Вестник Воронежского государственного университета
Серия: Экономика и управление

Управление в организационно-экономических системах

Научная статья
УДК 338.517
DOI: https://doi.org/10.17308/econ.2026.3/14221
JEL: C60; C80; L74; D81

Управление рисками при выборе подрядчика на основе экспресс-оценки вероятности изменения стоимости работ

И. Е. Алексеева[1], В. С. Гладких[2]✉

[1, 2] Пермский национальный политехнический университет,
Комсомольский пр., 29, 614990, Пермь, Российская Федерация

Предмет. Методы, модели и информационные технологии экспресс-оценки риска изменения сметной стоимости на проектные, ремонтные и строительно-монтажные работы.
Цели. Разработать механизм, позволяющий оценить вероятность изменения стоимости выполнения работ на основе опыта работы с контрагентами.
Методология. В процессе достижения поставленных целей использовалась методология интеллектуального анализа данных, разработки и проектирования прикладных систем поддержки принятия решений в виде иерархических матричных механизмов комплексного оценивания (корней принятия решений).
Результаты. В результате обработки 600 контрактов на выполнение проектных, ремонтных, строительно-монтажных работ идентифицирована модель корня принятия решений, представляющая собой графический инструмент экспресс-оценки риска изменения сметной стоимости ремонтных, строительно-монтажных работ, а также нейронная сеть, гипер-параметры которой определены на основе корня принятия решений.
Выводы. Найденные в результате настоящего исследования корень принятия решений и нейронную сеть можно использовать в организациях, являющихся заказчиками на выполнение проектных, ремонтных и строительно-монтажных работ для управления рисками при выборе подрядчика.

Ключевые слова: риск-менеджмент, стоимость контракта, управление стоимостью, корень принятия решений.

Для цитирования: Алексеева, И. Е., & Гладких, В. С. (2026). Управление рисками при выборе подрядчика на основе экспресс-оценки вероятности изменения стоимости работ. *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление*, (3), 104–121. DOI: https://doi.org/10.17308/econ.2026.3/14221

© Алексеева, И. Е., Гладких, В. С., 2026
Материал доступен на условиях лицензии CC BY 4.0

Proceedings of Voronezh State University
Series: Economics and Management

Management in organizational and economic systems

Original article
UDC 338.517
DOI: https://doi.org/10.17308/econ.2026.3/14221
JEL: C60; C80; L74; D81

Risk Management in Contractor Selection Based on Express Assessment of the Probability of Work Cost Changes

I. E. Alekseeva[1], V. S. Gladkikh[2]✉

[1, 2] Perm National Research Polytechnic University,
29 Komsomolsky Ave., 614990, Perm, Russian Federation

Subject. Methods, models, and information technologies for express risk assessment of changes in the estimated cost of design, repair, and construction and installation works.
Purpose. To develop a mechanism for assessing the probability of changes in the cost of work based on experience working with contractors.
Methodology. To achieve this purpose, we used the methodology of data mining, development and design of applied decision support systems in the form of hierarchical matrix mechanisms of comprehensive assessment (decision roots).
Results. As a result of processing 600 contracts for design, repair, construction, and installation work, we identified a decision root model. This model is a graphical tool for express risk assessment of changes in the estimated cost of repair, construction, and installation work, as well as a neural network whose hyperparameters are determined based on the decision root.
Conclusions. The decision root and neural network found in this study can be used by organizations that act as customers of design, repair, and construction and installation works for risk management when selecting a contractor.

Key words: risk management, contract cost, cost management, decision root.

For citation: Alekseeva, I. E., & Gladkikh, V. S. (2026). Risk Management in Contractor Selection Based on Express Assessment of the Probability of Work Cost Changes. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Economics and Management*, (3), 104–121. DOI: https://doi.org/10.17308/econ.2026.3/14221

© 2026 by the authors.
This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International License.

Введение

Выбор подрядчика при проведении торговых процедур в условиях информационной неопределенности является актуальной проблемой, требующей интеллектуальной поддержки принятия решений. В условиях конкуренции и борьбы за контракт участники торгов могут занижать цену контракта ради победы в тендере с расчетом на заключение в будущем дополнительного соглашения об изменении стоимости контракта в пределах допустимых лимитов.

Проблема выбора подрядчика заключается в риске изменения стоимости после подписания контракта. Для поддержки принятия решений при выборе подрядчика требуется оценить вероятность изменения стоимости работ. В настоящей работе описан подход, основанный на анализе опыта заключения контрактов крупным машиностроительным предприятием с контрагентами на выполнение проектных, ремонтных и строительно-монтажных работ за более чем семилетний период.

Обработка данных и поиск причинно-следственных связей между заключением дополнительного соглашения и рядом объясняющих переменных выполнена в многопользовательской среде интеллектуального анализа данных Data to Decisions – D2D.Platform, разработанной малой технологической компанией ООО «Пермский центр поддержки приятия решений». Представленный инструмент служит эффективным средством для тестирования предположений о существовании скрытых закономерностей между различными переменными в исследуемом массиве данных. Помимо этого D2D.Platform позволяет убедительно подтвердить отсутствие прямой причинно-следственной связи между факторами, исключая случайные отклонения и недостоверные интерпретации результатов. Данный инструмент позволяет строить корни принятия решений и обучать нейронные сети класса Decisions' Roots-based Neural Networks (DRB NN). Преимуществом нейронных сетей класса DRB NN является их наглядность и возможность интерпретации и объяснения полученных результатов, что может использоваться для обоснования будущих управленческих решений.

Обзор предшествующих работ

Работа Ю. Б. Гендлиной и др. (2017) посвящена изучению влияния сметной стоимости строительного проекта на общую экономическую эффективность и финансовую устойчивость строительного бизнеса. Авторы рассматривают факторы, определяющие точность и объективность расчета сметной стоимости, включая учет рыночных условий, инфляционные процессы, особенности нормативной базы и специфику отдельных регионов страны. Авторами предложены рекомендации по совершенствованию механизмов управления стоимостью проектов, направленные на снижение рисков и увеличение прибыльности строительной деятельности. Предложенный подход включает внедрение инновационных методов экономического анализа, создание централизованной системы мониторинга и поддержки процессов оценки и распределения ресурсов, а также активное привлечение информационных технологий для автоматизации процессов формирования сметной документации.

О. В. Дьякова и А. В. Александрия (2019) считают, что индексный метод используется в России давно и основывается на расчете изменений в стоимости материалов и трудовых ресурсов по отношению к заранее установленным базовым ценам. Однако, по словам авторов, эта практика теряет свою эффективность. Решение проблемы – переход к ресурсному методу, который предусматривает прямой учет реальных затрат на ресурсы (материалы, труд, технику) и устранение зависимости от старых индексов. Такой подход позволяет точно рассчитывать затраты и избегать необоснованных перерасходов.

