

МРНТИ 20.20.53  
УДК 004.94

<https://doi.org/10.51889/1337.2022.76.73.020>

М.М. Есмагамбетова<sup>1\*</sup>, Т. Керибаева<sup>2</sup>, К.Т. Кошеков<sup>2</sup>, Қ. Алибекқызы<sup>3</sup>, С. Бельгинова<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Нур-Султан, Казахстан

<sup>2</sup> Академия гражданская авиации, г. Алматы, Казахстан

<sup>3</sup> Восточно-Казахстанский технический университет им. Серикбаева,  
г. Усть-Каменогорск, Казахстан

<sup>4</sup> «Туран» университет, г. Алматы, Казахстан

\*e-mail: marzhan1983@mail.ru

## НЕЧЕТКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА МОНИТОРИНГА ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ УГРОЗ

*Аннотация*

Целью работы является повышение качества процесса управления территориальной службы мониторинга и предупреждения чрезвычайных ситуаций. Достижение цели предлагается решать путем совершенствования информационно-аналитического обеспечения территориальной системы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного происхождения. Решение задач данной проблемы осуществляется на примере контроля и предупреждения паводковых ситуаций регионального масштаба. В качестве региона выбрана Восточно-Казахстанская область. В предлагаемом исследовании решаются две научно-практические задачи: разработка формального метода количественного оценивания качества управления сложной многокритериальной организационно-технической системой в условиях параметрической нечеткости; формализация процесса количественного оценивания рисков принятия решений в среде статистической неопределенности агентов управления. Для решения первой задачи разработана структурная модель дифференцированной оценки качества управления на базе нечеткого подхода и модель интегрированной свертки дифференцированных показателей. Для решения второй задачи оценки и прогнозирования рисков контроля и принятия решений, в условиях статистической неопределенности, разработана вероятностная модель. Проверка теоретических предпосылок реализована компьютерным моделированием с использованием программного приложения, разработанного для этих целей.

**Ключевые слова:** управление; процесс; модель; риск; закон распределения; информация; неопределенность.

*Аңдатпа*

М.М. Есмагамбетова<sup>1</sup>, Т. Керибаева<sup>2</sup>, К.Т. Кошеков<sup>2</sup>, Қ. Алибекқызы<sup>3</sup>, С. Бельгинова<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Еуразия ұлттық университеті. Л.Н. Гумилев, Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан

<sup>2</sup>Азаматтық авиация академиясы, Алматы қ., Қазақстан

<sup>3</sup>Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан Техникалық Университеті, Өскемен қ., Қазақстан

<sup>4</sup>«Туран» университеті, Алматы қ., Қазақстан

## ТАБИҒИ ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ҚАУШТЕРДІҢ МОНИТОРИНГІ САПАСЫН БАҒАЛАУҒА АРНАЛҒАН АНЫҚ ЕМЕС МОДЕЛІ

Жұмыстың мақсаты – төтенше жағдайлардың мониторингі және алдын алу аумақтық қызметінің басқару процесінің сапасын арттыру болып табылады. Қойылған мақсатқа байланысты табиғи және техногендік сипаттағы төтенше жағдайлардың мониторингі мен болжауының аумақтық жүйесін ақпараттық-талдамалық қамтамасыз етуді жетілдіру арқылы қол жеткізу ұсынылады. Бұл мәселені шешу өңірлік ауқымдағы су тасқыны жағдайларын бақылау және алдын алу мысалында жүзеге асырылады. Зерттеу объектісі Шығыс Қазақстан облысы таңдалды. Ұсынылған зерттеуде екі ғылыми-практикалық міндет шешілді: параметрлік анық еместік жағдайында күрделі көп критериялы ұйымдық-техникалық жүйені басқару сапасын сандық бағалаудың формальды әдісін жасау; бақылау агенттерінің статистикалық белгісіздігі жағдайында шешім қабылдау тәуекелдерін сандық бағалау процесін ресімдеу. Бірінші мәселені шешу үшін анық емес тәсіл негізінде басқару сапасын сараланған бағалаудың құрылымдық моделі және дифференциалданған көрсеткіштердің интегралды конволюциясы моделі әзірленді. Статистикалық белгісіздік жағдайында бақылау және шешім қабылдау тәуекелдерін бағалау мен болжаудың екінші мәселесін шешу үшін ықтималдық моделі әзірленді. Теориялық болжамдарды тексеру осы мақсат үшін әзірленген бағдарламалық қосымшаны пайдалана отырып, компьютерлік модельдеу арқылы жүзеге асырылады.

**Түйін сөздер:** менеджмент; процесс; үлгі; тәуекел; бөлу заңы; ақпарат; белгісіздік.

*Abstract*

**FUZZY MODEL FOR ASSESSING THE QUALITY OF MONITORING OF NATURAL AND MAN-MADE THREATS**

*Yesmagambetova M.M.<sup>1</sup>, Keribayeva T.<sup>2</sup>, Koshekov K.T.<sup>2</sup>, Alibekkyzy K.<sup>3</sup>, Belginova S.<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>*L.N. Gumilyov Eurasian national University, Nur-Sultan, Kazakhstan*

<sup>2</sup>*Civil Aviation Academy, Almaty, Kazakhstan*

<sup>3</sup>*D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan*

<sup>4</sup>*University "Turan", Almaty, Kazakhstan*

The purpose of the work is to improve the quality of the management process of the territorial service for monitoring and preventing emergencies. It is proposed to achieve the goal by improving the information and analytical support of the territorial system for monitoring and forecasting emergency situations of natural and man-made origin. The solution of the problems of this problem is carried out on the example of control and prevention of flood situations on a regional scale. East Kazakhstan region was chosen as the region. In the proposed study, two scientific and practical tasks are solved: the development of a formal method for quantitative assessment of the quality of management of a complex multi-criteria organizational and technical system in conditions of parametric fuzziness; formalization of the process of quantitative assessment of decision-making risks in the environment of statistical uncertainty of control agents. To solve the first problem, a structural model for a differentiated assessment of the quality of management based on a fuzzy approach and a model for an integrated convolution of differentiated indicators have been developed. To solve the second problem of assessing and predicting the risks of control and decision-making, under conditions of statistical uncertainty, a probabilistic model has been developed. The verification of theoretical assumptions is implemented by computer simulation using a software application developed for this purpose.

**Keywords:** management; process; model; risk; distribution law; information; uncertainty.

**Введение**

Современные тенденции в цифровой трансформации социально-экономических процессов. Главный приоритет научно-технического прогресса направлен на развитие инновационной среды в условиях цифровой трансформации общества [1,2]. Возникновение новых вызовов современности, как изменение климата, возникновение непрогнозируемых кризисных политических и экономических явлений, ставят перед наукой новые, нарастающие по своей сложности и последствиям проблемы. В этих условиях, одной из актуальных на текущий период задач, требующих решения современной мировой естественной наукой, является повышение качества управления, повышение функциональной эффективности субъектов практической деятельности, как юридических, так и физических лиц, а также управление рисками [3]. При этом возникает проблема обоснования критериев эффективности, которая существовала всегда. В условиях Республики Казахстан (РК) эта проблема особенно актуальна для многих субъектов социально-экономической практики, и имеет свою специфику исторического, географического, природно-климатического и прочих причин и факторов. Ключевая программная роль в сложившихся условиях отводится цифровизации, не только в сфере отдельных отраслей, но и на уровне государства в целом, что подтверждается государственными программами.

