үдерістің әрбір фазасындағы қауіптерді талдау, қауіптерді бағалау және сыни бақылау нүктелерін анықтау жатыр. Бұл тәсіл қисынды және экономиканың көптеген салаларының қызметінде тиімді болуға уәде береді.

Нормативтік база деп аталатын жобалар мен шешімдер қабылдау үдерісінде ерекше маңыздылыққа ие болады. Нормативтерді ресми объективті негіздеудің әдістері жоқ, және олар іс жүзінде бола алмайтындығын үлкен сенімділікпен айтуға болады. Барлық стандарттар статистикалық мәліметтер немесе сараптамалық бағалау негізінде жасалады. Қалыптасқан жобалау практикасында нормативтік мәндер детерминистік шамалар болып саналады, бірақ бұл мәндер өз табиғаты бойынша мұндай бола алмайды, бұл да жобалау нәтижелерінің белгісіздігін (энтропиясын) арттырады. И. Пригожин мен И. Стенгерс және басқа да бірқатар авторлар [15,16] «Көптеген жылдар бойы ғылыми танымның синонимі болып көрінетін детерминизм қазіргі уақытта тек шектеулі жағдайларда ғана қолданылатын қасиетке дейін азаяды» деп жазады.

Бақылау – бұл басқарудың ұйымдастыру, жоспарлау, ынталандыру, бақылау тәрізді төрт функциясының бірі. Жеке операциялар мен рәсімдерді ғана емес, сонымен бірге жүйені де сапалы бағалауға деген сұраныстың жоғары болуына байланысты бизнес-үдерістердің сараланған көрсеткіштері бойынша да, интеграцияланған критерий бойынша да сапаны бағалау әдістері мен тәсілдерін әзірлеудің ғылыми-практикалық міндеті туындайды. Бұл мәселелерде модельдеу деректерінің анық еместігі пайда болады. Компьютерлік технологияларды қолдану математиканың жаңа бөлімдерін тарта отырып, көрсетілген белгісіздік жағдайында тиісті нәтижелерді алуға және пайдалануға мүмкіндік береді.

Параметрлік бұлыңғырлық пен деректердің статистикалық белгісіздігі жағдайында басқару процестерін модельдеудің заманауи мәселелеріндегі тиімді және перспективалы формальды құралдардың бірі-бұлыңғыр жиынтықтар теориясына негізделген бұлыңғыр логика. Бұл тәсілде функциялар, дәлелдер мен айнымалылар лингвистикалық сапалы форманы алады. Содан кейін түсінікті ауызша (лингвистикалық) сапалық көрсеткіштерді қолдануға болады, мысалы: «жақсы», «жаман», «жас», «ескі», «қымбат» және т.б., формалдандырылған түрде. Сандық модельдеудің дәстүрлі классикалық әдістерімен салыстырғанда, бұл әдіс қолайлы дәлдікпен нәтиже алуды едәуір жылдамдатады.

Анық емес әдіснамада өз ережелері, шарттары, тұжырымдары, тұжырымдамалары, тұжырымдары қолданылады. Анық емес мәндерді сандық нысанға түрлендіру (фазификациялау -  $fz$ ) рәсімі үшін үлгілік Талдамалық сипаттамасы бар арнайы «тиістілік функциялары» пайдаланылады. Нақты басқару жүйелерінде анық емес контроллерлерді қолдану нәтижелері нақты тәсілдер мен контроллерлерге қарағанда өнімділіктің маңызды артықшылықтарын көрсетті. Кездейсоқ кедергілерді басу арқылы реттеу дәлдігі артады.

Анық емес жиындар теориясы (fuzzy sets theory) өз бастауын 1965 жылы Беркли университетінің профессоры Лотфи Заде (Lotfi Zadeh) «Information and Control» журналында «Fuzzy Sets» іргелі жұмысын жариялаған кезде алды [16]. «Fuzzy» сын есімі, бұлыңғыр, анық емес сияқты мағынасы бар, жаңа теорияның атауына дәстүрлі айқын математика мен Аристотель логикасынан алшақтату мақсатында енгізілген, келесідей нақты ұғымдармен жұмыс істейді: «тиесілі-тиесілі емес», «ақиқат-жалған».

Тиістілік функциясы (membership function) әмбебап жиынның еркін элементінің анық емес жиынға тиесілік дәрежесін есептеуге мүмкіндік беретін функция деп аталады.

Лингвистикалық айнымалы (linguistic variable) оның мағыналары кейбір табиғи немесе жасанды тілдің сөздері немесе сөз тіркестері болуы мүмкін айнымалы деп аталады.

Терм (term) деп терм-жиынының кез келген элементі аталады. Анық емес жиындар теориясында термдер мүшелік функциясын қолдана отырып, анық емес жиынмен рәсімделеді.

Кен ағынын жүйелі ұйымдастырушылық-техникалық қамтамасыз етудің робастикалық моделін жасаудағы бірінші кезең лингвистикалық айнымалыларды негіздеу және кен ағынының сапасын сандық бағалаудың интегралды өлшемін жасау болып табылады. Сараптамалық талдау нәтижесінде кен ағынын басқарудың автоматтандырылған жүйесінің ақпараттық және экономикалық маңызы бар келесі лингвистикалық айнымалылары анықталды және негізделді: қаржыландыру көлемі, кадрлар сапасы, кадрлардың біліктілігі, өнім сапасы, пайдаланылатын шикізат сапасы. Интегралды өлшенген жинақтау түріндегі нәтиже басқару жүйесі сапасының сандық өлшемі болды.