В. А. Протас и О. С. Голубова (2017) рассматривают ключевые проблемы управления стоимостью в процессе реализации строительных проектов, подробно анализируют трудности, возникающие при управлении финансовыми потоками, и предлагают возможные способы их преодоления. Чтобы эффективно управлять стоимостью строительных проектов, авторы рекомендуют внедрять современные методы и инструменты управления стоимостью:

– проводить глубокий анализ начальных расчетов и предусматривать резервы на случай непредвиденных обстоятельств;

– регулярно обновлять информацию о рынке сырья и рабочей силы, учитывая тенденции изменения цен;

– разрабатывать эффективные стратегии риск-менеджмента, позволяющие оперативно реагировать на возникающие угрозы;

– улучшать коммуникацию между участниками проекта, создавая единые информационные платформы для обмена информацией.

А. Н. Крестьянинов и др. (2017) утверждают, что строительство – сложный многоэтапный процесс, регулируемый положениями федерального закона о тендерных закупках. На данном этапе есть необходимость в совершенствовании системы подрядных торгов предположительно следующим образом: необходимость в прохождении строительной организацией предквалификации; формирование таких нормативных актов, которые будут способны в большей степени сдерживать коррупцию; увеличение аппарата экспертной организации в тендерных торгах с целью проверок завершенных торгов; использование в строительстве высококачественных материалов; увеличение гласности результата.

Работа И. И. Жука и др. (2017) направлена на изучение расхождений между запланированными сметными стоимостями строительных работ и фактическими затратами организаций, понесенными при выполнении указанных работ. Основными причинами превышения фактических затрат над планируемыми сметными показателями автор считает следующие факторы:

– неточность исходных данных при составлении сметной документации;

– изменение рыночной конъюнктуры (рост цен на строительные материалы);

– недостаточно полное техническое проектирование, приводящее к появлению скрытых дефектов и необходимости переделки отдельных элементов конструкций;

– несоответствие реального объема выполняемых работ объемам, предусмотренным проектом;

– низкое качество производственно-технического оснащения, обусловливающее повышенные расходы на ремонт оборудования.

Кроме того, автор отмечает существенный вклад человеческого фактора, включающего ошибки исполнителей, нехватку опыта персонала и недостаточный контроль за соблюдением технологических регламентов.

Работа Н. В. Макашова и др. (2017) посвящена исследованию количественной оценки влияния качества организационно-технической документации на итоговую сметную стоимость строительных объектов. Авторы подчеркивают, что качество проектной и технической документации оказывает значительное влияние на конечную стоимость строительства. Недостаточная детализация документов или ошибки приводят к увеличению временных и материальных ресурсов, дополнительным расходам и задержкам при выполнении работ.

В. Ю. Масаев и Т. В. Фролова (2018) подчеркивают важность грамотного подхода к управлению сметной документацией как инструмента снижения финансовых рисков и повышения общей экономической привлекательности инвестиционного проекта. Перечисляются факторы, влияющие на стоимость строительства: инфляция, изменения рыночных цен на материалы и оборудование, изменение проектных решений, увеличение объемов работ вследствие ошибок проектирования или внешних обстоятельств. Также авторы подчеркивают, что повышения точности выполнения сметных расчетов можно достичь за счет внедрения современных информационных технологий (BIM-технологий) и автоматизация процессов составления сметной документации.

А. А. Бученкова и М. В. Иванов (2018) рассматривают ключевые моменты перехода с 1 января 2019 г. на ресурсный метод определения сметной стоимости строительства объектов, финансируемых за счет федерального бюджета Российской Федерации. Авторы проводят подробный анализ нововведений, их влияния на практику составления смет и последствий для участников строительного рынка. Ресурсный метод предполагает расчет стоимости исходя из объема используемых ресурсов (строительных материалов, техники, трудозатрат и др.) и действующих рыночных цен на них. Это обеспечивает большую достоверность и обоснованность сметных документов. Несмотря на временные трудности, авторы считают, что переход на ресурсный метод имеет значительные преимущества, такие как сокращение коррупционной составляющей, повышение конкурентоспособности отечественных строителей и обеспечение качественного распределения государственных средств.

Статья И. Л. Владимировой и др. (2019), посвящена исследованию зарубежного опыта управления стоимостью строительных проектов в условиях перехода к цифровой экономике. В статье рассмотрены ключевые аспекты современных подходов к управлению проектом, особенности организационных структур и технологических решений, применяемых в международной практике. Особое внимание уделяется влиянию цифровизации на эффек-

тивность управления проектами. Примеры внедрения цифровых платформ, облачных сервисов и роботизированных технологий показывают, насколько сильно меняется процесс управления строительством.

Tan et al. (2021) считают, что синергия информационного моделирования зданий (BIM) и многокритериального принятия решений (MCDM) улучшит интеграцию информации и процесс принятия решений. Авторы определили стратегии для улучшения синергии между MCDM и BIM. В работе получен результат, согласно которому пятью основными областями применения являются устойчивость, модернизация, выбор поставщиков, безопасность и технологичность строительства.

Dore & Murphy (2025) считают, что методы сбора и предварительной обработки данных становятся все более автоматизированными, что позволяет осуществлять сбор данных практически в режиме реального времени и быстро обрабатывать их для последующего моделирования. Современное программное обеспечение BIM почти полностью ориентировано на новые здания и имеет очень ограниченный набор инструментов и предопределенных библиотек для моделирования существующих и исторических зданий. Разработка многократно используемых параметрических объектов библиотеки для существующих и исторических зданий поддерживает моделирование с высокой степенью детализации, сокращая при этом время моделирования.

Lin et al. (2021) провели библиометрический анализ методов оценки рисков в системах земляных работ за последние годы. Авторы считают, что обобщение потенциальных рисков во время земляных работ предоставляет важный показатель для создания системы раннего предупреждения. В связи с этим авторы представили примеры применения теории нечетких множеств и методов машинного обучения в оценке рисков во время земляных работ.

В своем исследовании Rashidi et al. (2024) рассматривают и оценивают состояние развития BIM в Иране с точки зрения его применимости в процессе предварительной оценки стоимости строительных проектов. Результаты исследования показывают, что даже при существовании ограниченного количества BIM-моделей иранских строительных проектов, обладающих необходимым качеством и возможностями для оценки стоимости на основе BIM, полученные результаты являются более точными по сравнению с существующими ручными методами. Кроме того, использование BIM-моделирования для оценки стоимости значительно сокращает время, необходимое для этого процесса, за счет повышения скорости операций по оценке затрат. Авторы представили инновационную систему оценки качества и функциональности BIM-моделей, которая повышает точность оценки стоимости перед проведением тендера в строительной отрасли Ирана. Результаты исследования демонстрируют повышенную точность и эффективность BIM по сравнению с традиционными подходами.