В последнее время, уже можно считать официально, получил распространение более «сильный» термин «цифровая трансформация», что, как подтверждает практика, прогнозирует системные изменения от внедрения нового «умного» поколения цифровых технологий [2,3]. (Следует заметить, что аналоговые подходы и технические аналоговые средства превосходят по быстрдействию цифровые, и как следствие, возродились гибридные средства и системы.) Цифровая «трансформация» нашла практическое воплощение в множестве отраслевых стратегий таких стран как Великобритания, США, Канада, Япония, Республике Корея и некоторых других странах, во все аспекты человеческой жизни. Цифровая трансформация — это, как правило, инновационная трансформация жизненного цикла продукции. Питательной средой цифровой трансформации в существующей интерпретации: являются искусственный интеллект (ИИ), робототехника, блокчейн, технологии виртуальной и дополненной реальности и ряд других.

Одним из динамично прогрессирующих подходов, который широко освещается и декларируется в специальной литературе - являются «умная» нейронная и СМАРТ технологии, технология «больших данных» и облачных вычислений [5,6,7,8]. Нейронные и СМАРТ технологии, как декларируется во многих общедоступных материалах, должны стать «концентратом человеческих знаний», а с появлением интернета, превратились в «сетевой разум».

Аббревиатура SMART в настоящее время фигурирует во многих исследованиях, публикациях и государственных программах, где интерпретируется - как «умный» или «думающий». В некоторых работах этим технологиям придаются такие наименования как: конвергентные технологии, NBIC (NBICS)-технологии, информационные технологии, информационно-коммуникационные, цифровые технологии и т.д. В этом многообразии даже специалисту трудно выявить специфику и технологические различия в прилагаемом перечне вариантов. Ряд авторов ищут эти различия на философском уровне [9,10]. В пользу подобного подхода говорит междисциплинарность и полидисциплинарность.

Особую роль, не всегда позитивную, цифровая трансформация играет в процессах принятия решений, которые являются предпоследним актом в системе управления. Заключительным актом (этапом) в процессе управления должна быть активная коррекция процесса – обратная связь. В системе принятия решений, и это отмечается во многих научных исследованиях, играет роль психологический фактор (человеческий фактор). Присутствие этого фактора нигде и никем не отрицается, и предпринимаются попытки построения формальных моделей всего замкнутого контура управления, но главная проблема, возникающая перед исследователями в процессе моделирования – это формализация (математизация) психотипа человека [11].

Были проведены статистические исследования спроса на передовые цифровые технологии в странах СНГ по следующим отраслям: сельское хозяйство, беспилотный транспорт и логистика, топливно - энергетический комплекс, промышленность, строительство, финансовый сектор, здравоохранение, образование. В результате исследований было выявлено, что наибольшим спросом по степени значимости в условиях цифровой трансформации пользуются следующие цифровые технологии: робототехника; SMART технологии; нейронные технологии; технологии беспроводной VLC связи; виртуальная и дополненная реальность; квантовые технологии. Вместе с тем, ряд авторов утверждает, что «однозначная позитивная оценка SMART-технологий преждевременна, поскольку существует масса рисков от их использования в случае недостаточной подготовленности человека и общества в целом к их применению».

Подготовленность и качество кадров приобретает ключевую роль особенно в сферах, где начинают использоваться квантовые технологии передачи и обработки информации, космические и беспилотные летательные аппараты, робототехнические комплексы, VLC системы. К отраслям, интенсивно использующих перечисленные технологии, с полным основанием следует отнести министерство чрезвычайных ситуаций (МЧС), которые по роду своей деятельности занимаются космическим мониторингом природных и техногенных угроз.

Управление рисками в системе контроля и мониторинга природных и техногенных угроз. В настоящее время в мире существует понимание того, что природные и техногенные вызовы для среды обитания человека приобретают глобальные масштабы и являются источниками глубочайших потрясений социального, экономического и политического характера. Эти явления являются важнейшими факторами, определяющими устойчивое развитие общества. Причины возникновения социально-экономических опасностей в большинстве случаев носят исторический, природный и антропогенный характер. Если антропогенными факторами, в какой-то мере, можно управлять, например, перепроектировать систему размещения промышленных источников загрязнения, производить расселение людей в более безопасные районы, организовать мониторинг окружающей среды, усилить государственный контроль и повысить юридическую ответственность за нарушение экологического законодательства, то природные негативные явления не поддаются эффективному управлению.

Учитывая приведенные данные, в 2020 году Указом Президента Республики Казахстан от 9 сентября № 408 «Об образовании Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан» (МЧС) деятельность служб предупреждения и спасения населения в непредвиденных ситуациях является предметом пристального внимания не только административных органов, но также и научной среды. Анализ, по истечении времени, социально-экономических катастрофических последствий стихийных и техногенных событий, таких как паводки, пожары, землетрясений показывает на недостаточную результативность соответствующих служб. Эти причины явились одним из аргументов в пользу более глубокого изучения указанных проблем, привлекая для этих целей последние достижения науки и техники.

МЧС РК организационно построена, как многоуровневый и многофункциональный организм, состоящий из взаимосвязанных как между собой, так и с внешней средой агентов управления. В научно-практической интерпретации агентным управлением считается – интеллектуальная модель управления и поддержки принятия решений [12]. Агентное моделирование рассматривает систему как множество независимых объектов, каждый из которых функционально независим, имеющий внутренние межструктурные связи и связи с окружающей средой. Классическая структурно-функциональная модель управления в современных условиях системной динамики, как и прежде, когда ее сформулировал Файоль, состоит из функций: организации, планирования, мотивации и контроля. Многочисленные исследования показывают, что ключевой функцией управления следует считать – контроль, так как «нет контроля – нет управления». Контроль является технологией, содержащей совокупность объектов и процедур, где каждый из них является независимым от других и может рассматриваться, как агент сложной системы. В реальных условиях указанные агенты имеют недетерминированную природу, что в процессе контроля и принятия решений приводит к ошибкам управления, которые можно интерпретировать как риски, а управление рисками с целью повышения устойчивости бизнес-системы следует называть - робастное управление [13]. Контроль приобретает особенно важное социально-экономическое и метрологическое значение в мониторинге природно-антропогенных угроз [14]. Вместе с тем, остается много неясностей, особенно в метрологических аспектах контроля целевых параметров управления.

Анализ общих недостатков и проблем в действующих системах управления, независимо от отраслевой принадлежности и формы собственности, можно свести к следующим:

Проблема с нормативной базой. В науке и практике нет объективных методик обоснования нормативных (предельных, допусковых) значений на контролируемые: параметры, показатели, факторы, процессы. Существующие нормативы периодически пересматриваются по мере накопления статистических данных или резком изменении регламентирующих обстоятельств во внешней среде. Существуют несколько используемых на практике методик по нормированию, но во всех действующих практиках, в большей или меньшей мере, присутствует субъективность. Поэтому, в настоящее время в ряде исследований при моделировании системных процессов считается, что нормативы величины недетерминированные.

Вторая проблема состоит в том, что контроль, оценка и принятие решений осуществляется дифференцировано, т.е., разрозненно по отдельным параметрам, для разных задач и в разных условиях, так как отсутствует интегрированный нормативный критерий, что на научно-практическом уровне порождает необходимость и задачу разработки интегрированного показателя качества управления.

Третья проблема состоит в неоднородности данных, особенно в системе мониторинга, за длительные временные интервалы, что резко снижает качество всей системы управления бизнес-процессами, всецело опираясь на историю процесса. Проблема становится крайне актуальной при работе с «большими данными». В литературе отмечается этот реальный факт и предлагаются методы оценки однородности статистических выборок и кластеризации данных.

Четвертая проблема определена требованием ISO 2015. В стандарте ISO 2015 внесено дополнение – «обязательного количественного оценивания значения рисков». Решающим отличием в ISO 9001:2015 по сравнению с предшествующими версиями ISO следует считать то, что «риски больше не присутствуют в стандарте скрыто (в виде предупреждающих действий) и не локализованы отдельными процессами системы менеджмента качества СМК. Риск теперь пронизывает весь стандарт и встроен в целом в систему управления, становится ее неотъемлемым свойством, а не представляет собой ее часть» [4].