Осы интеграцияланған бизнес-үдерістер жүйесіндегі тәуекелдер  $P_{жа}$  және  $P_{аа}$  ықтимал тәуекелдері ретінде түсіндірілетін ықтимал бақылау қателері нысанында бақылау және шешім қабылдау сатысында пайда болады. Бақылау кезеңінде  $P_{жа}$  және  $P_{аа}$  ықтимал тәуекелдерінің шамалары жүйенің жұмыс функцияларын қалпына келтірудің жабық

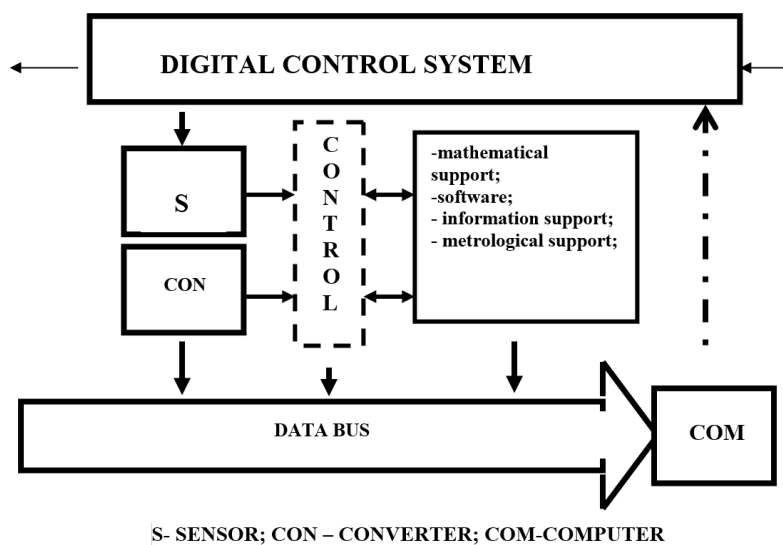
тізбегіндегі түпкілікті нәтиже бойынша басқару сапасын бағаламайтындығында өте маңызды жағдайға назар аудару керек, өйткені бақылау-бұл ақпарат, оның негізінде қажет болған жағдайда басқару объектісіне оның мақсатты функцияларын қалпына келтіру үшін реттеуші әсер алынады. Шындығында, кері байланыс сілтемесі сонымен қатар қолданыстағы жүйенің функцияларын қалпына келтірудің шектеулі дәлдігіне ие және реттеуші әсердің мәні көптеген факторлар мен дәлелдердің кездейсоқ функциясы болып табылады.

*Зерттеу әдістері.* Зерттеу әдістемесі жүйелік тәсілге негізделген. Бұл интерпретацияда жүйе кен ағынының басқарушы агенттерінің арнайы класы ретінде қарастырылады, мұнда агенттер болып сыртқы ортамен байланысты белгілі бір тұтастық ретінде бір-бірімен жүйелік байланыста болатын технологиялық қайта бөлулер болуы мүмкін. Технологиялық динамиканы бағалау және болжау міндеттерінде жүйелік тәсіл әдістерін ресімдеудің қолданбалы құралдары ретінде мыналар пайдаланылады: сараптамалық бағалау, технологиялық ұқсастықтар, функционалдық тәуелділіктер, ықтималдық және имитациялық модельдер, анық емес жиындар, агенттік тәсілдер [17]. Компьютерлік эксперимент жүргізу үшін алдыңғы зерттеулерде жасалған бағдарламалық қосымша қолданылады. Модельдеу үшін статистикалық деректер тау-кен кәсіпорындарының есеп беру құжаттарынан пайдаланылды.

*Ғылыми нәтижелер.* Кен ағынының құрылымдық-функционалдық моделі 1-суретпен ұсынылуы мүмкін. Кеннің агрегаттық күйі көп жағдайда көптеген табиғи-технологиялық факторларға байланысты. Жұмыс кезеңінде белгілі бір уақытта S сенсорының астында мүмкін болатын мәндердің барлық шоғыры бойынша әртүрлі конституциясы бар кен болады. Жүйенің технологиясымен және "жасанды интеллектімен" анықталатын уақыт кезеңінде бақыланатын сипаттамалар статистикалық маңызды және дұрыс ақпарат болуы керек. "Технологиялық фонның" кездейсоқ ауытқулары алынып тасталуы немесе төмендетілуі тиіс бақылау кезеңі автоматты түрде айқындалады. Статистикалық бағалау, мысалы, орташа мәндер, белгісіздік параметрлері, үлестірудің статистикалық заңдары, болжамды бағалау жүйенің білім базасындағы ақпараттық-аналитикалық кешенмен өңдеу үдерісінде анықталады. Ресми түсіндіруде кен ағынын басқарудың цифрлық жүйесінің сапасы қамтамасыз ету агенттерінің технологиялық және экономикалық маңыздылығы деңгейі бойынша мөлшерленген математикалық жинақтау болып көрінеді.

