

Новая парадигма цифровой трансформации smart-управления мультипараметрическими системами

¹*ЕСМАГАМБЕТОВА Маржан Муратовна, докторант, marzhan1983@mail.ru,

²КЕРИБАЕВА Талшын Бакытжановна, докторант, старший преподаватель, talshyn.keribayeva@agakaz.kz,

³КАЛИНИН Алексей Анатольевич, PhD, зав. кафедрой, a.kalinin@kstu.kz,

⁴ТЕН Татьяна Леонидовна, д.т.н., зав. кафедрой, tentl@mail.ru,

³КОГАЙ Галина Давыдовна, к.т.н., доцент, g.kogay@kstu.kz,

¹НАО «Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева», Казахстан, Астана, ул. Саппаева, 2,

²Академия гражданской авиации, Казахстан, Алматы, ул. Ахметова, 44,

³НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», Казахстан, Караганда, пр. Н. Назарбаева, 56,

⁴Карагандинский университет Казпотребсоюза, Казахстан, Караганда, ул. Академическая, 9,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Целью работы является повышение качества процесса управления системы территориальной службы мониторинга и предупреждения чрезвычайных ситуаций. Достижение цели предлагается решать путем совершенствования информационно-аналитического обеспечения системы управления. В предлагаемом исследовании решаются две научно-практические задачи: разработка формального метода количественного оценивания качества управления сложной многокритериальной организационно-технической системой в условиях статистической неопределенности агентов управления; формализация процесса количественного оценивания рисков принятия решений в среде статистической неопределенности агентов управления. Для решения поставленных задач 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. Прикладные методы геосистемного прогнозирования насчитывают более 150 подходов, в данной работе из всего многообразия будут использоваться: экспертные оценки, географические аналогии, функциональные зависимости, вероятностные и имитационные модели, нечеткие множества. Разработанная многоподходная методика интегрированного количественного оценивания качества управления территориальной системы мониторинга и предупреждения чрезвычайных ситуаций является новой в классе решения подобных задач.

Ключевые слова: управление, чрезвычайные ситуации, процесс, модель, риск, закон распределения, информация, неопределенность, мониторинг.

Введение. Решение сложных управленческих задач в практическом менеджменте становится невозможным без привлечения новых цифровых информационных технологий [1]. Особую роль информационные технологии играют в процессах принятия решений, которые охватывают все этапы процессов управления. Одной из отраслей, где интенсивно используются и развиваются научно-технические методы, являются системы управления чрезвычайными ситуациями. С появлением и использованием в этой сфере космических средств, новых информационных технологий, робототехники, беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), искусственного интеллекта (ИИ), больших данных (БД) и VLC технологий, трансформировались и принципы управления бизнес-процессами в организациях оперативного

контроля и мониторинга чрезвычайных явлений и ситуаций [2, 3]. В настоящее время обратили внимание на тот факт, что чрезвычайные явления и последующие угрозы, такие как пожары, наводнения, затопления приводят к большим потерям, особенно в аграрной области, где данные явления выводят из производственного обращения большие площади пригодных плодородных земель или прерывают на определенное время плановые технологические процессы. Повышение качества аналитических функций в разрабатываемых информационных системах решается путем интеллектуализации процессов обработки данных. Все интеллектуальные технологии объединяет одно понятие «СМАРТ», которое понимается как «умный» или «думающий» [4-5]. Часто этому понятию придают смысл другого, тоже употре-

бляемого в литературе и исследованиях термина «конвергенция» и робастность [6, 7, 8].

Методы исследования. Методология исследования базируется на геосистемном подходе, который был предложен академиком Сочавой В.Б. [Сочава В.Б. Методы прогнозирования геосистем//poisk-ru.ru/s41224t18.html]. В данной интерпретации «геосистема – это особый класс управляющих систем, где отдельные компоненты 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.

Научные результаты. В сложных информационно-аналитических системах крайне важной становится проблема приема, обработки, передачи и защиты информации. Новый подход в решении проблем защиты информации на техническом уровне решается использованием VLC технологий [3]. Статистическая неопределенность факторов и параметров агентов управления приводит к появлению рисков на стадии принятия решений. Этот факт неустраим, в связи с чем, в последней редакции стандарта ISO 9001:2015 в обязательном порядке регламентируется, независимо от отраслевой и юридической принадлежности, в каждом новом проекте осуществлять количественную оценку рисков с дифференциацией на риск производителя и риск потребителя, математически интерпретируемые как ошибки контроля. Решить эту задачу представляется возможным только с привлечением математического аппарата и компьютерных технологий. Особо эта проблема представляется актуальной в системах предупреждения и обеспечения безопасности социально-экономических объектов от природных и техногенных угроз. Организационно это решается созданием специальных государственных и территориальных служб. Риски, возникающие на этапах принятия решений в данных организациях и ситуациях, сопровождаются огромными потерями для населения, поэтому прогнозирование и мониторинг рисков на новом научно-техническом уровне является актуальной задачей. Для обеспечения процессов контроля и мониторинга природных и техногенных угроз в среде территориального административного управления созданы и совершенствуются специальные автоматизированные системы. Структурно-функциональная модель современных систем автоматизированного управления в базовом варианте содержит [10]:

1. *Техническое обеспечение* – в компьютерных технологиях структурируется и схемотехнически решается в соответствии с функциональными про-

ектными целями. Большое научно-практическое внимание в системах автоматизированного контроля и мониторинга природных и техногенных угроз отводится инструментальному контрольно-измерительному оборудованию. Научно-практическая специфика и новизна исследуемой работы состоит в том, что в технологическом процессе управления используются средства космического наблюдения, рассматриваемые не как локальный агент, а в системной процессной целевой интеграции с многоагентным обеспечением.

2. *Математическое обеспечение* – нацелено на решение как технико-экономических задач общесистемного характера, так и эксплуатационного технологического уровня. Математическое обеспечение определяет СМАРТ-уровень системы. К последнему относятся оценки и прогнозирование рисков управления и контроля. Математическое обеспечение в современных СМАРТ-системах играет ключевую роль и определяет уровень ее «интеллектуальности».

3. *Программное обеспечение* – в основном имеет прикладное технологическое назначение, обеспечивающее все целевые функции системы.

4. *Информационное обеспечение* системы – имеет свою предметную специфику и существенным образом отражается на целях и принципах ее проектирования и эксплуатации. В концепции данной системы общее управление должно осуществляться из единого центра и концентрировать общую технико-экономическую информацию. Необходимая информация текущего технологического назначения концентрируется в базах данных локальных центров управления.

5. *Организационное, методическое обеспечение* – в соответствии с юридическими нормами, производственными и социально-экономическими ситуациями требует в каждом конкретном случае специфических решений и подходов.

В связи с высокими требованиями к точности и безопасности функционирования рассматриваемой системы, возникают и предъявляются высокие требования к метрологическому обеспечению. В связи с недостаточной изученностью этой проблемы, требуются специальные исследования. В настоящей работе использованы метрологические требования стандарта ISO 9001:2015.

В процедуре измерения присутствует случайная погрешность. Важнейшей характеристикой случайной погрешности является закон распределения. Как показывают исследования, случайная погрешность может аппроксимироваться тремя законами: законом Гаусса, законом Вейбулла и равномерным законом. В общепринятой практике считается, что ошибки контроля в большей мере зависят от погрешностей измерения. Ошибки контроля оцениваются как вероятности ложного и необнаруженного брака $P_{лб}$ и $P_{нб}$ и называются рисками производителя и риском потребителя [3]. Количественные оценки вероятностей $P_{лб}$ и $P_{нб}$ существенным образом зависят от

вероятностных законов распределения в их множественном сочетании (композиции) между всеми перечисленными агентами. Каждый вариант сочетания законов распределения описывается конкретной математической или имитационной моделью. Выбор законов распределения обусловлен конкретной практической задачей и выявляется экспериментально. Многопараметричность и специфичность требований к системе управления качеством бизнес-процессов в среде управления чрезвычайными ситуациями порождают необходимость оптимального подхода к выбору параметров процесса контроля. Решить эту задачу эвристически не представляется возможным без привлечения формальных методов и цифровых технологий.

Расчет показывает, что количество всех возможных комбинаций (композиций) статистических характеристик, законов и нормативных условий между собой, при полном их переборе составит 729 вариантов.

В композициях содержатся следующие сочетания: контролируемый параметр – три варианта законов распределения (нормальный, закон Вейбулла, равномерный); законы распределения погрешности измерения – три закона распределения; нормативы – ограничение снизу (три закона распределения), ограничение сверху (три закона распределения), допусковое нормирование (три закона распределения); обратная связь (детерминированная связь, статистическая связь по трем

законам распределения).

В предлагаемой работе рассматриваются только некоторые композиции из возможных вариантов, которые следуют целям и поставленным задачам в объеме практической целесообразности в системе мониторинга и контроля природных и техногенных угроз. Рассмотрим методически базовые варианты контроля и формирования рисков при оценке и прогнозировании угроз природного и техногенного характера.

Однопредельное ограничение. Начальным этапом моделирования исследуется вариант однопредельного ограничения контролируемого параметра «снизу» нормативом S_H (рисунок 1).