### **Научная проблема**

В предлагаемом исследовании внимание сосредоточено на оценке качества управления в организационно-технических системах на примере мониторинга природных и техногенных критических явлений. Система управления территориальной службы мониторинга и предупреждения чрезвычайных ситуаций рассматривается, как интегрированная геосистемная среда, не только с краткой ежегодной, но также и долговременной погодно – климатической, геологической и техногенной историей. Главная научно-практическая идея исследования состоит в изучении факторов качества управления сложными многопараметрическими системами в условиях рисков и угроз природного и техногенного происхождения.

### **Методология исследования**

Методология исследования базируется на геосистемном подходе. В данной интерпретации геосистема рассматривается, как особый класс управляющих агентов системы, где агенты природы находятся в системной связи друг с другом и как определенная целостность взаимодействуют с космической сферой и человеческим обществом. В качестве прикладных инструментов формализации методов геосистемного подхода, в задачах оценки и прогнозирования динамики природных явлений, используются: экспертные оценки, географические аналогии, функциональные зависимости, вероятностные и имитационные модели, нечеткие множества, агентные подходы.

### **Результат исследования**

Мировой опыт показывает, что достижение качественной результативности, особенно в прорывных инновационных направлениях геосистемного масштаба, представляется возможным только путем системной интеграции следующего обеспечения: правового обеспечения; нормативного обеспечения; кадрового обеспечения; научно-образовательного обеспечения; технического обеспечения; технологического обеспечения; организационно-методического обеспечения и некоторых других инструментов и механизмов, в зависимости от функционала системного исследования. Каждая из системных составляющих является дифференциальным качественным фактором в приведенном общесистемном обеспечении.

В стандарте ИСО 2015 система рассматривается в динамике и определяется, как множество взаимосвязанных бизнес-процессов, объединенных единой целью. Эффективное управление системой вызывает необходимость оценивания по некоторым критериям, как каждого бизнес-процесса, так и интегрировано в форме контекстного целевого процесса всей системы. Эффективное управление, как правило, перед центром принятия решений на практике ставит две главные задачи: прогнозирование бизнес-процессов в дифференцированном или интегрированном оценивании; оптимальное целевое использования ресурсов. Эффективность, при максимуме планируемой результативности, может быть оптимальной по определенному критерию или по обоснованной совокупности критериев. Оптимальность на практике может быть реализована только при помощи экономико-математического или алгоритмического моделирования. При этом решение задачи оптимизации может осуществляться на максимум критерия (функции цели), либо на минимум критерия.

По результатам экспертного исследования, эффективность управления в территориальных организациях мониторинга и предупреждения чрезвычайных ситуаций (ЧС) оценивается, в порядке их весомости, следующими системными агентами:

Качество кадров.

Финансирование.

Материально-техническим обеспечением.

Научно-методическим обеспечением.

Уровнем цифровизации процессов управления (цифровой трансформации).

Деятельность организаций управления ЧС состоит из мероприятий, ориентированных на долговременную перспективу, включая стратегическое планирование, и в ситуационных критических обстоятельствах, во время наводнения, пожара и т.д. Эффективность и результативность работы подобных организаций в критических ситуациях оценивается, как правило, по окончании чрезвычайных происшествий, что крайне затратно и малоэффективно.

Готовность к чрезвычайным ситуациям и качество работы в критических условиях во многом зависят от системных агентов, приведенных выше. Однако, оценивать дифференцировано качество системы, по отдельным показателям или критериям недостаточно результативно, поэтому в сложных мультипараметрических организационно-технических системах рекомендуется использовать интегральный показатель качества системы в целом [15,16]. Так как данная система функционирует в условиях параметрической нечеткости и нечеткости данных, используется многоподходная методика на базе аппарата нечетких множеств в совокупности с вероятностно-статистическими методами, экспертными оценками и методами имитационного моделирования.

Методология теории нечетких множеств оперирует лингвистическими понятиями и переменными. Каждая лингвистическая переменная состоит из названия и базового терм-множества. Элементы базового терм-множества представляют собой названия нечетких переменных, с применением слов естественного языка. Для описания термов используются математические формулы, которые

называются функциями принадлежности. В работе используется трапециидальная математическая интерпретация функции принадлежности [17].

С целью агрегирования показателей качества в единый интегрированный критерий было проведено их ранжирование с присвоением количественной весовой оценки  $q_i$ . Перечень и обозначения «взвешенных» лингвистических переменных (агентов) из всей совокупности системы приведены в таблице 1.

Таблица 1. Лингвистические переменные качества управления

Название агента	Обозначение агента	«вес», $q_i$	Лингвистическая переменная $\mu_j(K)$
1. Качество кадров	$Q1$	$q1$	$\mu1(K1)$
2. Финансирование	$Q2$	$q2$	$\mu2(K2)$
3. Материально-техническое обеспечение	$Q3$	$q3$	$\mu3(K3)$
4. Научно-методическое обеспечение	$Q4$	$q4$	$\mu4(K4)$
5. Уровнем цифровизации процессов управления (цифровой трансформации).	$Q5$	$q5$	$\mu5(K5)$
6. Качеством организационно-методического обеспечения	$Q6$	$q6$	$\mu 6(K6)$

Каждая лингвистическая переменная представляется своим множеством термов. Так, лингвистическая переменная «Качество кадров» содержит три терма, отображенных на рисунке 1. Здесь обозначены  $K_1$  обозначает множество термов лингвистической переменной «Качество кадров», а  $K_j$  – интерпретируется, как j-й терм i-й лингвистической переменной.

1. Уровнем качества кадров. Для оценки качества кадрового обеспечения определены три терма лингвистической переменной (рисунок 1).

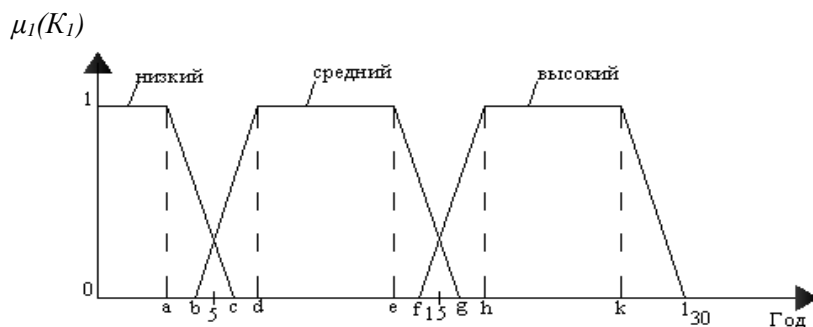


Рисунок 1. Функция принадлежности уровня качества кадров

2. Уровнем финансового обеспечения. Для оценки уровня финансового обеспечения определены четыре терма лингвистической переменной (рисунок 2).

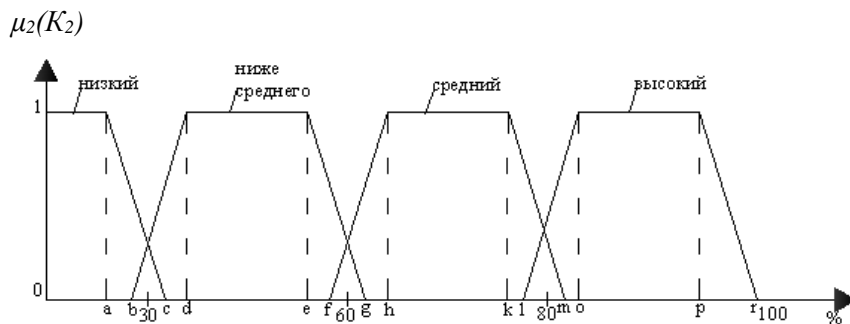


Рисунок 2. Функция принадлежности уровня финансирования

3. Уровнем материально-технического обеспечения. Для оценки уровня материально-технического обеспечения определены четыре терма лингвистической переменной (рисунок 3).