Davila Delgado & Oyedele (2021) описывают понимание цифрового двойника. Авторы представляют подробный обзор и сравнение ЦД, киберфизических систем (КПС) и информационного моделирования зданий (ИМЗ). Затем представляют результаты обзора и категоризации структурных и функциональных описаний ЦД. Авторы определили четыре категории концептуальных моделей цифровых технологий (прототипные, модельные, интерфейсно-ориентированные и сервисные) и шесть категорий моделей процессов цифровых технологий (создание цифровых технологий, синхронизация цифровых технологий, мониторинг активов, прогнозирование и моделирование, оптимальные операции и оптимизированное проектирование), а также оценили их применимость к AECO (архитектура, инженерия и строительство).

Schiavi et al. (2022) считают, что по мере усложнения проектов была предложена методология информационного моделирования зданий (BIM) для объединения проектов вокруг цифрового двойника информации, необходимой для совместной работы. В последние годы дополненная реальность (AR) и виртуальная реальность (VR) продемонстрировали свою актуальность в оказании помощи в различных строительных работах. Однако их использование требует дополнительной доработки для интеграции в процесс BIM.

Chen et al. (2021) утверждают, что современные технологии, такие как Интернет вещей (IoT) на основе датчиков, информационное моделирование зданий (BIM), виртуальная реальность (VR) и дополненная реальность (AR), обладают большим потенциалом для повышения пожарной безопасности зданий и эффективности спасательных работ, прежде всего за счет повышения уровня ситуационной осве-

домленности. В своем исследовании авторы предлагают инновационно-технологическую интегрированную структуру для прототипирования системы BIM, IoT и AR/VR, основанной на принципе ситуационной осведомленности. Авторы получили такие результаты, по которым данные, генерируемые системой, могут быть использованы пожарной службой для быстрого определения местоположения очагов пожара внутри зданий, а сценарии VR-геймификации способны ускорить развитие ситуационной осведомленности у обучающихся.

По мнению Parsamehr et al. (2023), эффективная реализация проектов в контексте современного управления строительством зависит от больших объемов данных. Архитектурно-инженерно-строительная отрасль (AEC) отстает во внедрении современных концепций управления, а также новых технологий. Появление BIM стало причиной парадигматического сдвига, который в настоящее время происходит в управлении строительством. Согласно анализу, произведенному авторами, было выявлено, что основное внимание исследователей было сосредоточено на разработке автоматизированных моделей прогнозирования на основе BIM и улучшении коммуникации и сотрудничества между участниками проекта. По результатам исследования была предложена структура принятия решений в строительстве на основе BIM. Эта дорожная карта предоставляет строительным организациям информацию, необходимую для внедрения системы поддержки принятия решений на основе BIM для управления проектами.

С точки зрения Huang et al. (2021), применение BIM, машинного обучения и компьютерного зрения в подземном строительстве, обеспечивая большую прозрачность и надежность процессов и подсистем подземного строительства, представляет собой иной набор возможностей и проблем по сравнению с их использованием в надземном строительстве.

Авторы Popov et al. (2021) задаются целью предложить наиболее подходящий набор документов для государственных закупок в контексте BIM путем анализа документов, необходимых для реализации этапов жизненного цикла здания. После анализа процедур закупок в Норвегии, Испании, Франции, Польше, Великобритании, Нидерландах и Финляндии был выбран набор документов, включающий требования заказчика к информации (EIR), план выполнения BIM (BEP) и протокол BIM как наиболее подходящие для процессов закупок на основе BIM. Кроме того, основные принципы ISO 19650-2:2018 не отражают специфические условия каждой страны, поэтому целесообразно рассмотреть возможность предоставления рекомендаций в отдельных национальных приложениях, отражающих особенности национальных закупок. В целом авторы произвели обзор основных стандартов, который включает в себя общую спецификацию управления информацией в строительных проектах с использованием BIM.

Macek (2023) представил варианты, доступные в ходе тендера на поставки услуг поддержки компании в рамках информационного моделирования зданий (BIM). Принцип основан на определении необходимого содержания информационного моделирования зданий, которое обеспечило бы плавный переход между этапами реализации и эксплуатации. По завершении этапа реализации модель должна содержать информацию, которая может быть использована для нужд процесса выбора поставщиков услуг по управлению объектами, которые, в отличие от обычного строительного производства, имеют множество своих особенностей, но необходимы для эксплуатации объекта. Целью информационного моделирования зданий должна быть прежде всего оптимизация затрат на протяжении всего жизненного цикла строительного проекта, а также более четкая и понятная доступность информации и упрощение сотрудничества между отдельными участвующими сторонами.

Анализ данных открытых источников в очередной раз доказывает актуальность выбранной темы и метода ее исследования. Механизмы многокритериального принятия решений настолько уникальны по своим свойствам, что используются на любых стадиях жизненного цикла производства и строительства.

Таким образом, исходя из степени разработанности проблемы, следует отметить цель и соответствующие задачи данной работы.

Цель – разработать механизм, позволяющий оценить вероятность изменения стоимости выполнения работ на основе опыта работы с контрагентами.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Собрать информацию о заключенных договорах в период с 2019 по 2025 г.

2. Определить закономерность в изменении состава закупаемой продукции по определенным договорам.

3. Агрегировать полученную информацию в следующие группы: количество заключенных договоров с контрагентом на дату заключения конкретного договора; способ закупки (конкурентный/неконкурентный способ); вид выполнения работ (ремонтные работы, строительно-монтажные работы, проектные работы); разница в стоимости выполнения работ при заключении договора и стоимости по дополнительному соглашению к договору, измеряемая в процентах.

4. Выполнить анализ данных путем выбора диапазонов численных значений для интервального кодирования, определения наборов при конфликтных примерах, выбора структуры дерева критериев, доопределения карты Карно, выбора настроек обучения нейронной сети, основанной на корне принятия решений.

Методология исследования

Для решения задачи информационной неопределенности в задаче участия строительной организации в торговых процедурах на выполнение строительно-монтажных работ применим метод интеллектуального анализа данных. Для этого были собраны данные по всем договорам, заключенным за период с 2019 по 2025 г. (7 лет) между заказчиком и различными контрагентами (подрядчик), и сведены в общую таблицу.

Общая таблица с данными по договорам содержит в себе первоначальные исходные данные для выполнения интеллектуального анализа:

1. Наименование контрагента – столбец A.

2. Идентификационный номер договора – столбец B.

3. Дата заключения договора – столбец C.

4. Стоимость выполнения работ по договору – столбец D.

5. Стоимость выполнения работ по дополнительному соглашению – столбец E.

6. Срок исполнения договора – столбец F.

7. Предмет договора – столбец G.

8. Столбец H отражает разницу в денежных средствах (в рублях) между стоимостью выполнения работ по дополнительному соглашению и изначальной стоимостью работ по договору.

9. В столбце I представлена эта же разница, но выраженная в процентном соотношении к первоначальной стоимости договора.