Плотности распределения параметра и погрешности имеют следующий вид:

$$f(S) = \frac{1}{\sigma_S \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(S_i - S_{cp})^2}{2\sigma_S^2}}, \quad (1)$$

$$\phi(Y) = \frac{1}{\sigma_Y \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{Y^2}{2\sigma_Y^2}}. \quad (2)$$

Математические выражения для вероятных ошибок $P_{\text{лб}}$ и $P_{\text{нб}}$, будут иметь следующий вид:

$$P_{\text{лб}} = \sum_{t=1}^n \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{t_i}^{t_{i+1}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{z_i}^{+3} e^{-\frac{z^2}{2}} dz, \quad (3)$$

$$P_{\text{нб}} = \sum_{t=1}^n \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{t_i}^{t_{i+1}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-z_i}^{-3} e^{-\frac{z^2}{2}} dz. \quad (4)$$

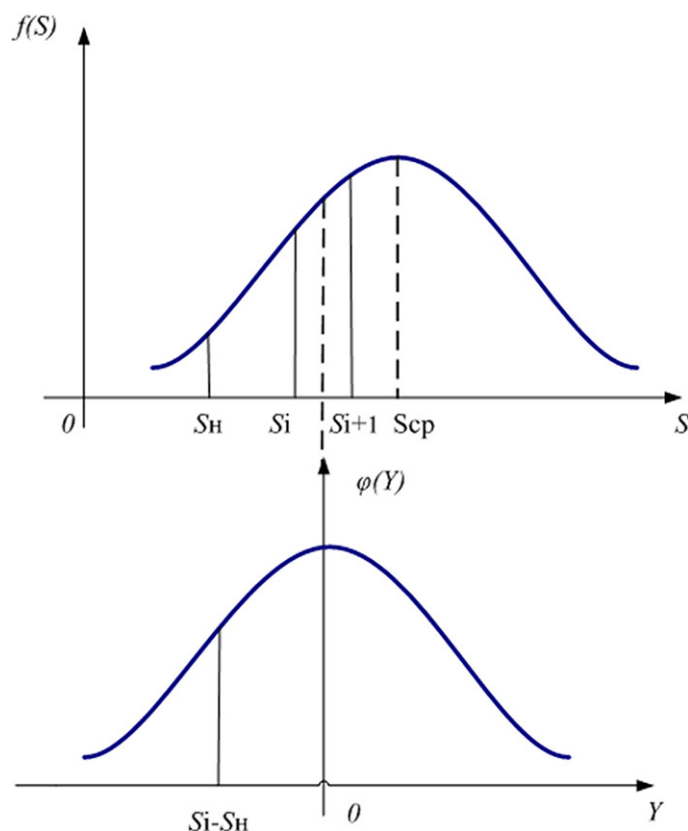


Рисунок 1 – Однопредельное ограничение

Расчет вероятностей по предложенным формулам реализован в программном комплексе компьютерного моделирования. Как показал анализ результатов моделирования, величина $P_{\text{лб}}$ в большей степени зависит от значения нормативов и может достигать 30%. Вероятность $P_{\text{нб}}$ также зависит от величины норматива и может достигать 15% (рисунки 2, 3).

Разработка универсальной модели оценки и прогнозирования ошибок контроля. В материалах, представленных выше, ставилось условие, состоящее в том, чтобы нижний $S_{\text{н}}$ и верхний $S_{\text{в}}$ нормативы находились в симметрии по отношению к среднему $S_{\text{ср}}$ контролируемого параметра. Однако на практике это условие не всегда является корректным и не соблюдается. Поэтому считается целесообразным рассмотреть гипотезу о произвольном позиционировании нормативов по отношению к среднему контролируемого параметра. На рисунке 4 иллюстрируется графическая схема вероятностного моделирования при заданных условиях.

Для разработки вероятностной модели разбивают интервал значений параметра S , в пределах от $S_{\text{ср}} - 3\sigma_s$ до $S_{\text{ср}} + 3\sigma_s$, на какое-то количество дискретных участков. Рассматривается допустимый случай, когда истинное значение параметра S больше $S_{\text{н}}$, но меньше $S_{\text{в}}$.

В данном примере выдвинута гипотеза о подчинении исследуемого показателя S закону Вейбулла, с функцией плотности распределения [3]:

$$f(S, \alpha, \beta, \gamma) = \frac{\beta}{\alpha} (S - \gamma)^{\beta-1} \cdot e^{-\frac{(S-\gamma)\beta}{\alpha}}, S \geq \gamma. \quad (5)$$

Интегральный закон распределения следующий:

$$F(S) = 1 - e^{-\frac{(S-\gamma)\beta}{\alpha}}. \quad (6)$$

Зная вид интегральной функции $F(S)$, тогда для j -го значения параметра S можно записать:

$$P_{\text{лб}} = \Delta F_i \cdot \left[\int_{S_i - S_b}^{-\infty} \varphi(y) dy + \int_{S_b - S_i}^{+\infty} \varphi(y) dy \right]. \quad (7)$$

