

Поддержка принятия управленческих решений при обеспечении безопасности в чрезвычайных ситуациях

В.А. Дурденко, В.Н. Бобров, А.В. Калач, А.С. Соловьев

Воронежский институт ФСИИ России

Аннотация: В статье рассмотрены вопросы, связанные с принятием управленческих решений при обеспечении безопасности в чрезвычайных ситуациях. Отражены особенности принятия управленческих решений в условиях чрезвычайных ситуаций, при которых достижение гарантированного уровня безопасности не всегда становится возможным. Представлен контур управления и проанализированы связи между элементами первого и второго этапов. Показано, что неопределённость при принятии управленческих решений возникает по причине недостатка информации об объекте управления либо вызвана непрофессиональными действиями лица, принимающего решение. Предлагается создать и использовать в практической деятельности цифровой двойник безопасности в чрезвычайной ситуации для исключения неопределённостей при принятии управленческих решений. Декомпозиция задачи на подзадачи позволяет осуществить процесс сбора и анализа совокупной информации об объекте управления для исключения неопределённостей и минимизации рисков при разработке, принятии и реализации управленческих решений в чрезвычайной ситуации при обеспечении безопасности.

Ключевые слова: модель управления, контур управления, неопределенность, риск, цифровой двойник, декомпозиция, безопасность в чрезвычайной ситуации.

Введение

Известно, что процесс выработки, принятия и реализации управленческих решений не является универсальным, а сопровождается рядом особенностей, связанных со спецификой применения в различных областях знаний и сферах деятельности. Кроме того, при принятии решений необходимо учитывать тот факт, что ожидаемое и реальное состояние объекта управления могут существенно различаться.

Необходимо отметить, что такие ситуации характерны при обеспечении безопасности во многих сферах деятельности, в том числе и в условиях чрезвычайных ситуаций (ЧС), где к числу основных задач относят: предупреждение ЧС; ликвидацию ЧС; защиту населения; нормативно-правовое регулирование [1, 2].

Проблема обеспечения безопасности в чрезвычайных ситуациях (ЧС) представляет собой сложную систему взаимосвязанных частных задач, которые решает Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС). Эта система объединяет органы управления, силы и средства: федеральных органов исполнительной власти; исполнительных органов субъектов РФ; органов местного самоуправления; организаций. Решение этих задач возможно только с позиций системного подхода.

Материалы исследования

В современных условиях при принятии управленческих решений (УР), направленных на обеспечение безопасности в ЧС, используется как ретроспективная информация о динамике развития ЧС, так и информация об эффективности ранее принятых управленческих решений в конкретной ЧС.

Однако сохраняется риск неполного представления об объекте управления, так как отдельные элементы системы, обеспечивающей безопасность в ЧС, представляются системой. При таком представлении достижение гарантированного уровня безопасности в ЧС становится затруднительным, поскольку УР ошибочно направлено на элемент системы. Такой несистемный подход затрудняет управление в ЧС, поэтому необходимо использовать методы системного подхода [1, 2].

Как показано в [2], необходима инструментальная поддержка в виде контура управления, представленного на рис. 1.

Из представленного на рис. 1 контура управления видно, что все элементы I этапа определяют действие элементов II этапа. Субъект управления определяет цель управления и его качество в условиях неопределённости.