Информация, содержащаяся в столбце H, рассчитывается как величина отклонения стоимости выполнения работ по дополнительному соглашению от первоначальной стоимости договора. Величина отклонения выражается в рублях и получается путем вычитания из стоимости работ по дополнительному соглашению стоимости работ по самому договору. А соответствующая разница в стоимости выполнения работ по дополнительному соглашению к договору и стоимости выполнения работ по договору (изначальная стоимость выполнения работ) измеряется в процентах.

Фрагмент сводной таблицы представлен ниже (рис. 1).

Для определения закономерности в изменении состава закупаемой продукции по определенным договорам воспользуемся разработкой ООО «Пермский центр поддержки приятия решений», а именно D2D.Platform.

В данной работе объясняющим параметром является изменение стоимости выполнения работ после выполнения работ (стоимость выполнения работ по дополнительному соглашению к договору). С целью корректного отображения и дальнейшего анализа данных в D2D.Platform проведем преобразование и нормализацию исходных данных путем исключения информации, не влияющей на определение итоговой закономерности, и добавления недостающей информации, влияющей на определение итоговой закономерности. Результат проведения преобразования данных представлен на рис. 2.

Остановимся более подробно на данном фрагменте и опишем необходимые добавления к первоначальным исходным данным. С целью сохранения конфиденциальности данных исключим упоминание наименования контрагента и присвоим каждому контрагенту уникальный идентификационный номер. Затем упорядочим договоры по дате заключения, начиная с 2019 и заканчивая 2025 г., после чего определим, какое количество договоров с конкретным контрагентом было заключено до заключения интересующего договора (у первого контрагента количество договоров равно 1, так как он является первым контрагентом), иными словами, определим опыт работы контрагента с заказчиком при заключении определенного договора. Также немаловажным фактором является способ заключения договора. Существует два способа заключения договора с контрагентом:

A	B	C	D	E	F	G	H	I
Контрагент	Номер договора	Дата договора	Сумма договора, руб.	Сумма по дополнительному соглашению, руб.	Срок исполнения договора	Предмет договора	Разница в стоимости между дополнительным соглашением и договором, руб.	Разница в стоимости между соглашением и договором, %
N1	01/2019	12.02.2019	498 290,40	498 290,40	12.02.2019	Выполнение работ по ремонту пола и установке новых ворот в рабочей зоне № 2 корпуса 6 в зоне 3/4, ПР	0,00	0,00
N2	02/2019	18.02.2019	211 011,23	211 011,23	18.02.2019	Выполнение работ по снятию с нарушенного КО-ВО в корпусе 6	0,00	0,00
N3	08/2019	09.03.2019	483 400,00	483 400,00	08.04.2019	Выполнение работ по очистке соков и кровли с нарушенного КО-ВО в корпусе 5	0,00	0,00
N4	04/2019	12.03.2019	493 195,71	493 195,71	12.03.2019	Выполнение общестроительных работ	0,00	0,00
N5	08/2019	25.03.2019	260 705,61	260 705,61	25.03.2019	Выполнение работ по ремонту стеновых и термоизоляционных конструкций, общая площадь 1731 кв. м	0,00	0,00
N6	07/2019	02.04.2019	379 261,20	379 261,20	02.04.2019	Выполнение работ на установку вторых дополнительных ворот в КО-ВО в корпусе 2	0,00	0,00
N7	09/2019	09.04.2019	252 628,00	252 628,00	09.04.2019	Выполнение работ по ремонту основания пола компрессора в помещении корпуса 6	0,00	0,00
N8	11/2019	15.04.2019	388 000,00	388 000,00	15.04.2019	Выполнение работ по ремонту кровли и кровли, конструктивных и объемно-планировочных решений (АС), стенда	0,00	0,00
N9	05/2019	16.04.2019	354 720,42	354 720,42	16.04.2019	Выполнение работ по организации и технической поверке 25 стенда	0,00	0,00

Рис. 1. Фрагмент сводной таблицы договоров с контрагентами (наименования контрагентов умышленно обезличены (использованы аббревиатуры N1, N2, N3...) для соблюдения политики конфиденциальности)

A	Контрагент	B	Идентификационный номер	C	Количество договоров контрагента	D	Номер договора	E	Дата договора	F	Сумма договора, руб.	G	Сумма по дополнительному контрагенту, руб.	H	Срок исполнения договора	I	Предмет договора	J	Способ закупки (1 – контрактный, 2 – контрактный, 3 – проектное контрактный)	K	Категория договора (1 – ремонтные работы, 2 – строительно-монтажные работы, 3 – проектные работы)	L	Разница в стоимости между дополнительным соглашением и договором, руб.	M	Разница в стоимости между соглашением и договором, %
N1		1		1		01/2019		12.02.2019		498 290,40		498 290,40		12.02.2019		Выполнение работ по ремонту пола и установке новых ворот в рабочей зоне № 2 корпуса 6 в зоне 3/4, ПР		2		1		0,00		0,00
N2		2		1		02/2019		18.02.2019		211 011,23		211 011,23		18.02.2019		Выполнение работ по снятию с нарушенного КО-ВО в корпусе 6		2		2		0,00		0,00
N3		3		1		08/2019		09.03.2019		483 400,00		483 400,00		08.04.2019		Выполнение работ по очистке стоков и кровли с нарушенного КО-ВО в корпусе 5		2		1		0,00		0,00
N4		4		1		04/2019		12.03.2019		493 195,71		493 195,71		12.03.2019		Выполнение общестроительных работ		2		2		0,00		0,00
N5		5		1		08/2019		25.03.2019		260 705,61		260 705,61		25.03.2019		Выполнение работ по ремонту стеновых и термоизоляционных конструкций, общая площадь 1731 кв. м		2		1		0,00		0,00
N6		5		2		07/2019		02.04.2019		379 261,20		379 261,20		02.04.2019		Выполнение работ на установку вторых дополнительных ворот в КО-ВО в корпусе 2		2		2		0,00		0,00
N7		6		1		09/2019		09.04.2019		252 628,00		252 628,00		09.04.2019		Выполнение работ по ремонту основания пола компрессора в помещении корпуса 6		2		1		0,00		0,00
N8		7		1		11/2019		15.04.2019		388 000,00		388 000,00		15.04.2019		Выполнение работ по ремонту кровли, конструктивных и объемно-планировочных решений (АС), стенда		2		3		0,00		0,00
N9		8		1		05/2019		16.04.2019		354 720,42		354 720,42		16.04.2019		Выполнение работ по организации и техническому поверке 25 стенда		2		2		0,00		0,00
N10		5		3		13/2019		29.04.2019		452 515,56		452 515,56		29.04.2019		Выполнение работ по ремонту кровли над работой сетевой стенда ТЭП		2		1		0,00		0,00

Рис. 2. Фрагмент таблицы с преобразованием данных

1. Конкурентный способ, который состоит в проведении торговых закупочных процедур (аукцион, конкурс, запрос предложения и т. д.) посредством различных электронных торговых площадок и заключении договора с победителем закупочной процедуры, предложившим наилучшие условия исполнения договора.