После замены в выражении (7) ΔF_i на интегральную функцию (6) получим

$$P_{\text{лб}} = \left(e^{-\frac{S_i^\beta}{\alpha}} - e^{-\frac{S_{i+1}^\beta}{\alpha}} \right) \cdot \left[\int_{S_i - S_b}^{-\infty} \varphi(y) dy + \int_{S_b - S_i}^{+\infty} \varphi(y) dy \right]. \quad (8)$$

Организовав свертку $P_{\text{лб}}$ по интервалу значений S , получим значение вероятности $P_{\text{лб}}$:

$$P_{\text{лб}} = \sum_{i=1}^k \left(e^{-\frac{S_i^\beta}{\alpha}} - e^{-\frac{S_{i+1}^\beta}{\alpha}} \right) \times \left[\frac{1}{\sigma_y \sqrt{2\pi}} \int_{S_{\text{н}}}^{S_i - 3\sigma_y} e^{-\frac{y^2}{2}} dy + \frac{1}{\sigma_y \sqrt{2\pi}} \int_{S_b}^{S_i + 3\sigma_y} e^{-\frac{y^2}{2}} dy \right]. \quad (9)$$

Производя выкладки, как и в предыдущем случае, запишем для $P_{\text{лб}}$:

$$P_{\text{лб}} = \sum_{i=1}^k \left(e^{-\frac{S_i^\beta}{\alpha}} - e^{-\frac{S_{i+1}^\beta}{\alpha}} \right) \cdot \frac{1}{\sigma_y \sqrt{2\pi}} \int_{S_{\text{н}}}^{S_i - 3\sigma_y} e^{-\frac{y^2}{2}} dy + \sum_{i=1}^k \left(e^{-\frac{S_i^\beta}{\alpha}} - e^{-\frac{S_{i+1}^\beta}{\alpha}} \right) \cdot \frac{1}{\sigma_y \sqrt{2\pi}} \int_{S_b}^{S_i + 3\sigma_y} e^{-\frac{y^2}{2}} dy. \quad (10)$$

Для исследования влияния статистических параметров моделей на уровень рисков было разработано программное приложение и реализован компьютерный эксперимент. На рисунке 5 пред-