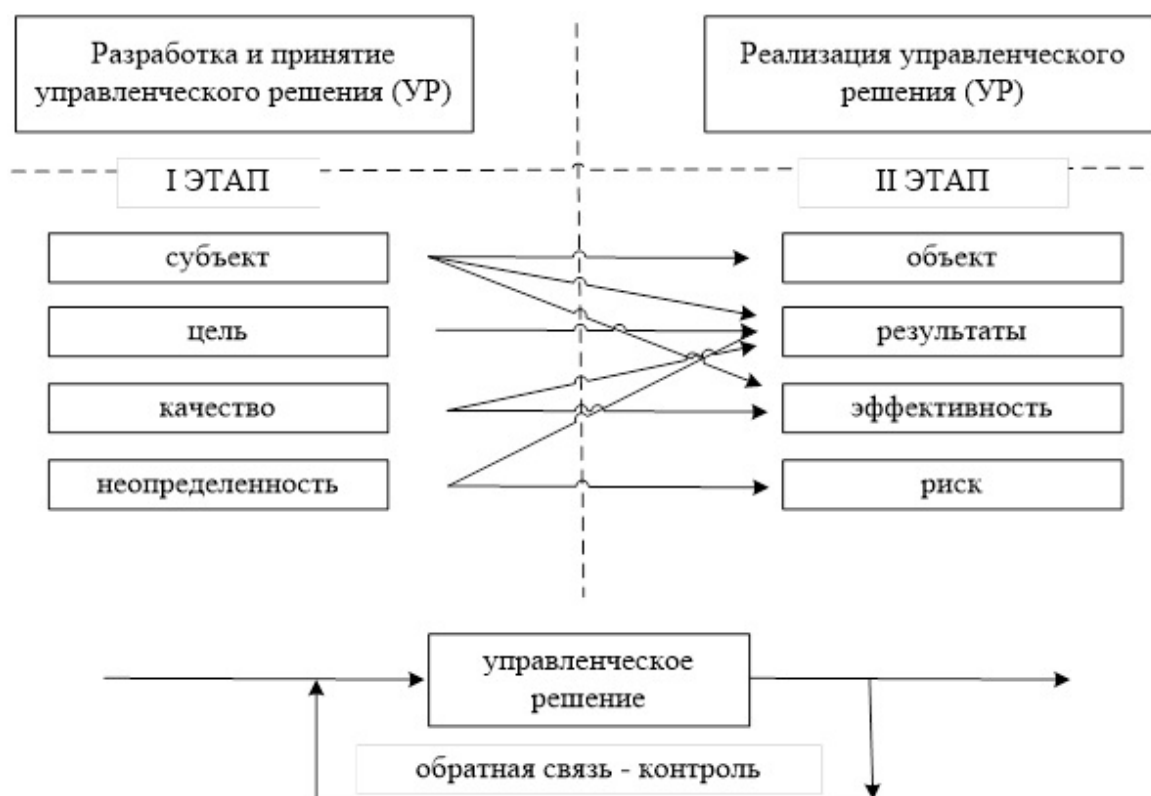


Рис. 1. – Контур управления

Субъект управления, определяя цель управления, взаимодействует с объектом управления для достижения результатов управления. Цель и результат показывают единство субъекта и объекта управления. При этом качество принятого управленческого решения (I этап) определяется по эффективности реализации управленческого решения (II этап) [2].

Из рис. 1 также видно, что показателем эффективности управленческого решения является достигнутый результат. Качество управленческого решения и его эффективность связаны с неопределённостью и риском [2].

Заметим, что при принятии управленческого решения имеет место неопределённость, связанная с влиянием окружающей среды на итог реализации управленческого решения. Такое влияние окружающей среды,

особенно в условиях ЧС, возможно учесть лишь с определённой степенью вероятности по ретроспективной информации.

С другой стороны, такая неопределённость может возникать от неправильных действий лица, принимающего решение в условиях ЧС. Вследствие этого даже при наличии неопределённости в условиях ЧС осуществляется исполнение решения, что влечёт за собой риск, при котором поставленные цели не могут быть достигнуты [3].

Использование системного подхода при обеспечении безопасности в чрезвычайной ситуации

При обеспечении безопасности в ЧС необходимо учитывать тот факт, что каждая ЧС является уникальной. Поэтому принимаемые управленческие решения в условиях ЧС направлены на решение задачи, представляющей собой комплексную систему взаимосвязанных и взаимовлияющих подзадач. Эти подзадачи решаются как последовательно, так и параллельно — в зависимости от динамики развития ЧС.

При таком подходе в условиях ЧС может наблюдаться передача рисков предыдущих реализаций в область неопределённости для последующих управленческих решений, как представлено на рис. 2 [2].

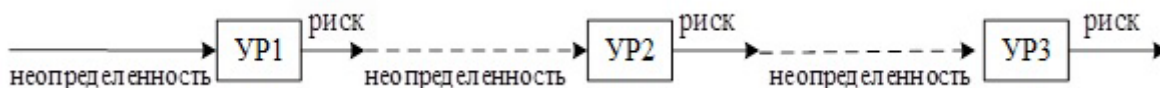


Рис. 2. – Трансформация рисков в неопределенность

Существующие организационные методы минимизации неопределённости путём организации обратной связи между субъектом и объектом управления обеспечиваются проведением мониторинга

управленческого решения на всех этапах, а эффективность такого решения определяется по отношению фактических затрат к запланированным 4.

Однако в условиях ЧС при управлении безопасностью такой подход не может быть использован. Передача рисков предыдущих реализаций в область неопределённости для последующих решений (рис. 2) в условиях ЧС не является корректной, поскольку имеет место выполнение комплекса организационных мероприятий, направленных на защиту населения, объектов экономики и окружающей среды от опасностей в ЧС с целью минимизации или недопущения неблагоприятных воздействий, и определяются динамикой самой ЧС.