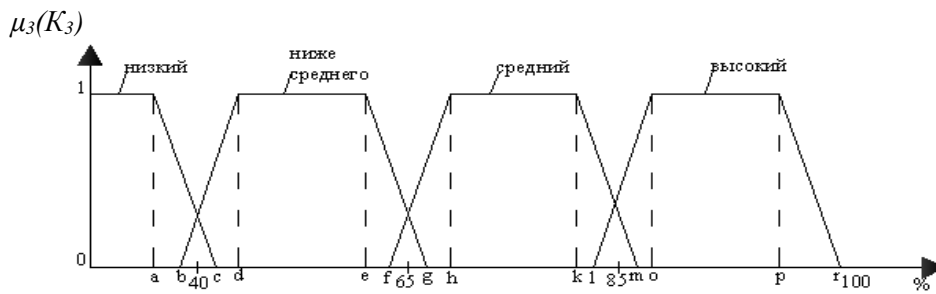


Рисунок 3. Функция принадлежности уровня материально-технического обеспечения

4. Уровень научно-методического обеспечения. Для оценки качества кадрового обеспечения определены три термина лингвистической переменной стаж сотрудников (рисунок 4).

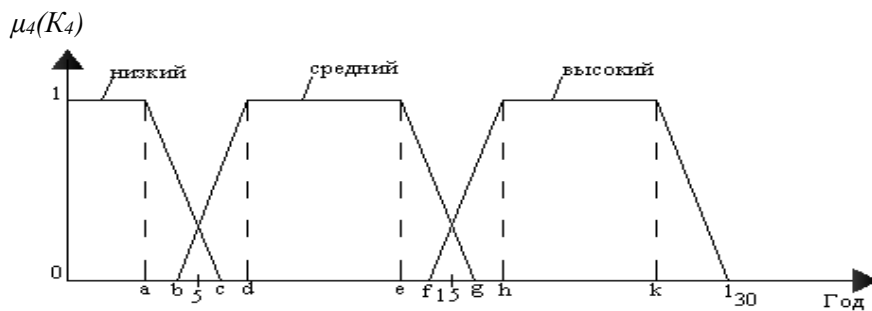


Рисунок 4. Функция принадлежности научно-методического обеспечения

5. Уровень цифровой трансформации процессов управления

Для оценки уровня цифровой трансформации процессов управления определены четыре термина лингвистической переменной (рисунок 5).

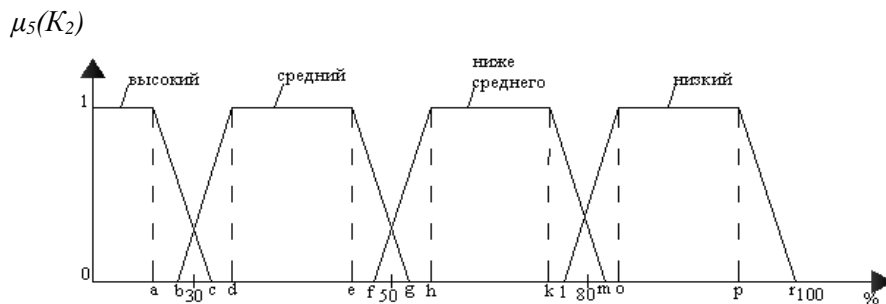


Рисунок 5. Функция принадлежности уровня цифровой трансформации процессов управления

6. Уровень качества организационно-методического обеспечения. Для оценки уровня качества организационно-методического обеспечения процессов управления определены пять термов лингвистической переменной (рисунок 6).

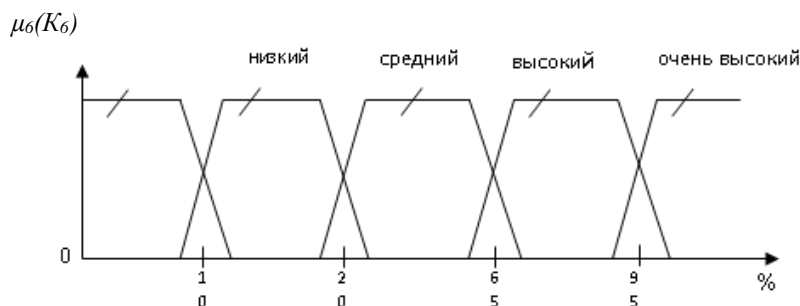


Рисунок 6. Функция принадлежности уровня качества организационно-методического обеспечения

Для интегральной количественной оценки качества кадров необходимо оценить весомость каждой лингвистической переменной  $\mu_j(Q_i)$  и всех, выше перечисленных термов. Это оценивание было реализовано экспертным методом. Результаты экспертного оценивания приведены в таблице 2.

Таблица 2. Весомость термов лингвистических переменных качества кадров

Лингвистическая переменная $\mu_j(y)$	«Вес» $\mu_i(Q_i)$	Вес термов				
		$K_{i1}$	$K_{i2}$	$K_{i3}$	$K_{i4}$	$K_{i5}$
$\mu_1(Q_1)$	7.4	0,0531	0,0888	0,2299	-	-
$\mu_2(Q_2)$	8.8	0,2544	0,3625	0,2751	0,1081	-
$\mu_3(Q_3)$	7.2	0,0604	0,0961	0,2057	0,3101	-
$\mu_4(Q_4)$	7.1	0,0512	0,0989	0,1977	-	-
$\mu_5(Q_5)$	8.2	0,0427	0,0901	0,2366	0,3286	-
$\mu_6(Q_6)$	7.8	0,0604	0,2544	0,0604	0,0989	0,0512

Параметры трапеций на рисунках 1-6 для всех термов лингвистических переменных определяются, как рекомендует методика нечеткого моделирования, натурными экспериментальными исследованиями. Одним из вариантов сглаживания информационных дефектов системы является повышение интеллектуальности процесса мониторинга путем разработки и внедрения нейронной технологии. Структурная нейронная модель подобной интеллектуальной системы представлена на рисунке 7.

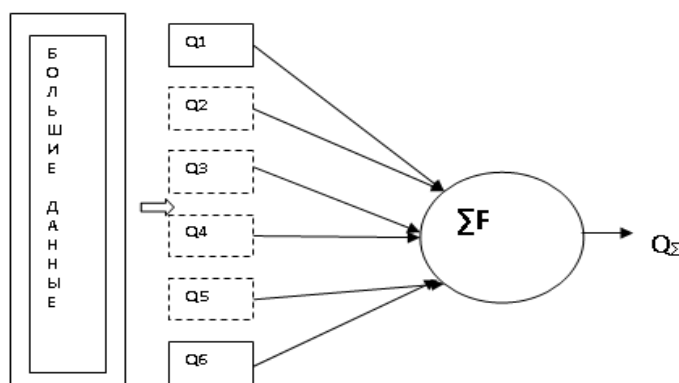


Рисунок 7. Структурная модель нейронной системы интегральной оценки качества системы  $Q_1 - Q_6$  – входы (нечеткие данные);  $\Sigma F$  – нейронная формально-аналитическая свертка взвешенных входов;  $Q_\Sigma$  – выход

Интеллектуальный процессор  $\Sigma F$  «агрегирует» и подвергает формальной обработке экспертно «взвешенных» нечетких данных агентов качества управления мультипараметрической организационно-технической системы. «Большие данные» являются результатом многолетнего мониторинга и накопления технико-экономической геосистемной информации исследуемого процесса в административных «центрах решений».

Одна из функций интеллектуального процессора свертки  $\Sigma F$  состоит дефазификации и вычисления выходной количественной интегральной оценки качества управления. Дефазификация осуществляется с использованием  $\alpha$  – срезов на функциях принадлежности по следующей формуле.

$$Q_i = \omega_i [X_{ij} (a_{il} \times \omega_{ij} + a_{il+1} \times \omega_{ij+1})] \quad (1)$$

Осуществляя взвешенное агрегирование по всему множеству  $Q_i$  ( $i=1-6$ ), будет найдено количественное значение интегрального показателя качества управления в диапазоне 0-1.