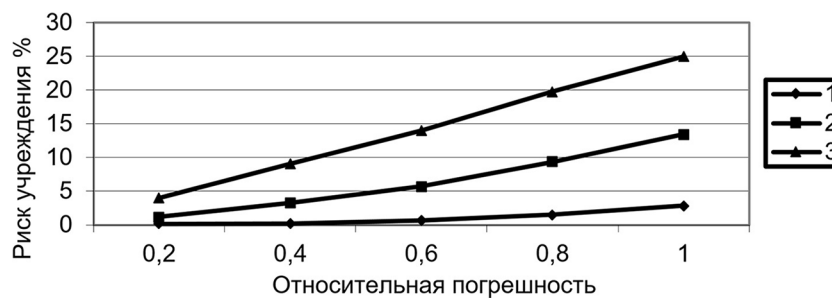


Рисунок 2 – Риск производителя

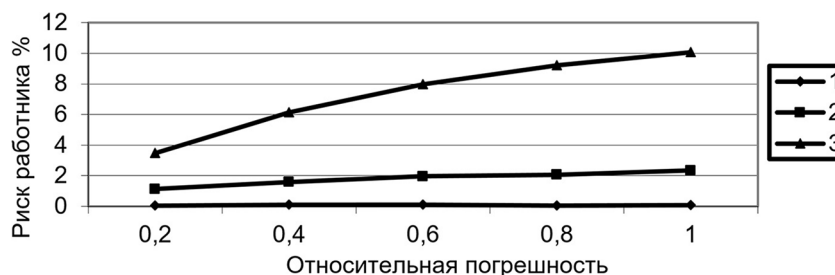


Рисунок 3 – Риск потребителя

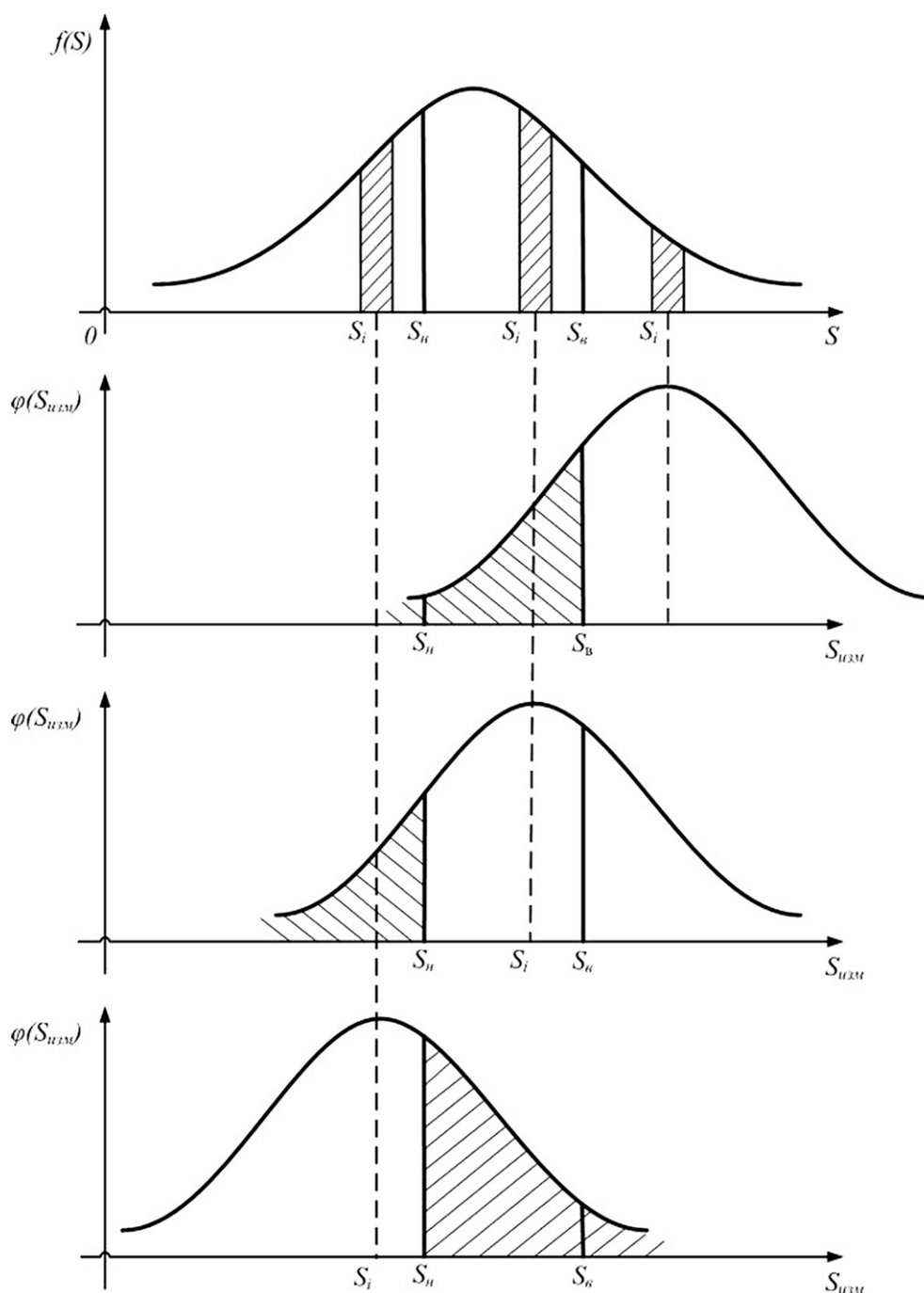


Рисунок 4 – Формирование ошибок при произвольном расположении нормативов на поле контролируемого параметра

ставлена экранная копия компьютерного эксперимента в системе автоматизированного диалога с программным приложением в исследовании и моделировании рисков контроля. В процессе компьютерного моделирования рисков количественно оценивается влияние статистических характеристик агентов контроля при произвольном расположении нормативов на поле контролируемого параметра.

На рисунке 6 приведены результаты моделирования.

Как следует из результатов моделирования, вероятность ложного брака более подвержена и

зависима от количественного отношения погрешности к величине допуска, чем необнаруженный брак. Особенно чувствительна к соотношению неопределенностей погрешности к неопределенности контролируемого параметра общая достоверность контроля, которая снижается до уровня 50%, что недопустимо в практических задачах. Повышение качества контроля представляется рациональным из экономических соображений и конкретной ситуации: повышением точности инструментальных средств контроля либо ужесточением нормативных требований.