2. Неконкурентный способ – закупка у единственного поставщика.

В данной работе неконкурентным способом является закупка со стоимостью выполнения работ, не превышающей 500 тыс. руб. Как следствие, все договоры можно разделить на две группы. В столбце J определен способ закупки по каждому договору, где значение «1» – конкурентный способ закупки, значение «2» – неконкурентный способ закупки.

Еще одним фактором, влияющим на изменение состава закупаемой продукции и, как следствие, на изменение первоначальной стоимости выполнения работ, является вид выполняемых работ. В общем виде все договоры можно разделить на три группы в зависимости от вида работ:

1. Ремонтные работы – связаны с улучшением характеристик существующего объекта без изменений отдельных конструктивных элементов.

2. Строительно-монтажные работы – связаны с созданием новых объектов, монтажом и введением в эксплуатацию нового оборудования, улучшением характеристик отдельных конструктивных элементов.

3. Проектно-изыскательские работы – включают в себя проведение обследований зданий и сооружений, осуществление инженерных изысканий, разработку проектной и рабочей документации на определенный объект.

Все договоры разделены на три группы по видам работ исходя из предположения, что каждый вид работ имеет в своем составе набор определенных типов работ, отличающихся по своему составу от другой группы. Существенным условием договора помимо стоимости выполнения работ, срока выполнения работ и т. д. является предмет договора, который должен содержать вид выполняемых работ, так как при толковании условий договора принимается во внимание буквальное значение содержащихся в нем слов и выражений согласно ст. 431 Гражданского кодекса Российской Федерации от 30 ноября 1994 г. № 51-ФЗ. В таблице исходных данных содержится информация о предмете договора и видах выполняемых работ по каждому договору.

Осуществив все вышеуказанные действия, имеем полную таблицу исходных данных для определения закономерности между изменением состава закупаемой продукции по договору и других факторов. Далее проведем нормализацию данных и определим, какие данные не влияют на итоговое значение закономерности и подлежат удалению.

Как сказано выше, все договоры с контрагентами разделены на три группы по видам работ, следовательно, предмет договора (лингвистическая переменная) больше не несет в себе информационной значимости для определения итоговой закономерности, поэтому подлежит удалению.

Показатель «Количество договоров с контрагентом» (опыт работы контрагента с заказчиком) является агрегированным показателем идентификационного номера контрагента, наименования контрагента, а также номера договора, даты заключения договора, даты исполнения договора. Эти данные также больше не несут в себе информационной значимости, а значит, подлежат удалению.

Показатель «Изменение стоимости работ по дополнительному соглашению к договору относительно первоначальной стоимости в процентном выражении» носит агрегатный характер. Он объединяет в себе следующие составляющие:

1. Первоначальную стоимость выполнения работ по основному договору.

2. Стоимость работ, установленную дополнительным соглашением.

3. Разницу между стоимостью работ по дополнительному соглашению и первоначальной стоимостью, выраженную в абсолютных значениях (руб.).

Агрегированный характер показателя означает, что он формируется на основе нескольких взаимосвязанных величин, объединяемых в единый индикатор для комплексного анализа изменений стоимости выполнения работ.

Помимо этого при определении способа заключения договора (конкурентный/неконкурентный) был использован показатель «Стоимость выполнения работ по договору», как следствие, вышеуказанные показатели не несут в себе информационной значимости и подлежат удалению.

Итоговые данные для проверки закономерности между изменением состава закупаемой продукции и другими факторами для инструмента D2D.Platforms представлены на рис. 3.

Введем необходимые обозначения: Experience – количество заключенных договоров с контрагентом на дату заключения конкретного договора, числовая переменная; Tender – способ закупки, номинальная переменная, которая имеет следующее кодирование: 1 – конкурентная закупка, 2 – не конкурентная закупка; Work – вид выполнения работ, номинальная переменная, которая имеет следующее кодирование: 1 – ремонтные работы, 2 – строительно-монтажные работы, 3 – проектные работы; Delta – разница в стоимости выполнения работ при заключении договора и стоимости по дополнительному соглашению к договору, %. Отметим, что для получения достоверного итогового анализа данный, показатель Delta определен по модулю. Следующим шагом загрузим обработанные данные по договорам в D2D.Platform.

При загрузке данных в D2D.Platform на первом этапе необходимо создать новый проект и определить объясняющий столбец и объясняемые столбцы. В связи с тем, что в данной работе определяется зависимость изменения состава закупаемой продукции (стоимости выполнения работ), объясняющим столбцом будет

	A	B	C	D
1	**Experience**	**Tender**	**Work**	**Delta**
2	1	2	1	0,00
3	1	2	2	0,00
4	1	2	1	0,00
5	1	2	2	0,00
6	1	2	1	0,00
7	2	2	2	0,00
8	1	2	1	0,00
9	1	2	3	0,00
10	1	2	2	0,00
11	3	2	1	0,00
12	1	2	1	0,00
13	1	1	2	10,00
14	1	2	1	0,00
15	2	2	1	0,00
16	1	2	1	0,00
17	1	2	1	0,00

Рис. 3. Экранная форма таблицы для D2D.Platforms

являться Delta. Объясняемыми столбцами будут Experience, Tender, Work. Иными словами, изменение состава закупаемой продукции, как следствие, изменение стоимости выполнения работ по договору будет зависеть от опыта выполнения работ с конкретным контрагентом, способом закупки и видом выполняемых работ. Также для построения нейронных связей и дальнейшего обучения нейронной сети на данном этапе необходимо выбрать идентификатор объекта. Так как в первоначальных исходных данных каждая строка является уникальной (имеет свой неповторимый предмет договора, номер договора, дату договора и т. д.), идентификатором объекта будет автоматически добавленный столбец id, присваивающей каждой строке свой порядковый номер. Данный этап является нулевым.

На первом этапе необходимо произвести интервальное кодирование загруженных данных. Для этого каждому столбцу с данными присваивается необходимое количество интервалов с указанием граничных значений каждого интервала. Стоит отметить, что выбор диапазонов численных значений для интервального кодирования, выбор наборов при конфликтных примерах, выбор структуры дерева критериев, доопределение карты Карно, доопределение полной карты Карно, выбор настроек обучения нейронной сети, основанной на корне принятия решений, производит пользователь D2D.Platform исходя из того, что ему известны исходные данные для анализа.

Показатель Delta разделим на два интервала с границами первого интервала (0; 0,01) и границами второго интервала (0,01; 28,51). Иными словами, в первый интервал будут входить договоры без изменения стоимости выполнения работ, во второй – с изменением стоимости выполнения работ (изменение состава закупаемой продукции).