В связи с этим фактом одним из наиболее перспективных направлений в рамках совершенствования управления безопасностью в ЧС (БЧС) является создание в контуре управления цифрового двойника БЧС — виртуального аналога, реализованного с использованием методов математического моделирования, обработки больших данных и искусственного интеллекта [5].

Получение новых знаний об особенностях построения цифрового двойника БЧС и оценки возможности его применения при принятии управленческих решений в задачах обеспечения безопасности в ЧС представляет практический интерес.

Разработка и создание цифрового двойника БЧС позволит экспериментально оценить эффективность управленческих решений при обеспечении безопасности в ЧС. При этом главная задача цифрового двойника — моделирование и оценка динамики ЧС для исключения неопределённостей, возникающих при принятии управленческих решений при обеспечении безопасности в ЧС для населения и инфраструктуры [6–8].

При создании цифрового двойника необходимо реализовать модель, программно создать структуру реального процесса управления

безопасностью ЧС, основанную на ретроспективных данных о принятых управленческих решениях с учётом динамики развития ЧС.

Для моделирования цифрового двойника выбрана методология функционального моделирования [9-11]. Процесс работы двойника в целом на контекстном уровне диаграммы в нотации IDEF0 представлен на рис. 3.

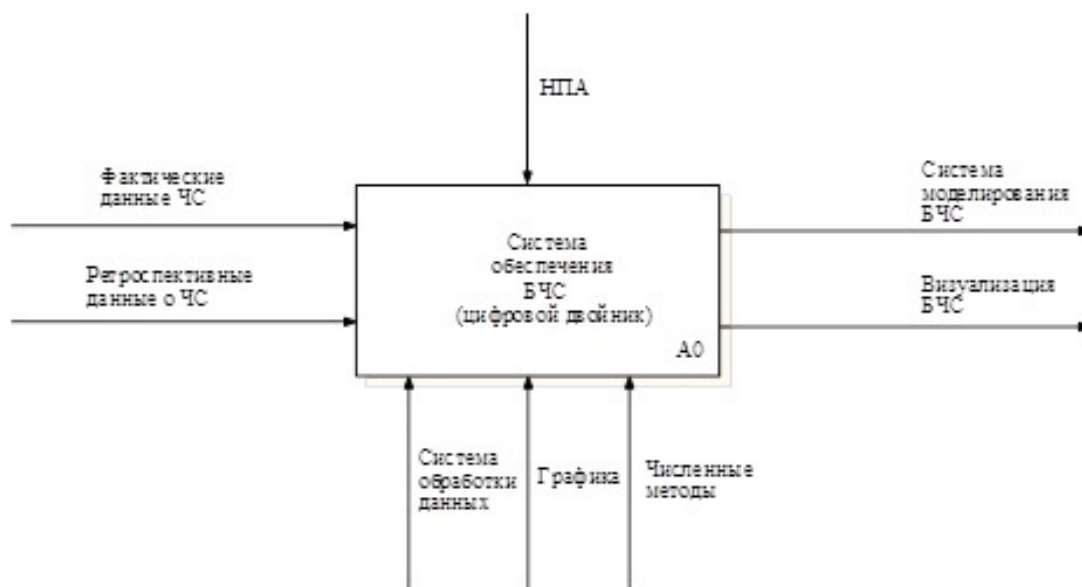


Рис. 3. – Контекстный уровень диаграммы

Алгоритм работы цифрового двойника представляется в виде последовательно связанных блоков.

На начальном этапе требуется получить и обработать все необходимые для работы модели данные. После подготовки данных осуществляется обучение модели, то есть настройка параметров модели для максимального соответствия реальному аналогу.

Далее выполняется моделирование — этап разработки динамической модели ЧС. Затем выполняется прогнозирование ЧС и сравнение с реальными данными. После выполнения всех предыдущих подзадач отображаются результаты в виде диаграмм и других аналогичных средств удобного представления результатов работы модели.

Деление задачи на подзадачи позволяет постепенно собрать полную картину для обеспечения безопасности в ЧС. Это позволяет учесть важные детали и сделать проводимые мероприятия более эффективными.

Декомпозиция контекстного уровня (рис. 3) представлена на рис. 4.

Во время того как модель обучается, сначала выполняется определение необходимых начальных параметров (A1), затем происходит оптимизация, за которой следует анализ функции потерь с последующей коррекцией параметров (рис. 4).