Выводы. В объеме поставленных задач была

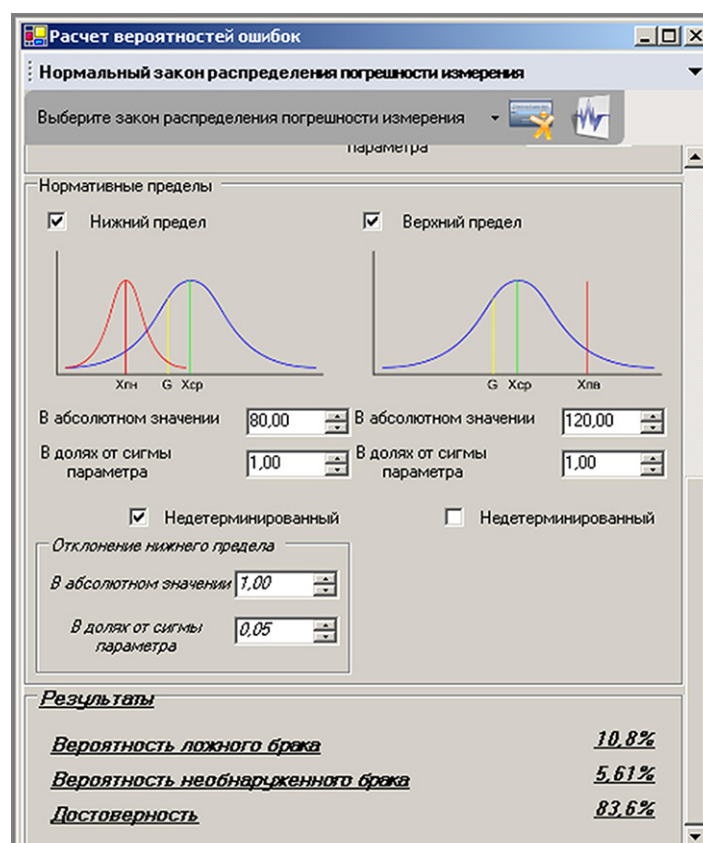


Рисунок 5 – Экранная копия начала компьютерного моделирования количественного оценивания рисков контроля