Кен ағынының сапасын бағалау көп параметрлі көп агентті жүйелік проблема болып табылады. Кен ағымының функционалдық сапасы, 1-суреттен көрініп тұрғандай, техникалық қамтамасыз ету, математикалық қамтамасыз ету, бағдарламалық қамтамасыз ету және т.б. күрделі көп параметрлі жүйелерді цифрлық басқарудағы негізгі проблема басқару жүйесінің сапасын сандық бағалау критерийін, әсіресе бақылау және шешім қабылдау сапасын әзірлеу болып табылады. Бұл проблема басқару агенттерінің статистикалық белгісіздігі, деректердің анық еместігі және нормативтік базаның анық еместігі жағдайында айтарлықтай және кейде түсініксіз күрделене түседі. Шешілетін мәселе көп параметрлі және модельденетін үдеріс бір-бірімен жүйелі түрде байланысқан әр түрлі нысандардан тұратындығын ескере отырып, құрылымдық модельді агент моделі түрінде қарастырған жөн. Агенттік модельдеу жүйелік агенттердің бүкіл жүйенің мінез - құлқына әсерін зерттейді, оны «төменнен жоғары» модельдеу деп атайды. Бақылауды көп агенттік жүйенің контент үдерісі ретінде қарастыра отырып, онда келесі агенттерді бөліп көрсетуге болады: сыртқы агенттер (жобалау ортасы); агент-жобалау объектісі; агент – «құрылғы»; агент – «норматив»; агент-шешім алгоритмі; агент-реттеу құралдары мен әдісі. Бұл агенттердің барлығы статистикалық сипатқа ие деп саналады. Агент-реттеу бұл мақалада қарастырылмайды, өйткені бұл жеке қарастырылатын жағдай. Ықтимал

бақылау қателерін бағалау мен болжаудың математикалық модельдерін одан әрі дамыту үшін кейбір  $S_i$  шартты параметрі таңдалды. Бұл параметрдің таралу тығыздығының функциясы  $-f(S)$ .



1-сурет. Кен ағынының сапасын сандық басқарудың құрылымдық және функционалды моделі

Шекті жобалық нормативтер ретінде рұқсат етулер болады:  $S_n$  – төменгі шек (норматив) және  $S_{жс}$  – жоғарғы норматив және олардың статистикалық сипаттамалары  $\theta(S_m)$  және  $\theta(S_{жс})$  бөлу заңдары түрінде. Өлшеу құралының кездейсоқ қатесінің таралу тығыздығының функциясы  $- \varphi(y)$ . Тұжырымдалған есептерден зерттелетін агенттік модельдің белгісіздік параметрлері орташа квадраттық ауытқулар (ОКА) болып табылады:  $\sigma_s$  – бақыланатын параметрдің ОКА;  $\sigma_\varphi$  – өлшеу қателіктерінің ОКА;  $\sigma_\theta$  – нормативтердің ОКА

Параметрлік бақылау кезінде, әдетте, келесі төрт ықтимал оқиға болуы мүмкін:

–  $S_i$  параметрінің ақиқат мәні  $-S_m < S_i < S_{жс}$  рұқсат етілген нормативтік шектерде болады және  $S_{изм}$  өлшенген мәні  $S_m < S_{iөл} < S_{жс}$  рұқсат ету шегінде болады;

–  $S_i$  параметрінің ақиқат мәні  $-(S_m < S_i < S_{жс})$  рұқсаттарының шегінде ( $S_i < S_m$  немесе  $S_i > S_{жс}$ ), және өлшенген мәндері ( $S_{iөл} < S_m$  немесе  $S_{iөл} > S_{жс}$ ) рұқсат ету шегінде болады;

–  $S_i$  параметрінің ақиқат мәні ( $S_m < S_i < S_{жс}$ ), рұқсаттарының шегінде, ал  $S_{iөл}$  өлшенген мәні жоғарғы шектен асады немесе ( $S_{iөл} < S_m$  немесе  $S_{iөл} > S_{жс}$ ) төменгі шектеуден асып кетеді. Бұл нәтижеде бақыланатын параметрдің ақиқат мәні «жарамды» рұқсат етілген аймағында болған кезде, «құрылғы» оны нормадан тыс «жарамсыз» ретінде қате бекітеді. Бұл жағдай «жалған ақау» деп аталады, ал оның пайда болу ықтималдығы- Ржн жалған ақау ықтималдығы;