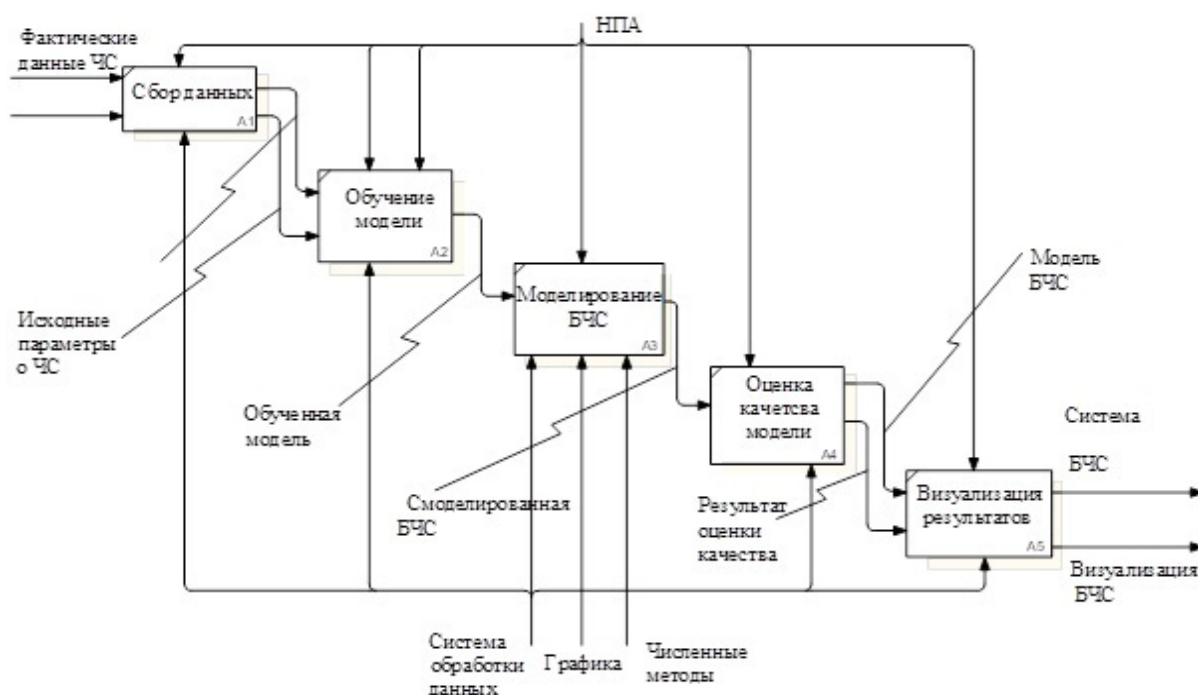


Рис. 4. – Декомпозиция контекстного уровня

В результате выполнения обучения на выходе получается обученная модель с настроенными на основе реальных данных параметрами (A2).

Для обучения модели осуществляется выбор набора данных, обладающих широким спектром наблюдаемых параметров ЧС. Набор таких данных позволит на основе ретроспективных наблюдений обеспечить искусственный интеллект информацией для обучения.

Цифровой двойник безопасности в ЧС представляет собой интеграционную систему, сочетающую традиционные методы моделирования с современными подходами к машинному обучению. Его архитектура, построенная на основе методологии функционального моделирования, позволяет структурно представить ключевые процессы, связанные со сбором данных, обучением модели, прогнозированием динамики безопасности в ЧС (A3), оценкой качества модели (A4) и визуализацией полученных результатов (A5).

Перспективы дальнейшего развития включают улучшение понимания работы алгоритмов искусственного интеллекта и особенностей интеграции новых источников данных (например, результаты спутникового мониторинга и тому подобное) для повышения точности и устойчивости прогноза развития ЧС и, как следствие, повышения качества управленческих решений при обеспечении безопасности в ЧС.

Заключение

Таким образом, рассмотрены возможности по совершенствованию выбора управленческого решения при обеспечении безопасности в ЧС, своевременности действий и вариативности принимаемых управленческих решений исходя из фактического состояния ЧС либо путём внесения изменений вариантов действий сил и средств, обеспечивающих безопасность в ЧС. Данные факторы определяют качество принятого решения.

Эффективность решения оценивается посредством цифрового двойника безопасности ЧС в контуре управления. Решение управленческой задачи в условиях ЧС можно продемонстрировать с использованием цифрового двойника для практического применения. Деление задачи, обеспечивающей безопасность в ЧС, на совокупность подзадач, позволяет постепенно собрать полную и достоверную информацию по динамике

развития ЧС с целью минимизации неопределённостей и рисков принятия управленческих решений, а проводимые мероприятия сделать более эффективными.