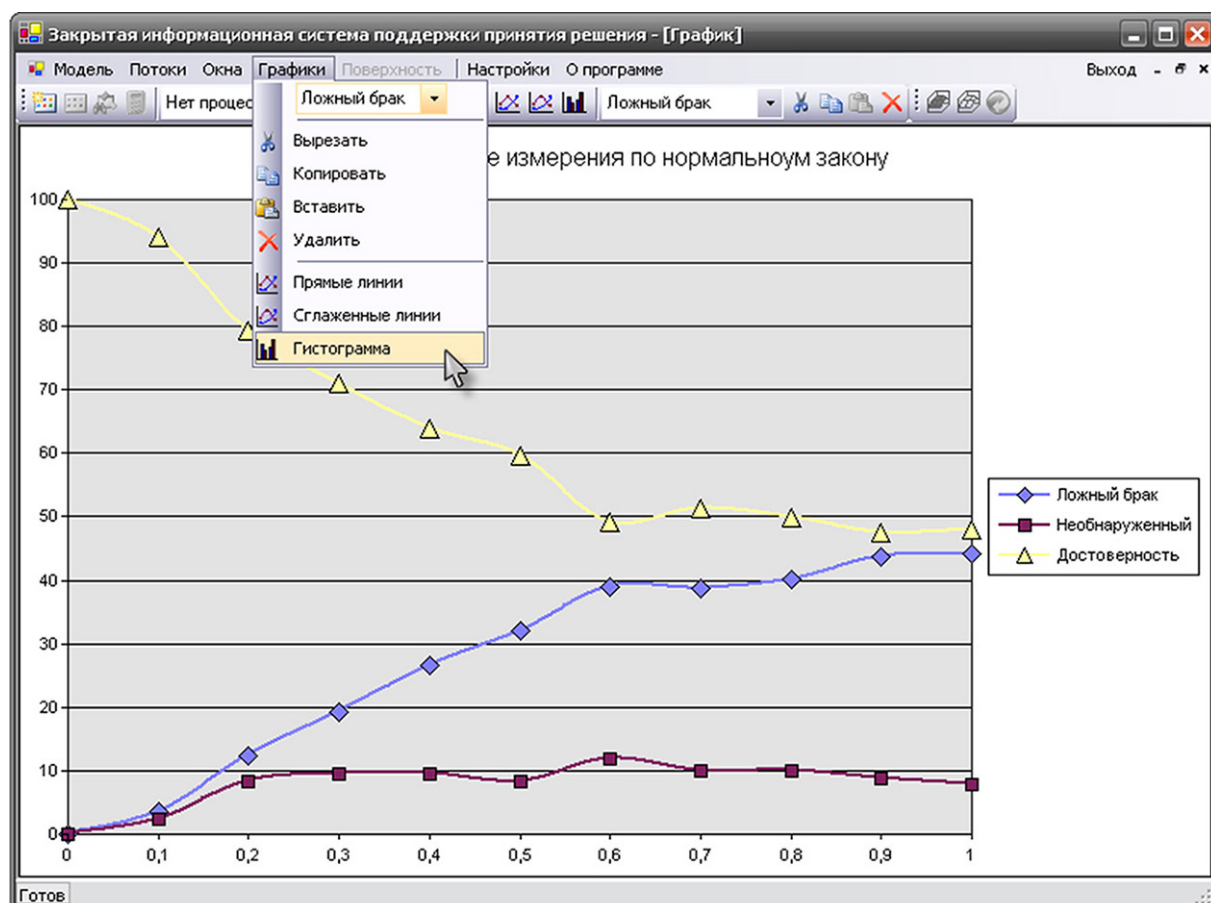


Рисунок 6 – Результаты моделирования рисков контроля

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 со-

измеримой с величиной неопределенности контролируемого параметра риск может превышать 30% (рисунок 6). При этом расчетами установлено, 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 ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ардашкин И.Б. Смарт-технологии как феномен: концептуализация подходов и философский анализ. Являются ли смарт-технологии действительно умными? / ТГУ // Вестник Томского государственного университета Философия. Социология. Политология. 2018. № 43.
2. Морозова О.В., Романова Е.В., Корнев В.А. Моделирование бизнес-процессов сложных организационно-технических систем: Монография / Морозова О.В., Романова Е.В., Корнев В.А. – М.: Изд-во МЭСИ, 2015. – 244 с.
3. Об утверждении Государственной программы «Цифровой Казахстан» Постановление Правительства Республики Казахстан от 12 декабря 2017 года № 827.
4. Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты: доклад к XXII Международной научной конференции по проблемам развития экономики и общества. – Москва, 2021. – 235 с.
5. Якушев В.В. Точное земледелие: теория и практика. – СПб: ФГБНУ АФИ, 2016. – 364 с.
6. 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.
7. Gorbunov, D.V. & Nesterov, A.Yu. (2017) Technological future of Russia: the challenge of the «third nature». VestnikSamarskogo universiteta. Aerokosmicheskaya tekhnika, tekhnologii i mashi-nostroyeniye. – Vestnik of Samara University. Aerospace And Mechanical Engineering. 16 (4). pp.
8. Györök Gy., Lakner J., and Makó M. Robust Electronic Application by PSoC // 10th IEEE Jubilee International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics-SAMI, 2012. – Slovakia, Herlany. – pp. 405-409.
9. 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.
10. Nikitina, E.A. (2016) The problem of subjectivity in intellectual robotics. Filosof-skiye problemy informatsionnykh tekhnologiy i kiberprostranstva – Philosophical problems of IT and Cyberspace. 2 (12). pp. 31-39. (In Russian). DOI: 10.17726/phillit.2016.12.2.3.

Мультипараметрлік жүйелерді смарт басқарудың сандық трансформациясының жаңа парадигмасы

¹*ЕСМАҒАМБЕТОВА Маржан Мұратқызы, докторант, marzhan1983@mail.ru,

²КЕРИБАЕВА Талшын Бакытжановна, докторант, аға оқытушы, talshyn.keribayeva@agakaz.kz,

³КАЛИНИН Алексей Анатольевич, PhD, кафедра меңгерушісі, a.kalinin@kstu.kz,

⁴ТЕН Татьяна Леонидовна, т.ғ.д., кафедра меңгерушісі, tentl@mail.ru,

⁵КОГАЙ Галина Давыдовна, т.ғ.к., доцент, g.kogay@kstu.kz,

¹«Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті» КеАҚ, Қазақстан, Астана, Сәтпаев көшесі, 2,

²Азаматтық авиация академиясы, Қазақстан, Алматы, Ахметов көшесі, 44,

³«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Қазақстан, Қарағанды, Н. Назарбаев даңғылы, 56,

⁴Қазтұтынуодағы Қарағанды университеті, Қазақстан, Қарағанды, Академическая көшесі, 9,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Жұмыстың мақсаты – төтенше жағдайлардың мониторингі және алдын алу бойынша аумақтық қызмет жүйесін басқару процесінің сапасын арттыру. Менеджмент жүйесін ақпараттық-аналитикалық қамтамасыз етуді жетілдіру арқылы мақсатқа жету ұсынылады. Ұсынылған зерттеуде екі ғылыми-практикалық мақсат шешілді: басқару агенттерінің статистикалық белгісіздігі жағдайында күрделі көпкритериялды ұйымдық-техникалық жүйені басқару сапасын сандық бағалаудың формальды әдісін жасау; бақылау агенттерінің статистикалық белгісіздігі жағдайында шешім қабылдау тәуекелдерін сандық бағалау процесін рәсімдеу. Бақылау және шешім қабылдау тәуекелдерін бағалау және болжау міндеттерін шешу үшін статистикалық анықталмағандық жағдайында ықтималдық және имитациялық модельдер әзірленді. Теориялық болжамдарды тексеру осы мақсат үшін әзірленген бағдарламалық қосымшаны пайдалана отырып, компьютерлік модельдеу арқылы жүзеге асырылады. Төтенше жағдайлардың мониторингі мен алдын алудың аумақтық жүйесін басқару сапасын кешенді сандық бағалаудың әзірленген көп жақты әдістемесі осындай мәселелерді шешу класында жаңа болып табылады.