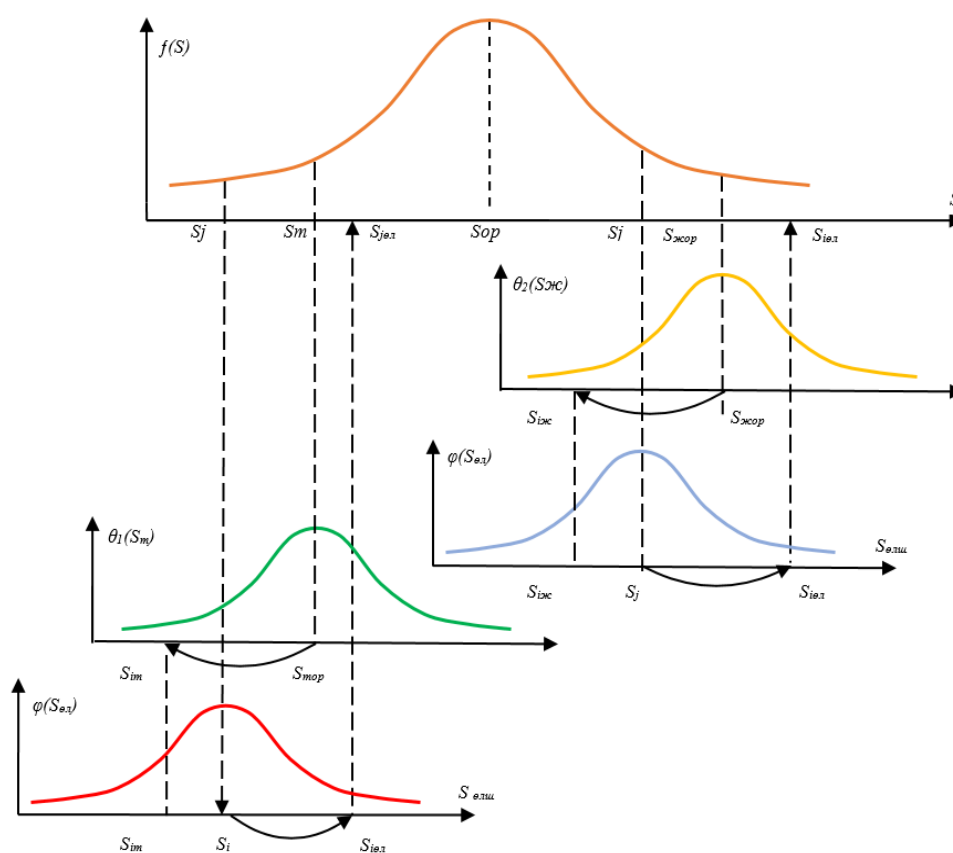
–  $S_i$  параметрінің ақиқат мәні ( $S_i < S_m$  немесе  $S_i > S_{жс}$ ) шегінен тыс, ал өлшенген  $S_{iөл}$  рұқсат ету шегіндегі өлшенген мәні ( $S_m < S_{iөл} < S_{жс}$ ) болады. Бұл жағдай анықталмаған ақау деп аталады және оның пайда болу ықтималдығы – анықталмаған ақау ықтималдығы  $P_{aa}$ .

2-суретте кездейсоқ жол берілетін нормативтер кезіндегі бақылау қателерін (тәуекелдерін) қалыптастырудың графикалық моделі ұсынылған.

Бұл жағдайда «нормадан» кез келген ауытқу «ақау» деп аталады.

Ықтималдықтар теориясындағы жоғарыда аталған оқиғалар тобы сәйкес келмейтін оқиғалардың толық тобы деп аталады. Бұл топтың алғашқы екі жағдайы қатесіз нәтижелер болып табылады және олар қарастырылмайды.

Соңғы екі жағдай қателіктер (қауіптер) болып табылады, бұл әр өлшеу көп немесе аз дәрежеде болуы мүмкін, бірақ кездейсоқ өлшеу қателігі міндетті түрде жүреді, нәтижесінде қате тұжырымдар мен шешімдер қабылданады. Зерттеу тақырыбы-соңғы екі оқиға. Осы ықтимал қателерді сандық бағалау үшін математикалық модельдер ұсынылады, бұл статистикалық сипаттамалар мен заңдардың функциясындағы екі жағдайдың ықтималдығын бағалауға мүмкіндік береді. Бұл жағдайда келесідей композиция қарастырылады, егер шекті мәннің таралу заңы  $S_b$  қалыпты заңмен жуықталса, ал бақыланатын параметр  $S$  Вейбулл заңымен жуықталады. Мұндай композиция шекті мәннің мәні көптеген факторларға байланысты екендігімен негізделген, бұл шекті теоремаға сәйкес осы гипотезаны тандауға негіз береді. Вейбулл заңы, зерттеулер көрсеткендей, белгілі заңдардың бірі ғана емес, сонымен қатар модельдеу мақсаттары үшін ең қолайлы заң болып табылады.



**2-сурет.** Кездейсоқ рұқсат нормативтері барысындағы бақылау қателерін калыптастырудың графикалық моделі

Вейбулл заңы – үш параметрлі заң болып табылады. Көптеген белгілі заңдар, оның ішінде қалыпты заң да осы заңның ерекше жағдайлары ретінде қарастырылуы мүмкін. Вейбулл Заңының таралу тығыздығы функциясы келесідей:

$$f(S, \alpha, \beta, \gamma) = \frac{\beta}{\alpha} (S - \gamma)^{\beta-1} e^{-\frac{(S-\gamma)^\beta}{\alpha}}, \quad S \geq \gamma \quad (1)$$

мұндағы:  $\alpha$  - масштаб параметрі;  $\beta$  – пішін параметрі;  $\gamma$  – орын параметрі.

Пішін параметрінде  $\beta = 0,5$  экспоненциалды заң модельденеді, ал  $\beta = 2,5$  барысында Релея Заңы жуықталады, ал  $\beta = 3,25$  барысында Вейбулдың таралу формасы қалыпты заңға жақын, ал бұл зерттеу тәжірибесінде жиі қолданылады. Алайда, Вейбулл Заңының артықшылығы-бұл қалыпты заңнан айырмашылығы, ол келесі түрдегі интегралды тарату заңының аналитикалық пішініне ие:

$$F(S) = 1 - e^{-\frac{(S-\gamma)^\beta}{\alpha}} \quad (2)$$

Математикалық презентацияның қарапайымдылығы үшін алдымен "жоғарыдан" параметрін бір реттік шектеу жағдайын қарастырамыз.