Результат работы подобной нечеткой модели всегда представлен неким числом, которое трудно интерпретировать в окончательной привычной качественной форме, поэтому для принятия решения в работе предлагается использовать новую форму вывода в нечетких условиях. Для подобных случаев в литературе предлагается использовать обобщенную функцию желательности Харрингтона [11]. Данная методика позволяет количественные оценки преобразовать в качественные и наоборот.



Процесс мониторинга природных и техногенных ЧС содержит большое количество контрольно-измерительных операций. В результате контроля в момент принятия решения возникают ошибки двух типов: ложный и необнаруженный брак. Количественно эти ошибки оцениваются соответствующими вероятностями:  $P_{лб}$  – вероятность ложного брака и  $P_{нб}$  – вероятность необнаруженного брака. Эти вероятности имеют также смысл рисков потребителя и производителя соответственно. Как было установлено рядом исследований, качество контроля, т.е., вероятный уровень рисков не определяется однозначно величиной погрешности измерения [17]. Количественно значения  $P_{лб}$ ,  $P_{нб}$  зависят от соотношения неопределенностей измерения (погрешности) с неопределенностью контролируемого параметра и нормативами (предельными значениями). Существенную роль в данной композиции играют статистические характеристики агентов контроля. Так как процедуры контроля встроены в технологический процесс управления ЧС, то конечный результат мониторинга представляет собой сложную системную композицию, которую можно описать формально в математической или алгоритмической форме. Таким образом, возникает задача разработки математической модели для количественного оценивания метрологического качества и рисков процесса мониторинга в системе управления ЧС в целом.

Главная научно-практическая идея и задачи моделирования в работе состоит в изучении и прогнозировании вероятных рисков и угроз от паводкового явления для функционирования важных социально-экономических объектов и организационно – технологическая реакция на данные угрозы со стороны филиалов МЧС. В качестве критически-важного социально-экономического объекта рассматривается автомобильная дорога 3-й категории. В типовом алгоритме проектирования автомобильных дорог системным критерием качества объекта проектирования принят коэффициент устойчивости. Показатель устойчивости является расчетной многофакторной количественной оценкой. Главным фактором влияния на устойчивость дорожного объекта, как доказано, является гидродинамическое давление  $D$ , который присутствует в расчетной формуле (2) [13].

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n \left[ \left( \sum_{j=1}^m C_{ij} \right) \cos(\alpha_i) \operatorname{tg} \varphi + CLi \right]}{D + \sum_{i=1}^n \left[ \left( \sum_{j=1}^m G_{ij} \right) \sin(\alpha_i) \right]} \quad (2)$$

Гидродинамическое давление  $D$  зависит от уровня грунтовых вод, которые тесно связаны с уровнем и объемом воды в крупном искусственном водоеме – Бухтарминском водохранилище. Объем воды ( $Z$ ) в данном водохранилище находится под постоянным контролем. В процессе измерения и контроля параметров формулы (2) возникают следующие случайные исходы измерения:

1. Действительное значение параметра  $Z_i$  находится в диапазоне  $Z_n < Z_i < Z_b$  и «измеренное» значение  $Z_{изм}$  находится в пределах нормативов;
2. Действительное значение параметра находится в пределах  $Z_n < Z_i < Z_b$ , а «измеренное» значение  $Z_{изм}$  находится либо в зоне  $Z_{изм} < Z_n$ , либо в зоне  $Z_{изм} > Z_b$ ;
3. Действительное значение параметра находится  $Z_i$  за пределами допуска  $Z_b$ , и измеренное значение за пределами  $Z_{изм} > Z_b$ ;
4. Действительное значение параметра  $Z_i$  находится за пределом  $Z_b$ , а измеренное значение  $Z_n < Z_{изм} < Z_b$  или  $Z_{изм} < Z_n$ .
5. Действительное значение параметра  $Z_i$  меньше предельного  $Z_n$ , измеренное значение также меньше нижнего предела  $Z_{изм} < Z_n$ ;
6. Действительное значение параметра  $Z_i$  меньше предельного  $Z_n$ , а измеренное значение  $Z_n < Z_{изм} < Z_b$  или  $Z_{изм} > Z_b$ .

Эти шесть вариантов представляют полную группу несовместных событий, суммарная вероятность которых равна единице. Нас будут интересовать только случаи возникновения ошибок и их вероятности, а именно, второй, четвертый и шестой случаи.

Для того чтобы исследовать, как влияют статистические характеристики исследуемых параметров на риски контроля, необходимо формализовать процесс формирования рисков с привлечением аппарата вероятностного моделирования. На рисунке 8 приводится графическая модель процесса формирования ошибок (рисков) контроля.

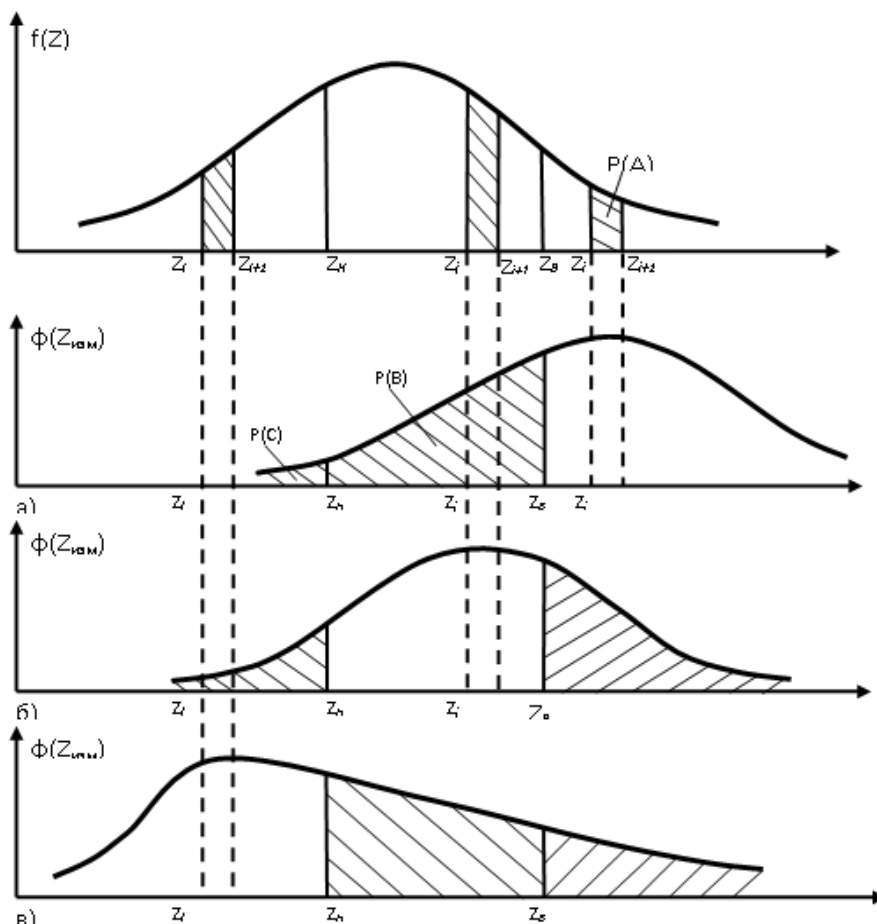


Рисунок 8. Схема возникновения рисков принятия решений

Рассмотрим случай, когда  $F(Z)$  и  $\varphi(Z_{изм})$  подчиняются нормальному закону.