Кілт сөздер: бақылау, төтенше жағдайлар, процесс, үлгі, тәуекел, таралу заңы, ақпарат, белгісіздік, бақылау.

New Paradigm of Digital Transformation Smart Control of Multiparameter Systems

¹*YESMAGAMBETOVA Marzhan, doctoral student, marzhan1983@mail.ru,

²KERIBAEVA Talshyn, doctoral student, Senior Lecturer, talshyn.keribayeva@agakaz.kz,

³KALININ Alexey, PhD, Head of Department, a.kalinin@kstu.kz,

⁴TEN Tatyana, Dr. of Tech. Sci., Head of Department, tentl@mail.ru,

³KOGAI Galina, Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, g.kogay@kstu.kz,

¹NPJSC «L.N. Gumilyov Eurasian National University», Kazakhstan, Astana, Satpayev Street, 2,

²Civil Aviation Academy, Kazakhstan, Almaty, Akhmetov Street, 44,

³NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», Kazakhstan, Karaganda, N. Nazarbayev Avenue, 56,

⁴Karaganda University of Kazpotreboysuz, Kazakhstan, Karaganda, Akademicheskaya Street, 9,

*corresponding author.

Abstract. The purpose of the work is to improve the quality of the management process of the system of the territorial service for monitoring and prevention of emergency situations. The achievement of the goal is proposed to be solved by improving the information and analytical support of the management system. In the proposed study, two scientific and practical tasks are solved: the development of a formal method for quantifying the quality of management of a complex multi-criteria organizational and technical system under conditions of statistical uncertainty of management agents; formalization of the process of quantitative assessment of decision-making risks in the environment of statistical uncertainty of management agents. Probabilistic and simulation models have been developed to solve the tasks of assessing and predicting the risks of control and decision-making, under conditions of statistical uncertainty. The verification of theoretical prerequisites is implemented by computer modeling using a software application developed for these purposes. The developed multi-approach methodology of integrated quantitative assessment of the quality of management of the territorial system of monitoring and prevention of emergency situations is new in the class of solving such problems.

Keywords: control, emergencies, process, model, risk, distribution law, information, uncertainty, monitoring.

REFERENCES

1. Ardashkin I.B. Smart-tehnologii kak fenomen: konceptualizatsiya podhodov i filosofskiy analiz. Javljajutsja li smart-tehnologii dejstvitel'no umnymi? / TGU // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta Filosofija. Sociologija. Politologija. 2018. No. 43.
2. Morozova O.V., Romanova E.V., Kornev V.A. Modelirovanie biznes-processov slozhnyh organizacionno-tehnicheskikh sistem: Monografija / Morozova O.V., Romanova E.V., Kornev V.A. – Moscow: Publ. MJeSI, 2015. – 244 p.
3. Ob utverzhenii Gosudarstvennoj programmy «Cifrovoy Kazahstan» Postanovlenie Pravitel'stva Respubliki Kazahstan ot 12 dekabrja 2017 goda no. 827.
4. Cifrovaja transformacija otraslej: startovye uslovija i priority: doklad k XXII Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii po problemam razvitiya jekonomiki i obshhestva. – Moscow, 2021. – 235 p.
5. Jakushev V.V. Tochnoe zemledelie: teorija i praktika. – Saint Petersburg: FGBNU AFI, 2016. – 364 p.
6. Gorbunov, D.V. & Nesterov, A.Yu. (2017) Technological future of Russia: the challenge of the «third nature». VestnikSamarskogo universiteta. Aerokosmicheskaya tekhnika, tekhnologii i mashi-nostroyeniye – Vestnik of Samara University. Aerospace And Mechanical Engineering. 16 (4). pp.
7. 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.
8. Györök Gy., Lakner J., and Makó M. Robust Electronic Application by PSoC // 10th IEEE Jubilee International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics-SAMI, 2012. – Slovakia, Herlany. – pp. 405-409.
9. 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. No. 9, 2258. doi: 10.3390/su9122258.
10. Nikitina, E.A. (2016) The problem of subjectivity in intellectual robotics. Filosof-skiye prob-lemy informatsionnykh tekhnologiy i kiberprostranstva – Philosophical problems of IT and Cyberspace. 2 (12). pp. 31-39. (In Russian). DOI: 10.17726/phillit.2016.12.2.3.