Мәселені сандық шешу үшін біз шекті өзгерту аралығын  $S_{жор} - 3\sigma_{жс}$  – ден  $S_{жор} + 3\sigma_{жс}$   $K$  учаскесіндедейін бөлеміз, мұнда  $S_{жор}$  орташа үлгі нормативі болып табылады,  $\sigma_{жс}$  стандарттың таңдамалы орташа квадраттық ауытқуы.  $P_1, P_2, \dots, P_j, \dots, P_k$  интервалдық ықтималдығын және  $N$  таңдамасы көлемі барысындағы  $P_1N, P_2N, \dots, P_jN, \dots, P_kN$  әрбір аралығына кездейсоқ түсетін бақылау объектілерінің ықтимал санын табамыз

Сандық интеграцияда қолданылатын белгілі аралық түрлендірулерді ескере отырып, біз  $N$  үлгісінен ақаулы қабылданбаған жобалық шешімдердің жалпы саны үшін соңғы өрнекті береміз

$$N_{жа} = \sum_{i=1}^k N \int_{L_i}^{H_i} \theta(S_{жс}) dS_{жс} \sum_{j=0}^m \left[ \exp\left(-\frac{S_j^\beta}{\alpha}\right) - \exp\left(-\frac{S_j^\beta + 1}{\alpha}\right) \right] \times \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\frac{S_{жсi} - S_j}{\sigma_\phi}}^{+3} e^{-\frac{z^2}{2}} dz \quad (3)$$

Қабылданбаған ақау жағдайында  $N_{aa}$  саны болады

$$N_{aa} = \sum_{i=1}^k N \int_{L_i}^{H_i} \theta(S_{жс}) dS_{жс} \sum_{j=0}^m \left[ \exp\left(-\frac{S_j^\beta}{\alpha}\right) - \exp\left(-\frac{S_j^\beta + 1}{\alpha}\right) \right] \times \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-3}^{\frac{S_j - S_{жсj}}{\sigma_\phi}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz \quad (4)$$

Содан кейін  $P_{жа}$  и  $P_{aa}$  ықтималдығы келесі өрнектерден табылады

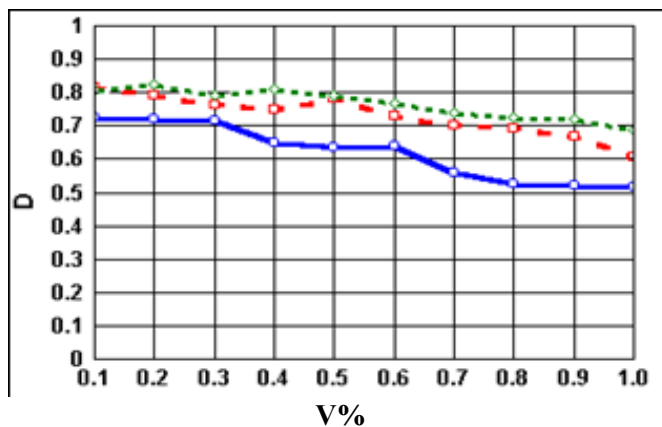
$$P_{жа} = N_{жа} / N; \quad P_{aa} = N_{aa} / N. \quad (5)$$

*Нәтижелер және оларды талқылау.* Компьютерлік экспериментті іске асыру үшін зерттеу міндеттеріне бейімделген, бұрын ШҚМТУ-да әзірленген бағдарламалық қосымша пайдаланылды [17].

Кенді дайындау технологиясында, оны металлургия зауытына жеткізбес бұрын кен «құнарсыздандыру» учаскесіне жеткізіледі [18]. Бұл учаскеге пайдалы компоненттің (темірдің) әртүрлі концентрациясы бар бөлек кеніштерден кен жеткізіледі. Ұзындығы 1000 метр және одан да көп аумақта жекелеген кеніштердің кені тиісті жолақтармен төселеді. Зауытқа жеткізу үшін кен автомобиль көлігімен тасымалданады, ал жүк тиегіш кенді жолақтар арқылы алады, бұл материалдың рұқсат етілген шекараларындағы пайдалы концентрациясының орташалануын қамтамасыз етеді. Мұндай үлкен аумақта металл құрамын бақылау процесі өте көп уақытты қажет ететіндіктен, қашықтан өлшеу құралдары бар ҰҰА (ұшқышсыз ұшатын аппарат) қолданылады. Бұл жағдайда кенді кеңістіктегі денеде пайдалы компонент мәнінің виртуалды бақылау-өлшеу 2D моделін қалыптастыру мақсаты туындайды. Бизнес-процестердің цифрлық трансформациясының жаңа жағдайында мұндай ақпараттық модельдер «Сандық егіз» деп аталады. Сандық егіздерді қалыптастырудағы негізгі міндеттердің бірі-сандық ақпараттың дұрыстығын