Тогда, плотности распределений  $f(Z)$  и  $\varphi(Z_{изм})$  будут иметь следующие аналитические аппроксимации:

$$f(Z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_z} \exp\left[-\frac{(Z - Z_{cp})^2}{2\sigma_z^2}\right], \quad \varphi(Z_{изм}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_\varphi} \exp\left[-\frac{Z_{изм}^2}{2\sigma_\varphi^2}\right]. \quad (3)$$

Рассмотрим случай под номером четыре, когда действительное значение  $Z$  находится в зоне  $Z_i > Z_B$ , а результат «измерения» может быть в допусковой зоне либо за пределами нижнего допустимого значения  $Z_H$ .

Для разработки модели оценки вероятности ошибочного решения, разобьем интервал от  $Z_B$  до  $Z_{cp} - 3\sigma_z$  на  $M$  дискретных участков.

Назовем событием  $A$ , когда значение параметра  $Z$  находится в любом из дискретных интервалов  $\Delta Z$ , например,  $Z_i < Z < Z_{i+1}$ , а событием  $B$ , когда результат измерения окажется в допуске между нижним и верхним предельными значениями ( $Z_H < Z_{изм} < Z_B$ ), а также событие  $C$ , если оказалось  $Z_{изм} < Z_H$ .

Тогда вероятности событий  $A$ ,  $B$  и  $C$  будут

$$P_i(A) = \int_{Z_i}^{Z_{i+1}} f(Z) dZ, \quad P_i(B) = \int_{Z_A}^{Z_i} \varphi(Z_{изм}) dZ_{изм}, \quad P_i(C) = \int_{Z_H - \sigma_z}^{Z_H} \varphi(Z_{изм}) dZ_{изм} \quad (4)$$

В исследовании интересуют вероятность сложных событий, а именно, одновременного осуществления событий  $A$  и  $B$ , а также одновременного осуществления событий  $A$  и  $C$ .

Аналитический вид, указанных ошибок имеет следующую форму:

$$P_{i1} = P_i(A) \cdot P_i(B) = \int_{Z_i}^{Z_{i+1}} f(Z) dZ \int_{Z_B}^{Z_H} \varphi(Z_{узм}) dZ_{узм} \quad (5)$$

$$P_{i2} = P_i(A) \cdot P_i(C) = \int_{Z_i}^{Z_{i+1}} f(Z) dZ \int_{Z_H - \sigma_z}^{Z_H} \varphi(Z_{узм}) dZ_{узм} \quad (6)$$

Тогда, подставляя (1) в (2) и в (3), получим следующие выражения:

$$P_{i1} = \int_{Z_i}^{Z_{i+1}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_z} \exp\left[-\frac{(Z_i - Z_{cp})^2}{2\sigma_z^2}\right] dZ \int_{Z_B}^{Z_H} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_\varphi} \exp\left[-\frac{Z_{узм}^2}{2\sigma_\varphi^2}\right] dZ_{узм} \quad (7)$$

$$P_{i2} = \int_{Z_i}^{Z_{i+1}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_z} \exp\left[-\frac{(Z_i - Z_{cp})^2}{2\sigma_z^2}\right] dZ \int_{Z_H - \sigma_z}^{Z_H} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_\varphi} \exp\left[-\frac{Z_{узм}^2}{2\sigma_\varphi^2}\right] dZ_{узм} \quad (8)$$

где  $\sigma_z$  - среднее квадратическое отклонение измеряемого параметра  $Z$ ;

$\sigma_\varphi$  - среднее квадратическое отклонение случайной погрешности измерения  $Z$ -параметра.

Но формулы (4) и (5) дают ошибки только для одного  $i$ -го  $\Delta Z$  участка из всего множества  $M$  дискретных участков, на которые был поделен интервал возможных значений  $Z$ -параметра от  $Z_B$  до  $Z_{cp} + 3\sigma_z$ .

Суммируя по всем  $K$ -интервалам, найдем окончательное аналитическое выражение искомых ошибок:

$$P_1 = \sum_{Z_i}^m \int_{Z_i}^{Z_{i+1}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_z} \exp\left[-\frac{(Z_i - Z_{cp})^2}{2\sigma_z^2}\right] dZ \int_{Z_n}^{Z_6} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_\varphi} \exp\left[-\frac{Z_{узм}^2}{2\sigma_\varphi^2}\right] dZ_{узм}, \quad (9)$$

$$P_2 = \sum_{i=1}^m \int_{Z_i}^{Z_{i+1}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_z} \exp\left[-\frac{(Z_i - Z_{cp})^2}{2\sigma_z^2}\right] dZ \int_{Z_n - \sigma_z}^{Z_n} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_\varphi} \exp\left[-\frac{Z_{узм}^2}{2\sigma_\varphi^2}\right] dZ_{узм}$$

Рассмотрим следующий случай, когда истинное значение  $Z$  находится в допуске, а результат измерения либо ниже  $Z_n$ , или выше  $Z_B$ . Этот случай соответствует рисунку 9. Техника вывода аналитических выражений ошибок для данного случая аналогична предыдущему, изменяться лишь пределы интегрирования:

$$P_3 = \sum_{j=1}^m \int_{Z_j}^{Z_{j+1}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_z} \exp\left[-\frac{(Z_j - Z_{cp})^2}{2\sigma_z^2}\right] dZ \int_{Z_i}^{Z_{н\delta} - 3\sigma_z} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_\varphi} \exp\left[-\frac{Z_{\delta c i}^2}{2\sigma_\varphi^2}\right] dZ_{\delta c i}$$

$$P_4 = \sum_{j=1}^m \int_{Z_j}^{Z_{j+1}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_z} \exp\left[-\frac{(Z_j - Z_{cp})^2}{2\sigma_z^2}\right] dZ \int_{Z_6}^{Z_{cp} + 3\sigma_z} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_\varphi} \exp\left[-\frac{Z_{узм}^2}{2\sigma_\varphi^2}\right] dZ_{узм}$$

Экономические последствия каждой из ошибок  $P_3$  и  $P_4$  следует прогнозировать исходя из конкретных условий, но следует отметить, что эти ситуации в системе принятия решений наиболее сложные.

Третий случай состоит в том, что действительное значение  $Z$  находится в зоне ниже  $Z_n$ , а измеренное значение  $Z_{узм}$  может находиться как в допуске, так и в верхней благоприятной для работника зоне, т.е.  $Z_{узм} > Z_B$ .

Рассуждая, как и ранее, получим следующие выражения для решений:

$$P_5 = \sum_{l=1}^m \int_{Z_l}^{Z_{l+1}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_z} \exp\left[-\frac{(Z_l - Z_{cp})^2}{2\sigma_z^2}\right] dZ \int_{Z_u}^{Z_s} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_\phi} \exp\left[-\frac{Z_{изм}^2}{2\sigma_\phi^2}\right] dZ_{изм} \quad (10)$$

$$P_6 = \sum_{l=1}^m \int_{Z_l}^{Z_{l+1}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_z} \exp\left[-\frac{(Z_l - Z_{cp})^2}{2\sigma_z^2}\right] dZ \int_{Z_e}^{Z_{cp}+3\sigma_z} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_\phi} \exp\left[-\frac{Z_{изм}^2}{2\sigma_\phi^2}\right] dZ_{изм} \quad (11)$$

Для исследования работоспособности математических моделей (7) и (8) необходимы статистические данные конкретного параметра. Таким параметром был выбран контролируемый объем воды в Бухтарминском водохранилище. Гистограмма эмпирического распределения вариаций объема воды в данном водохранилище представлена на рисунке 9.

Средний выборочный коэффициент вариации, согласно экспериментальным данным составляет 28%. Максимальный уровень объема воды приходится на весенне-летнее время, причем, минимальный уровень опускается до 10-15 млн.м.куб, а максимальный поднимается до 40-42 млн.м.куб.