Для показателя Work уже определено количество интервалов, которые зависят от вида выполняемых работ (1 – ремонтные работы, 2 – строительно-монтажные работы, 3 – проектные работы), поэтому граничные значения интервалов будут следующими: первый интервал (1; 1,1), второй интервал (1,1; 2,1), третий интервал (2,1; 3).

Для показателя Tender также уже определено количество интервалов (1 – конкурентная закупка, 2 – не конкурентная закупка), поэтому граничные значения интервалов будут

следующими: первый интервал (1; 1,1), второй интервал (1,1; 2).

Для показателя Experience определим количество интервалов равным трем, исходя из того, как часто определенный контрагент работал до определенного договора. Максимальное количество договоров между заказчиком и контрагентом составляет 39. Как следствие, первый интервал находится в диапазоне (1; 13,1) – это говорит о том, что контрагент только начал нарабатывать опыт работы с определенным заказчиком; второй интервал находится в диапазоне (13,1; 26,1) – это говорит о том, что контрагент работает с определенным заказчиком; третий интервал находится в диапазоне (26,1; 39) – это говорит о том, что контрагент достаточно давно и уверенно работает с определенным заказчикам.

На втором этапе определяется итоговый вариант интервального кодирования.

На третьем этапе заполняются пропуски в данных, если таковые имеются.

На четвертом этапе происходит разрешение конфликтных ситуаций, при которых одинаковые объясняющие показатели имеют разное значение объясняемого показателя. На данном этапе пользователь D2D.Platform разрешает конфликтные ситуации самостоятельно, исходя из того, что является знатоком предметной области, в которой проводит исследование.

На пятом этапе производится выбор структуры дерева критериев.

На шестом этапе происходит доопределение карты Карно и доопределение полной карты Карно, а также выполняется операция свертки.

На завершающем седьмом этапе строится нейронная сеть и проводится обучение нейронной сети. Данная модель определяет возможное изменение стоимости выполнения работ (изменение состава закупаемой продукции) по отношению к первоначальной стоимости выполнения работ в зависимости от способа закупки, вида выполняемых работ и количества договоров, заключенных между заказчиком и контрагентом, до определенного договора.

Результаты исследования

На рис. 1 показана ситуация, когда в ряде договоров отсутствует какое-либо отклонение между первоначально заявленной стоимостью выполнения работ и той ценой, которая фиксируется в последующем дополнительном соглашении. Это обстоятельство говорит о том, что такие контракты не претерпели никаких изменений ни в части общей стоимости работ, ни в отношении ассортимента и объема закупаемого товара или услуг. Объем и состав закупок, указанный в сопутствующей контракту сметной документации, остался прежним и не подвергался каким-либо правкам.

Однако рис. 1 также показывает, что существует значительная доля договоров, где наблюдается заметное отклонение в сторону увеличения суммы оплаты. Наличие таких случаев говорит о произошедшем изменении стоимости выполненных работ, вызванном внесенными изменениями в объем или ассортимент закупаемой продукции.

Причины таких изменений могут быть самыми разными и зачастую связаны с внешними обстоятельствами, такими как:

– изменение нормативно-правовой базы и требований заказчика;

– возникновение непредвиденных обстоятельств технического или организационного характера;

– появление дополнительных этапов или видов работ, изначально не учтенных в договоре;

– уточнение характеристик выполняемых работ или товаров.

Все эти факторы способны оказать влияние на конечный финансовый результат исполнения договора и привести к необходимости заключения дополнительного соглашения, уточняющего новую цену выполнения работ.

Проведя интервальное кодирование для каждого из показателей, стоит отметить, что из 619 договоров, заключенных с различными контрагентами в период с 2019 по 2025 г., 22 договора имеют изменение стоимости выполнения работ (изменение состава закупаемой продукции), и 597 договоров выполнены в полненом соответствии с условиями договора. Однако при рассмотрении договоров по способу закупки выясняется, что 506 договоров заключены неконкурентным способом и имеют 1 договор с изменением стоимости выполнения работ (изменением состава закупаемой продукции), в то время как конкурентным способом заключено 57 договоров, и 21 договор имеет изменение стоимости выполнения работ (изменение состава закупаемой продукции).

На первом этапе проводится интегральное кодирование всех показателей, после чего этап

считается завершенным, т. е. данный этап носит лишь агрегированный характер.

На втором этапе вышеописанный вариант интервального кодирования выбран итоговым.

На третьем этапе отсутствуют недостающие данные, поэтому данный этап пропускается.

На четвертом этапе определены шесть конфликтных ситуаций. Вариант разрешения конфликтных ситуаций представлен на рис. 4.

Выбор структуры дерева критериев выполняется на пятом этапе. Данный вариант структуры дерева критериев обусловлен следующими доводами. Из сводной таблицы с договорами видно, что при неконкурентном способе закупки только в одном случае происходит изменение стоимости выполнения работ (изменение состава закупаемой продукции), в то время как при конкурентном способе изменение стоимости выполнения работ (изменение состава закупаемой продукции) встречается более часто, в 21 случае. В то же время при анализе договоров по виду выполнения работ видно, что при выполнении проектно-изыскательских работ отсутствует изменение стоимости выполнения работ (изменение состава закупаемой продукции), при этом оставшиеся случаи изменения стоимости выполнения работ (изменения состава закупаемой продукции) присутствуют в договорах на выполнение ремонтных и строительно-монтажных работ. Из вышеизложенного можно сделать вывод, что на изменение стоимости выполнения работ (изменение состава закупаемой продукции) в первую очередь влияют способ закупки и вид выполнения работ, а во вторую – количество заключенных договоров с контрагентом на дату заключения конкретного договора.

На шестом этапе определяются идентифицированные матрицы свертки.

Полученная модель нейронной сети и модель корня принятия решений на седьмом этапе представлены на рис. 5 и 6.

По данной модели корня принятия решений можно сделать несколько выводов:

1. В независимости от всех переменных стоимость выполнения проектно-изыскательских работ, вероятнее всего, не изменится.

2. При неконкурентном способе закупки стоимость выполнения всех видов работ, вероятнее всего, не изменится.

3. При конкурентном способе закупки изменение стоимости выполнения (состава закупаемой продукции) ремонтных и строительно-монтажных работ возможно при увеличении количества договоров с конкретным контрагентом.