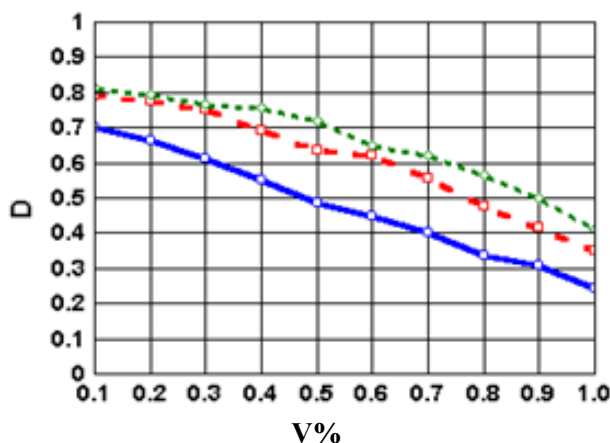
бағалау және бақылау тәуекелдерін сандық бағалау. 2D және 3D графикалық форматтағы компьютерлік модельдеу нәтижелері 3-6-суреттерде келтірілген. 3-суретте  $V\% = \sigma\phi/\sigma_s$  функциясындағы (D) бақылау сенімділігі тәуелділігінің жалпақ моделі келтірілген. Мұнда  $\sigma\phi$ -өлшеудің белгісіздігі, ал  $\sigma_s$  – бақыланатын параметрдің белгісіздігі. Темір кенді материалмен жұмыс істеу кезінде бақыланатын параметр ретінде кен учаскесінің магнит өрісі болып табылады.



3-сурет. бақылау агенттерінің қалыпты таралуы кезіндегі V % функциясындағы бақылау сенімділігінің тәуелділігі (D)

3-суретте бақыланатын параметрдің орташа мәнінен ауытқу түрінде өлшенетін нормативтердің үш мәні бойынша  $\sigma\phi$ -нің  $\sigma_s$ -ке қатынасының V % вариация функциясындағы үш D сенімділік қисығы келтірілген. Жоғарғы қисық  $\text{Sort} \pm 3\sigma_s$  шеңберінде бақыланатын параметрдің орташа мәнінен ауытқу кезінде норматив үшін салынған, орташа қисық  $\text{Sort} \pm 2\sigma_s$  шеңберіндегі норматив үшін және төменгі  $\text{Scp} \pm \sigma_s$  шеңберіндегі норматив үшін. Бақылау агенттерінің, S бақылау параметрінің,  $\phi$  өлшеу белгісіздігінің,  $\theta$  (Sn) нормативтерінің статистикалық үлестірімдері қалыпты заңдармен жуықталады.

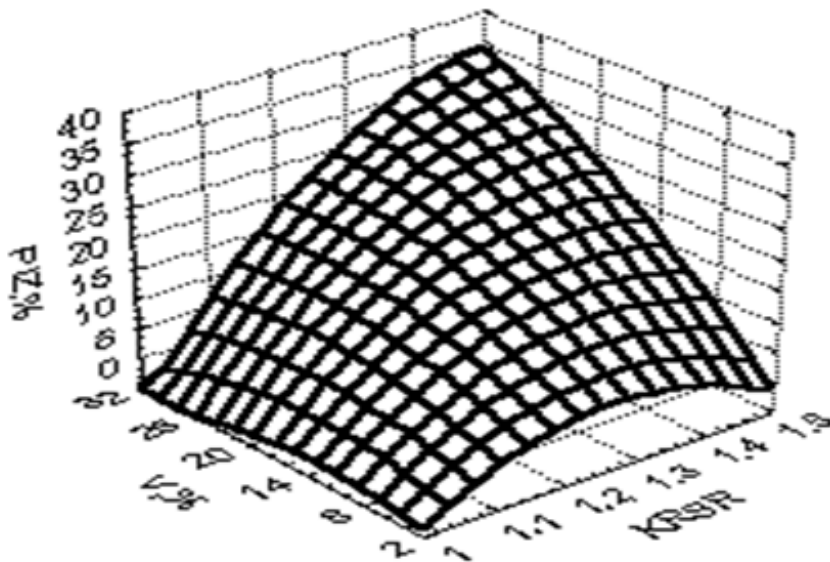
4-суретте бірдей бастапқы шарттарда V % вариация функциясындағы үш D сенімділік қисығы берілген, бірақ бақыланатын S параметрінің таралуының статистикалық заңы біркелкі заңмен жуықталған.



4-сурет. S бақыланатын параметр біркелкі бөлінген кезде V % функциясындағы (D) бақылау сенімділігінің тәуелділігі

Жазық графикалық модель пішіндері тәуелсіз модельдеу агенттері бақылау нәтижелеріне әсер етуінің жалпы кеңістіктік 3D көрінісін бермейді. Осы мақсатта 3D модельдер салынады. Мұндай модельдер алдыңғы мысалдарда тұжырымдалған бастапқы шарттар үшін 4-5 суреттерде келтірілген.

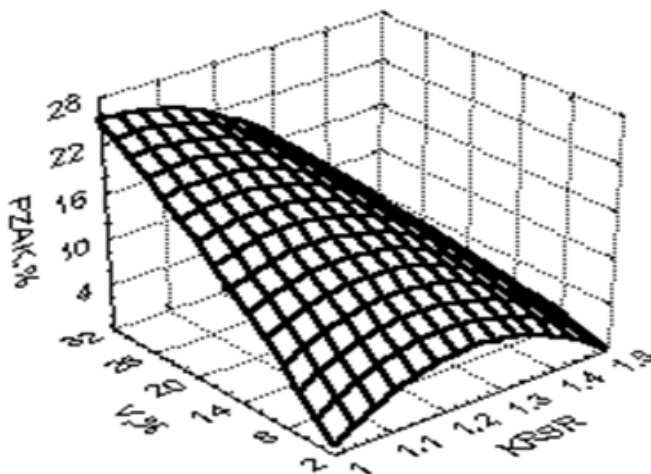
5-суретте PIZ өндірушінің ықтимал тәуекел мәндерінің 3D моделі берілген.