Литература

1. Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Системный анализ и синтез стратегических решений в инноватике: Основы стратегического инновационного менеджмента и маркетинга: Учебное пособие. Москва: ЛИБРОКОМ, 2013. 248 с.
2. Дурденко В.А., Спиридонова С.В. Модель принятия управленческого решения в условиях неопределенности // Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии. 2025 № 2, С. 60-65.
3. Смирнов Э.А. Разработка управленческих решений: учебник для вузов. Москва: ЮНИТИ-ДАНА, 2011. 271 с.
4. Louis Pouliquen. Risk Analysis in Project Appraisal. World Bank Staff Occasional Papers № 11: The Johns Hopkins Press. – 79 с.
5. Вязилов Е.Д. Цифровой двойник для окружающей среды // Сборник трудов ENVIROMIS-2022. Томск: ЦНТИ, 2022. С. 323 – 326.
6. Гордов Е.П. Цифровые двойники систем и процессов как инструмент современной климатологии // Фундаментальная и прикладная климатология. 2023. Т. 9, № 3. С. 269 – 297, doi.org/10.21513/2410-8758-2023-3-269-297%20.
7. Singh M., Fuenmayor E., Hinchy E.P., Qiao Y., Murray N., Devine D. (2021) Digital Twin: Origin to Future, Applied System Innovation, Vol. 4. №. 36, doi.org/10.3390/asi4020036.
8. Sharma Angira, Kosasih Edward, Zhang Jie, Brintrup Alexandra, Calinescu Anisoara. Digital Twins: State of the art theory and practice, challenges,

and open research questions. URL: [sciencedirect.com/science/article/pii/S2452414X22000516](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2452414X22000516).

9. Методология функционального моделирования IDEF0. URL: advanced-quality-tools.ru/assets/idef0-rus.pdf.

10. Илюхина, С. С., Гончаренко С.Н. Особенности и перспективы применения цифровых двойников в транспортно-логистических системах промышленных предприятий // Инженерный вестник Дона. – 2025. – № 7. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2025/10219

11 Долгов, А. А. Комплексный подход к оптимизации обеспечения ресурсами в критических условиях: от линейных моделей к динамическому моделированию // Инженерный вестник Дона. – 2024. – № 5. – URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2024/9210

References

1. Andrejchikov A.V., Andrejchikova O.N. Sistemnyj analiz i sintez strategicheskikh reshenij v innovatike: Osnovy strategicheskogo innovacionnogo menedzhmenta i marketinga: Uchebnoe posobie [System Analysis and Synthesis of Strategic Decisions in Innovation: Fundamentals of Strategic Innovative Management and Marketing]. Moskva: LIBROKOM, 2013. 248 p.

2. Durdenko V.A., Spiridonova S.V. Vestnik VGU. Serija: Sistemnyj analiz i informacionnye tehnologii. 2025, № 2, pp. 60 – 65.

3. Smirnov Je.A. Razrabotka upravlencheskikh reshenij: uchebnik dlja vuzov [Development of Management Decisions: Textbook for Universities]. Moskva: JuNITI-DANA, 2011. 271 p.

4. Louis Pouliquen. Risk Analysis in Project Appraisal. World Bank Staff Occasional Papers № 11: The Johns Hopkins Press. 79 p.

5. Vjazilov E.D. Cifrovoj dvojn timer dlja okruzhajushhej sredy. Sbornik trudov ENVIROMIS-2022. Tomsk: CNTI, 2022. pp. 323 – 326.

6. Gordov E.P. Fundamental'naja i prikladnaja klimatologija. 2023. T. 9, № 3. pp. 269 – 297, doi.org/10.21513/2410-8758-2023-3-269-297%20.
7. Singh M., Fuenmayor E., Hinchy E.P., Qiao Y., Murray N., Devine D. (2021) Digital Twin: Origin to Future, Applied System Innovation, Vol. 4. №. 36, doi.org/10.3390/asi4020036.
8. Sharma Angira, Kosasih Edward, Zhang Jie, Brintrup Alexandra, Calinescu Anisoara. Digital Twins: State of the art theory and practice, challenges, and open research questions. URL: sciencedirect.com/science/article/pii/S2452414X22000516.
9. Metodologija funkcional'nogo modelirovanija IDEF0 [IDEF0 Functional Modeling Methodology]. URL: advanced-quality-tools.ru/assets/idef0-rus.pdf.
10. Ilyuhina_ S.S., Goncharenko S.N. Inzenernyj vestnik Dona. 2025. № 7. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2025/10219
11. Dolgov A.A. Inzenernyj vestnik Dona. 2024. № 5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2025/10219

Авторы согласны на обработку и хранение персональных данных.

Дата поступления: 20.08.2025

Дата публикации: 25.10.2025