Данную модель возможно использовать в организациях, специализирующихся в сфере строительства, для экспресс-оценки контраген-

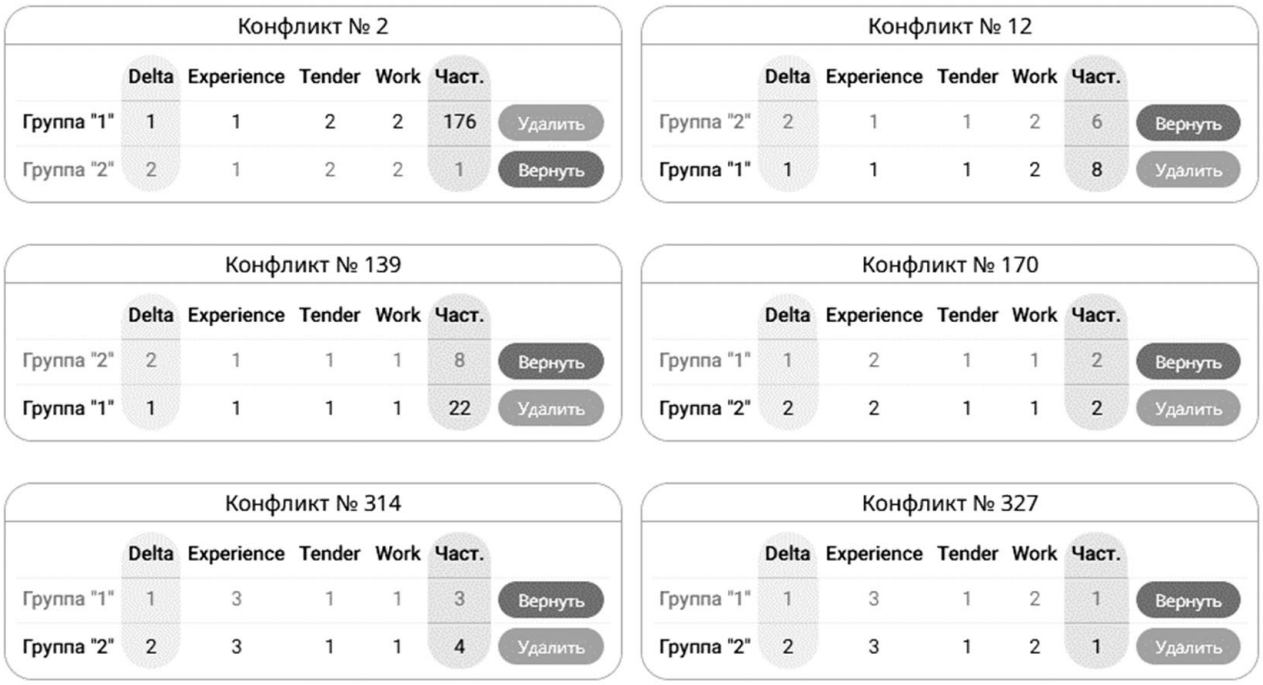

Рис. 4. Вариант разрешения конфликтных ситуаций

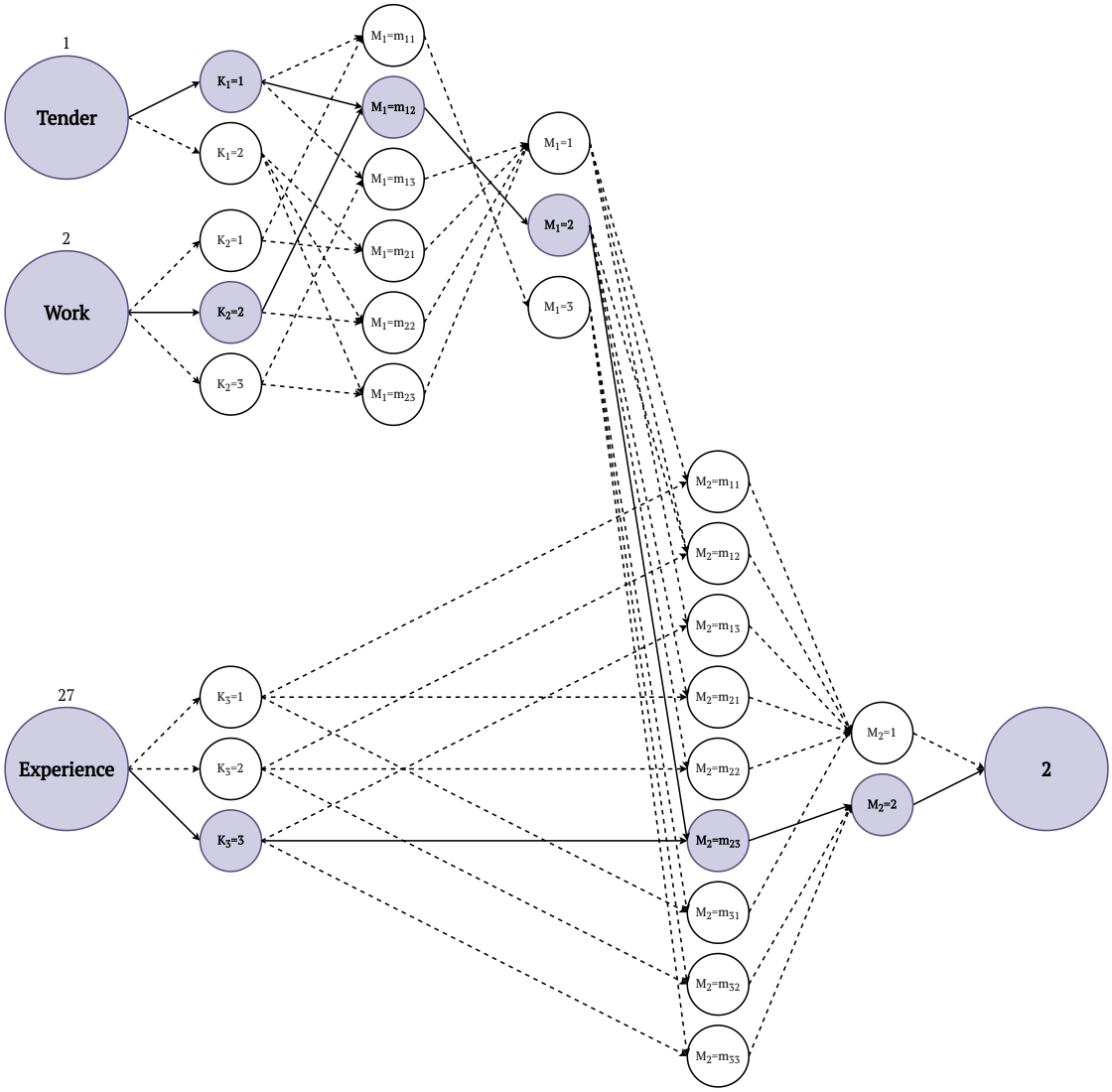

Рис. 5. Модель нейронной сети, основанной на корне принятия решений

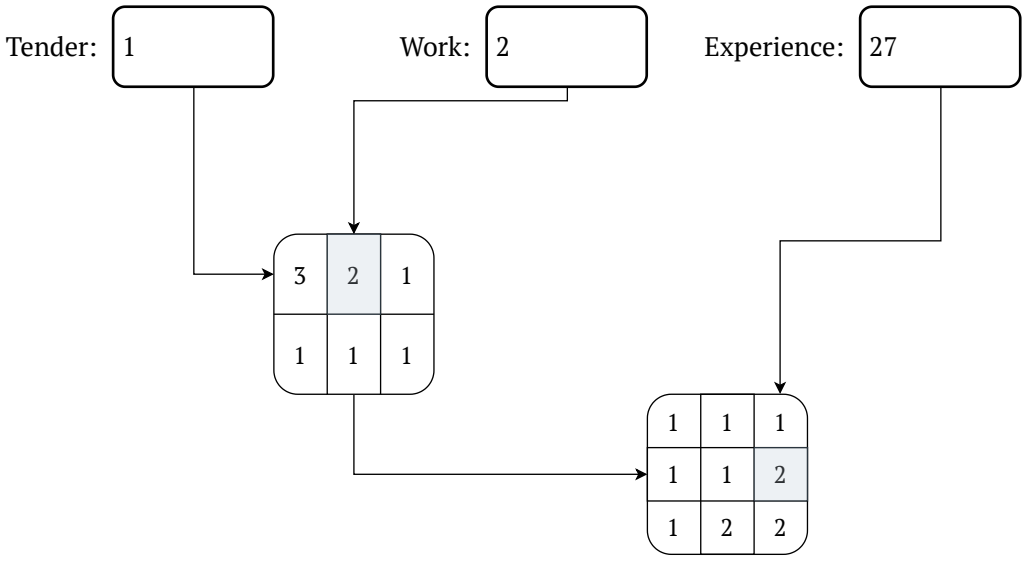

Рис. 6. Модель корня принятия решений

та, привлекаемого на выполнение проектных, ремонтных и строительно-монтажных работ.

Обсуждение результатов

Вклад авторов в международные исследования, смежные с данной тематикой, заключается в том, что настоящая работа посвящена возможности использования BIM-технологий в сфере процесса закупок (тендеров), а также в сфере ценообразования. Возможность на стадии проведения торгов выявить подрядчиков, которые, вероятнее всего, изменят стоимость договора, послужит незаменимым средством снижения неопределенности и уточнения информации о потенциальных подрядчиках, что является важным фактором для успешного заключения договора. Также следует отметить модель, созданную на основании нейронных сетей, которая позволяет определить, какие именного работы будут заменены в процессе реализации проекта. Это средство также позволяет снизить неопределенность на первичных этапах выявления единственного поставщика, а также на этапе заключения договора. Полученные результаты аналогичны мероприятиям, посвященным внедрению BIM-технологий в процесс строительного производства, что отвечает современным запросам, как отмечали зарубежные авторы (Tan et al., 2021; Dore & Murphy, 2025; Davila Delgado & Oyedele, 2021; Schiavi et al., 2022; Popov et al., 2021; Macek, 2023).

При сравнении мнений отечественных авторов с зарубежными коллегами следует отметить их однотипность в том аспекте, что BIM-технологии призваны увеличить точность расчетов (Гендлина и др., 2017; Дьякова, Александрия, 2019; Протас, Голубова, 2017; Крестьянинов и др., 2017; Жук и др., 2017; Макашов и др., 2017; Масаев, Фролова, 2018; Бученкова, Иванов, 2018; Владимирова и др., 2019), а значит, снизить неопределенность в тендерных закупках.

Напрашивается также вывод о том, что разработанный программный модуль следует модернизировать до уровня большей автономии, так как, полагаясь на описанные в зарубежных статьях существующие модели и системы в строительных, производственных и экономических сферах, программные продукты в данных сферах усовершенствованы с помощью таких технологий, как искусственный интеллект, цифровой двойник, 3D-моделирование, Интернет вещей (IoT), информационное моделирование зданий (BIM), виртуальная реальность (VR) и пр.

Заключение

По итогам проведенного анализа открытых источников, освещающих вопросы организационного управления участием строительной компании в торговых процедурах на выполнение строительно-монтажных работ, можно сделать следующие выводы. Многие специалисты считают, что использование BIM-технологий при выполнении строительно-монтажных работ позволит увеличить точность определения стоимости выполнения работ. Также отмечается несовершенство существующих методов определения сметной стоимости выполнения работ, которое состоит в неточности учета трудозатрат на выполнение работ и неточности учета прямых затрат.