Регрессионная модель объемов воды в водохранилище при ежемесячном контроле за период с 20 лет имеет следующий вид:

$$Y=4533-18130X+7753X^2-1267X^3+89.455X^4-2.32X^5 \quad (12)$$

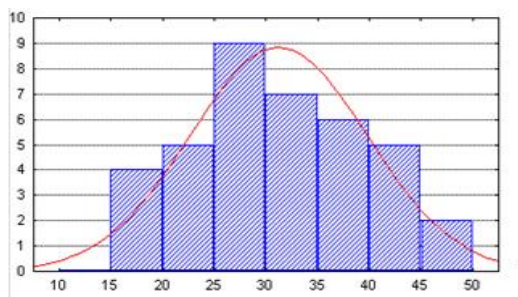


Рисунок 9. Гистограмма распределения колебаний ежемесячных объемов воды в Бухтарминском водохранилище в 2021 г

Статистический анализ полученных выше результатов наблюдений показал следующее: эмпирическое распределение, представленное на рисунке 9 аппроксимируется теоретическим нормальным законом, функция плотности которого имеет следующий вид:

$$f_1(x, \sigma_1, x_{ср1}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}10700} e^{-\frac{(x-37031)^2}{228000}}$$

где  $\sigma_1$ -среднее квадратическое отклонение распределения;  $X_{ср1}$ -среднее арифметическое значение этого распределения. Коэффициент устойчивости находится из формулы (2). Параметры, входящие в формулу расчета, рассматриваются как случайные величины, которые находятся методом имитаций.

### Дискуссия

Для исследования влияния статистических параметров моделей для оценки рисков было разработано программное приложение и реализован компьютерный эксперимент. Начало «диалога» с программным приложением демонстрируется экранной копией на рисунке 10. Для запуска диалога нажимается кнопка «Исследование». Все условия и аргументы исследования, оказывающие влияние на время вычисления можно настроить, вызвав окно настроек из главного меню приложения «Сервис – Настройки». Запущенные потоки исследования влияния параметров, их названия и состояние отображаются на панели управления потоками. С помощью кнопок «Запустить», «Приостановить» и «Завершить», которые расположены в верхней части панели управления потоками, можно запускать, приостанавливать или завершать выполняющиеся потоки исследования. По завершении потока вычисления значений для построения графика, иллюстрирующего влияние исследуемого показателя на качество принимаемых решений, создается окно, отображающее результат исследования.

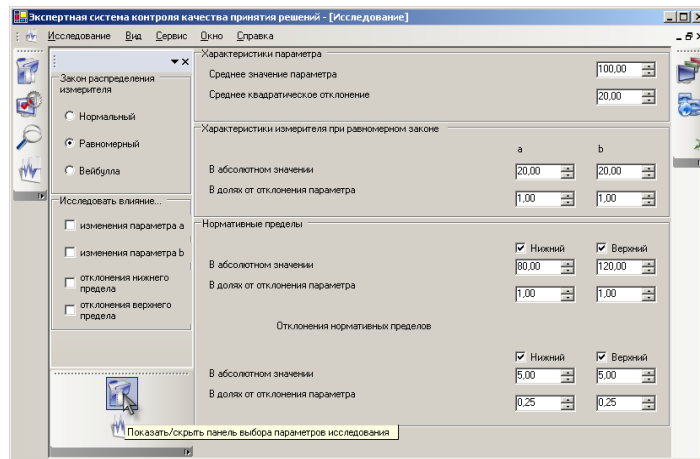


Рисунок 10. Выбор и задание параметров для проведения исследования

Все графики отображаются в иерархическом списке панели управления графиками, располагающейся, по умолчанию, над панелью управления потоками (см. рисунок 11).

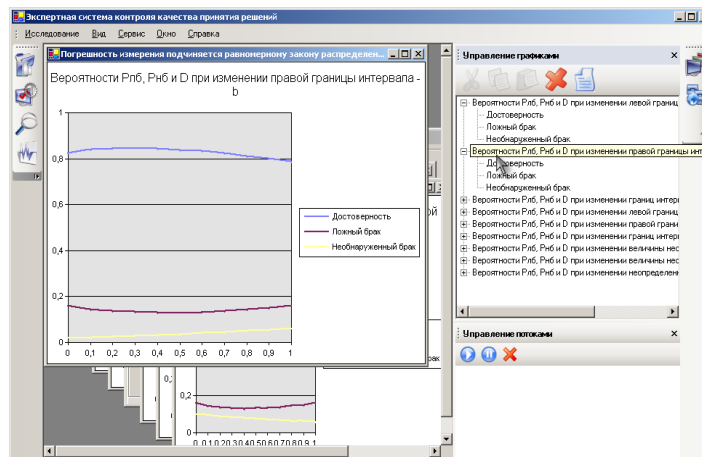


Рисунок 11. Панель управления окнами графиков

Используя кнопки в верхней части панели управления окнами графиков, можно вырезать, копировать, вставлять, удалять или переименовывать отдельные графики, доступные в активном окне приложения. Результаты компьютерного эксперимента представлены на рисунках 12.

$$z = 0.6 - 1.206 \cdot x + 0.091 \cdot y + 0.8 \cdot x^2 - 0.282 \cdot x \cdot y + 0.086 \cdot y^2$$

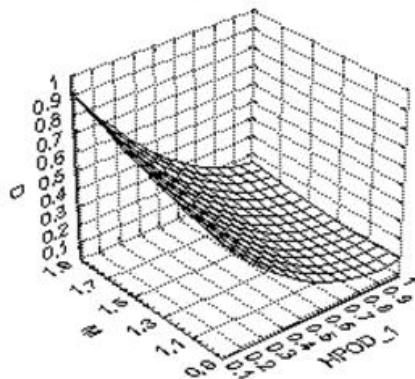


Рисунок 12. Пространственная интерпретация математической модели оценки достоверности контроля

Визуальный анализ пространственной 3D картины дает основание считать, что исследуемые связи носят явно выраженный нелинейный характер, это делает невозможным использовать линейные гипотезы для прогнозирования результатов в процессе принятия решений.

### Выводы

Для достижения поставленной цели совершенствования информационно-аналитического обеспечения территориальной системы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного происхождения были решены две основные задачи: формализация количественного оценивания качества управления сложной многокритериальной организационно-технической системой в условиях параметрической нечеткости; формализация процесса количественного оценивания рисков принятия решений в среде статистической неопределенности агентов управления.

В объеме первой задачи была разработана структурная модель дифференцированной оценки качества управления на базе нечеткого подхода и модель интегрированной свертки дифференцированных показателей. Для решение второй задачи была разработана вероятностная модель оценки и прогнозирования рисков контроля и принятия решений, в условиях статистической неопределенности. Для проверки адекватности теоретических предпосылок практическим ситуациям, было разработано программное приложение и реализован компьютерный эксперимент. В процессе компьютерного эксперимента было выявлено, что при значении неопределенности измерения соизмеримой с величиной неопределенности контролируемого параметра, риск может превышать 30%. При этом восстановлено, что влияние неопределенности нормативов выше, чем влияние неопределенности измерения. Полученные результаты могут быть положены в качестве математического и методического обеспечения процесса цифрового проектирования сложных организационно-технических систем.