5-сурет. Өндірушінің (дайындаушының PIZ%) ықтимал тәуекел моделі

6-суретте жұмыс берушінің (тұтынушының) ықтимал тәуекелінің PZAK% 3D моделі көрсетілген.

Нәтижелерді 3D интерпретациясында визуализациялау пайдалы болуы мүмкін, әсіресе жобаның басында, өйткені ол жоба нәтижесінің жалпы көрінісін сандық және сапалық форматта ұсынуға мүмкіндік береді. Мысалы, суреттерде тапсырманың сызықтық емес деңгейі көрінеді және максимум аймағы анықталады, ол көптеген параметрлердің синергиясы болып есептеледі және 2D құрылымдарда табылмайды.



6-сурет. Жұмыс берушінің (өндірушінің PZAK%) ықтимал тәуекел моделі

*Қорытынды және тұжырымдар.* 3, 4-суреттермен ұсынылған машиналық эксперименттің нәтижелерінен көрініп тұрғандай, V% функциясындағы (D) бақылау сенімділігінің тәуелділігі аса түрлендірмелі, әсіресе бақыланатын параметр біркелкі үлестірілген кезде. Өндірушінің тәуекел ықтималдығы ең көп әсер етіледі.  $\sigma$  өлшемі қателігінің (белгісіздігінің) мәні  $\sigma$  шамасына сәйкес келгенде және 30 %-дан асуы мүмкін. Сонымен қатар, нормативтер белгісіздігінің әсері қателіктің әсеріне қарағанда жоғары, бұл бақылау нәтижелерінің айтарлықтай өзгеруіне әкеледі. Осыдан әр нақты жоба үшін өндірістік ұтымдылық тұрғысынан нормативтерді таңдаудың басымдылығы туындайды.

3D түрінде ұсынылған нәтижелер жасырын параметрлік синергияның суретін көрсетеді, бұл минималды және максималды тәуекел аймақтары бейнеленген суреттерден көрінеді, бұл жобалық шешімдерді оңтайлы таңдау міндетін қояды.

Кен ағынының сапасын басқарудың метрологиялық және экономикалық оңтайлы жүйесін құру үшін объектінің өмірлік циклінің есептік нәтижелерінің траекториясын жүзеге асыратын, өмірлік циклдің барлық кезеңдері арасындағы интеграцияланған нормативтік интерфейсі бар сандық модель (сандық егіз) қажет.

Алынған нәтижелер күрделі көп параметрлік көп агентті стохастикалық бағдарламаланатын жүйелерді жобалаудың автоматтандырылған жүйелерін математикалық және әдістемелік қамтамасыз ету ретінде қойылуы мүмкін.

*Алғыс.* Менің отандық және шетелдік ғылыми консультанттарыма ғылыми консультантыма зерттелетін мәселелерде баға жетпес көмек көрсеткендері үшін алғысымды білдіремін, оңаша мақала жазысуға көмегі зор тиген Вячеслав Андреевич Корнев ағамызға шексіз алғысымды білдіремін, сондай-ақ негізгі ғылыми жұмысты қаржылай қолдағаны үшін «DasAmi Inc.» (ДасАми Инк.) ЖШС-не өз ризашылығымды білдіремін.

#### Әдебиеттер тізімі

1. Постановление Правительства Республики Казахстан от 12 декабря 2017 года № 827 «Об утверждении Государственной программы «Цифровой Казахстан».
2. Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты: доклад. к XXII Международной. научной конференции по проблемам развития экономики и общества – Москва, 2021 г. – 235 с.
3. Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты: доклад. к XXII Международной. научной конференции по проблемам развития экономики и общества – Москва, 2021 г. – 235 с.
4. Alibekkyzy K, Wojcik W, Vyacheslav K, Belginova S. Robust data transfer paradigm based on VLC technologies. Journal of Theoretical and Applied Information Technology. 2021 Little Lion Scientific. 15th February 2021. Vol.99. No 3.
5. Корнев В.А., Сагидуллина Г., Кайсарулы Т. Модели прогнозирования достоверности инструментальной клинической диагностики./Восточно-Казахстанский государственный технический университет. - Усть-Каменогорск: ТОО «ВКПК АРГО»,2020. - 160 с
6. Электронный ресурс / URL: [dorinfo.ru/99\\_detail.php?](http://dorinfo.ru/99_detail.php?)
7. Каримов Б.Б. Робастное проектирование автомобильных дорог: Монография/ Б.Б. Каримов, В.А. Корнев, А.А. Макенов. – М.: МПК, 2018. – 160 с.
8. ГОСТ Р 10.0.06-2019 «Система стандартов информационного моделирования зданий и сооружений. Строительство зданий. Структура информации об объектах строительства. Часть 3. Основы обмена объектно-ориентированной информацией»
9. IEC 31010:2019 Risk management - Risk assessment techniques, IDT. / URL: [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=32024064&pos=4;-104#pos=4;-104](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=32024064&pos=4;-104#pos=4;-104).
10. Аликбекқызы К., Кошекков К., Wojcik W., Корнев В.А. VLC системы передачи данных. - Усть-Каменогорск: ТОО «ВКПК АРГО»,2021.-141 с.
11. Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (Руководство по выражению неопределенности измерения) Международная организация по стандартизации, CHF 92. ISO, Case postale 56, CH-1211 Geneva, Switzerland.