### Список использованных источников:

- 1 Об утверждении Государственной программы "Цифровой Казахстан" Постановление Правительства Республики Казахстан от 12 декабря 2017 года № 827.
- 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 IEC 31010, Risk management - Risk assessment techniques.
- 4 Ардашкин И.Б. Смарт-технологии как феномен: концептуализация подходов и философский анализ. являются ли смарт-технологии действительно умными? I – Томск, ТГУ. Вестник Томского государственного университета. Философия. Социология. Политология. 2018. № 43
- 5 José Luis Carrasco-Sáez, Marcelo Careaga Butter, María Graciela Badilla-Quintana. The New Pyramid of Needs for the Digital Citizen: A Transition towards Smart Human Cities // Sustainability. 2017. № 9, 2258. doi: 10.3390/su9122258 (дата обращения: 27.03.2018).
- 6 Gorbunov, D.V. & Nesterov, A.Yu. (2017) Technological future of Russia: the challenge of the "third nature". Vestnik Samarskogo universiteta. Aerokosmicheskaya tekhnika, tekhnologii i mashi-nostroyeniye - Vestnik of Samara University. Aerospace And Mechanical Engineering. 16(4). pp. 6071. (In Russian). DOI: 10.18287/2541-7533-2017-16-4-60-71
- 7 Ардашкин И.Б. Смарт-общество как этап развития новых технологий для общества или как новый этап социального развития (прогресса): к постановке проблемы // Вестник Томского государственного университета. Философия. Социология. Политология. 2017. № 38. С.32-45.
- 8 Джиган О.В. Философские аспекты использования сетевых технологий // Экономические и социально-гуманитарные исследования. 2015. № 1 (5). С. 110-115.
- 9 Nikitina, E.A. (2016) The problem of subjectivity in intellectual robotics. Filosof-skiye prob-lemy informatsionnykh tekhnologii i kiberprostranstva - Philosophical problems of IT and Cyberspace. 2(12). pp. 31-39. (In Russian). DOI: 10.17726/phillIT.2016.12.2.3.
- 10 Alibekkyzy K, Wojcik W, Vyacheslav K, Belginova 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.
- 11 Jacques Ferber, Olivier Gutknecht, Fabien Michel From Agents to Organizations: an Organizational View of Multi-Agent Systems [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.lirmm.fr/~fmichel/publi/pdfs/ferber04>
- 12 Каримов Б.Б. Робастное проектирование автомобильных дорог: Монография/ Б.Б. Каримов, В.А. Корнев, А.А. Макинов. – М.: МПК, 2018. – 160 с.
- 13 Стратегический план Международной стратегии по уменьшению опасности бедствий Сендайская рамочная программа действий на 2015-2030 годы: утв. постановлением МСУОБ 18 марта 2015 года.

14 Методы геосистемного прогнозирования//poisk-ru.ru/s41224t18.html.

15 Al-Rawi K.L., Casanova J.L., Calle A. Burned area mapping system and fire detection system, based on neural networks and NOAA-AVHRR imagery. // *Int. J. Remote Sensing*. – 2001. –Vol. 22. – P. 2015-2032.

16 Zadeh, Lotfi. *Fuzzy Sets / Information and Control*, 8(3), June 1965. – P. 338–53.

17 Раджабов Р.К. Моделирование микроэкономики: Монография/ Р.К. Раджабов, В.А. Корнев, А.А. Макенов, О.В. Морозова, С Зубайдов. – Душанбе: Ирфон, 2017. – 345 с.

#### References:

1 *Ob utverzhdenii Gosudarstvennoj programmy "Cifrovoy Kazahstan" Postanovlenie Pravitel'stva Respubliki Kazahstan ot 12 dekabrja 2017 goda № 827. [On the approval of the State Program "Digital Kazakhstan" Resolution of the Government of the Republic of Kazakhstan December 12, 2017] (In Russian)*

2 *Cifrovaja transformacija otraslej: startovye uslovija i priority: doklad. k HHII Mezhdunarodnoj. nauchnoj konferencii po problemam razvitija jekonomiki i obshhestva [Digital transformation of industries: starting conditions and priorities: report. to the XXII International. scientific conferences on the problems of economic and social development]– Moskva, g. – 235(In Russian)*

3 IEC 31010, Risk management - Risk assessment technijaues.

4 Ardashkin I.B. (2018) *Smart-tehnologii kak fenomen: konceptualizacija podhodov i filosofskij analiz. javljajutsja li smart-tehnologii dejstvitel'no umnymi?*[Smart technologies as a phenomenon: conceptualization of approaches and philosophical analysis. are smart technologies really smart?]*1 – Tomsk, TGU. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta Filosofija. Sociologija. Politologija.. № 43(In Russian)*

5 José Luis Carrasco-Sáez, Marcelo Careaga Butter, María Graciela Badilla-Quintana. *The New Pyramid of Needs for the Digital Citizen: A Transition towards Smart Human Cities // Sustaina-bility. 2017. № 9, 2258. doi: 10.3390/su9122258 (дата обращения: 27.03.2018).*

18 Gorbunov, D.V. & Nesterov, A.Yu. (2017) *Technological future of Russia: the challenge of the "third nature". Vestnik Samarskogo universiteta. Aerokosmicheskaya tekhnika, tekhnologii i mashi-nostroyeniye - Vestnik of Samara University. Aerospace And Mechanical Engineering. 16(4), pp. 6071. (In Russian). DOI: 10.18287/2541-7533-2017-16-4-60-71*

6 Ardashkin I.B. (2017) *Smart-obshhestvo kak jetap razvitija novyh tehnologij dlja obshhestva ili kak novyj jetap social'nogo razvitija (progressa): k postanovke problemy [Smart society as a stage of development of new technologies for society or as a new stage of social development (progress): to the problem statement]// Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Filosofija. Sociologija. Politologija.. № 38. S.32-45. (In Russian)*

7 Dzhigan O.V. (2015) *Filosofskie aspekty ispol'zovaniya setevyh tehnologij [Philosophical aspects of the use of network technologies]// Jekonomicheskie i social'no-gumanitarnye issledovaniya.. № 1 (5).110-115. (In Russian)*

8 Nikitina, E.A. (2016) *The problem of subjectivity in intellectual robotics. Filosof-skiye prob-lemy informatsionnykh tekhnologii i kiberprostranstva - Philosophical problems of IT and Cyberspace. 2(12). pp. 31-39. (In Russian). DOI: 10.17726/philIT.2016.12.2.3.*

19 Alibekkyzy K, Wojcik W, Vyacheslav K, Belginova S.(2021) *Robust data transfer paradigm based on VLC technologies. Journal of Theoretical and Applied Information Technology. Little Lion Scientific. 15th February 2021. Vol.99. No 3.*

9 Jacques Ferber, Olivier Gutknecht, Fabien Michel *From Agents to Organizations: an Organizational View of Multi-Agent Systems [Electronic resource].– Access mode: <http://www.lirmm.fr/~fmichel/publi/pdfs/ferber04>*

10 Karimov B.B. ( 2018) *Robastnoe proektirovanie avtomobil'nyh dorog[Robust road design]: Monografija/ B.B. Karimov, V.A. Kornev, A.A. Makenov. – M.: MPK., – 160(In Russian)*

11 *Strategicheskij plan Mezhdunarodnoj strategii po umen'sheniju opasnosti bedstvij Sendajskaja ramochnaja programma dejstvij na 2015-2030 gody: utv. postanovleniem MSUOB 18 marta 2015 goda. [13. Strategic Plan of the International Strategy for Disaster Risk Reduction Sendai Framework for Action for 2015-2030: approved by ISDR Resolution on March 18, 2015 ] (In Russian)*

20 *Metody geosistemnogo prognozirovanija [Methods of geosystem forecasting]//poisk-ru.ru/s41224t18.html. (In Russian)*

12 Al-Rawi K.L., Casanova J.L., Calle A. Burned area mapping system and fire detection system, based on neural networks and NOAA-AVHRR imagery. // *Int. J. Remote Sensing*. – 2001. –Vol. 22. – P. 2015-2032.

13 Zadeh, Lotfi. *Fuzzy Sets / Information and Control*, 8(3), June 1965. – P. 338–53.

14 Radzhabov R.K. (2017) *Modelirovanie mikroekonomiki [Modeling of microeconomics]: Monografija/ R.K. Radzhabov, V.A. Kornev, A.A. Makenov, O.V. Morozova, S Zubajdov. – Dushanbe: Irfon., – 345(In Russian)*