12. Руководство ЕВРАХИМ/СИТАК Количественное описание неопределенности в аналитических измерениях: Пер. с англ. Р.Л.Кадиса, Г.Р. Нежиховского, В.Б. Сими́на; под ред. Л.А. Конопелько. – СПб.: ВНИИМ им. Д. Менделеева, 2002. – 149 с.
13. Strikova, T.O., Lytyuga, O.P., Skorupski, K., Bugubayeva, A. Stochastic deterministic methods for processing signals and images in optical electronic systems. Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering, 2019, 11176, 1117608.
14. ГОСТ Р 51705.1-2001 Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП: Общие требования. – М.: ИПК «Издательство стандартов», 2004. – 15 с.
15. Zadeh, Lotfi. Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes / IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, SMC-3(1), January 1973. – pp.28-44.
16. Агентно-ориентированный подход / URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki>.
17. Alibekkyzy K., Kornev Vyacheslav Andreevich Programmnoe obespechenie instrumental'nogo kontrolya kachestva VLC sistem// Data sozdaniya ob"ekta: 15.04.2021.
18. Агентно-ориентированный подход / URL: <https://helpiks.org/4-8789.html?ysclid=lhvej4bxg5166223912>

#### References

1. Postanovlenie Pravitel'stva Respubliki Kazahstan ot 12 dekabrya 2017 goda № 827 "Ob utverzhenii Gosudarstvennoj programmy "Cifrovoy Kazahstan".
2. Cifrovaya transformaciya otraslej: startovye usloviya i priority: doklad. k XXII Mezhdunarodnoj. nauchnoj konferencii po problemam razvitiya ekonomiki i obshchestva – Moskva, 2021. – 235 s.
3. Cifrovaya transformaciya otraslej: startovye usloviya i priority: doklad. k XXII Mezhdunarodnoj. nauchnoj konferencii po problemam razvitiya ekonomiki i obshchestva – Moskva, 2021. – 235 s.
4. Alibekkyzy K, Wojcik W, Vyacheslav K, Belginova S. Robust data transfer paradigm based on VLC technologies. Journal of Theoretical and Applied Information Technology. 2021 Little Lion Scientific. 15th February 2021. Vol.99. No 3.
5. Kornev V.A., Sagidullina G., Kajsaruly T. Modeli prognozirovaniya dostovernosti instrumental'noj klinicheskoy diagnostiki./Vostochno-Kazahstanskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet. -Ust'-Kamenogorsk: TOO "VKPK ARGO", 2020.-160 s.
6. Elektronnyj resurs / URL: [dorinfo.ru/99\\_detail.php?](http://dorinfo.ru/99_detail.php?)
7. Karimov B.B. Robastnoe proektirovanie avtomobil'nyh dorog: Monografiya/ B.B. Karimov, V.A. Kornev, A.A. Makenov. – М.: МПК, 2018. – 160 s.
8. GOST R 10.0.06-2019 "Sistema standartov informacionnogo modelirovaniya zdaniy i sooruzhenij. Stroitel'stvo zdaniy. Struktura informacii ob ob'ektah stroitel'stva. Chast' 3. Osnovy obmena ob"ektno-orientirovannoj informaciej".
9. IEC 31010:2019 Risk management - Risk assessment techniques, IDT. / URL: [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=32024064&pos=4;-104#pos=4;-104](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=32024064&pos=4;-104#pos=4;-104).
10. Alibekkyzy K., Koshekov K., Wojcik W., Kornev V.A. VLC sistemy peredachi dannyh. - Ust'-Kamenogorsk: TOO "VKPK ARGO", 2021.-141 s.
11. Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (Rukovodstvo po vyrazheniyu neopredelennosti izmereniya) Mezhdunarodnaya organizaciya po standartizacii, CHF 92. ISO, Case postale 56, SN-1211 Geneva, Switzerland.
12. Rukovodstvo EVRAHIM/SITAK Kolichestvennoe opisaniye neopredelennosti v analiticheskikh izmereniyah: Per. s angl. R.L.Kadisa, G.R. Nezhihovskogo, V.B. Simina; pod red. L.A. Konopel'ko. – SPb.: VNIIM im. D. Mendeleeva, 2002. – 149 s.
13. Strikova, T.O., Lytyuga, O.P., Skorupski, K., Bugubayeva, A. Stochastic deterministic methods for processing signals and images in optical electronic systems. Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering, 2019, 11176, 1117608.
14. GOST R 51705.1-2001 Sistemy kachestva. Upravlenie kachestvom pishchevyh produktov na osnove principov HASSP: Obshchie trebovaniya. – М.: ИПК "Izdatel'stvo standartov", 2004. – 15 s.
15. Zadeh, Lotfi. Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes / IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, SMC-3(1), January 1973, pp.28-44.
16. Агентно-ориентированный подход / URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki>.
17. Alibekkyzy K., Kornev Vyacheslav Andreevich Programmnoe obespechenie instrumental'nogo kontrolya kachestva VLC sistem// Data sozdaniya ob"ekta: 15.04.2021.
18. Poteri i razubozhivanie rudy/ URL: <https://helpiks.org/4-8789.html?ysclid=lhvej4bxg5166223912>