Стоит подчеркнуть, что ошибки, допущенные на этапе проектирования, оказывают непосредственное воздействие на точность определения сметной стоимости строительно-монтажных работ. Такая ситуация усугубляет информационную неопределенность, которая отрицательно сказывается на процедуре заключения договоров и проведения торгов. Хотя на сегодняшний день число исследований, касающихся этой проблемы, ограничено, очевидна потребность в разработке конкретных решений. Одной из возможных мер могло бы стать усовершенствование методов сбора и анализа информации, что помогло бы устранить пробелы и повысить прозрачность при установлении стоимости работ.

Важно понимать, что при наличии достаточного объема качественной информации подрядчики могли бы более уверенно и точно предлагать стоимости выполнения работ, а заказчики – делать более осознанный выбор. Поэтому создание комплексной системы оценки, интегрирующей данные о трудоемкости и сопутствующих затратах, представляется необходимым решением.

Использование «Программного модуля оценки вероятности изменения стоимости выполнения работ на основе опыта работы с контрагентами» позволяет:

1) определить вероятность изменения стоимости выполнения работ в зависимости от вида выполняемых работ, способа заключения договора и опыта работы заказчика с конкретным контрагентом;

2) определить вероятность изменения стоимости выполнения работ в зависимости от состава закупаемой продукции.

Для нахождения закономерности в изменении состава закупаемой продукции по определенным договорам применена разработка ООО «Пермский центр поддержки приятия решений» – D2D.Platform. Этот инструмент позволяет проверять гипотезы о наличии в исходных данных закономерностей и количественных зависимостей между объясняющими и объясняемыми показателями или доказательно убедиться в отсутствии причинно-следственных связей, а также строить корни принятия решений и обучать нейронные сети Decisions' Root-based Neural Networks (DRB NN).

Авторский вклад

Авторы внесли равный вклад в работу, представленную в статье

Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Благодарности

Авторы выражают благодарность ООО «Пермский центр поддержки принятия решений» за доступ к многопользовательской виртуальной среде интеллектуального анализа данных Data to Decisions – D2D.Platform, Алексееву Александру Олеговичу за консультации по обработке информации, а также Трясцину Сергею Алексеевичу, предоставившему обезличенные данные для анализа и идентификации корня принятия решений для экспресс-оценки подрядчика на проектные, ремонтные и строительно-монтажные работы.

Contributions of the authors

The authors contributed equally to this article.

Conflict of Interest

The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Acknowledgments

The authors express their gratitude to Perm Decision Support Center LLC for providing access to the multi-user virtual data mining environment Data to Decisions – D2D.Platform, to Alexander Olegovich Alekseev for consultations on information processing, and to Sergei Alekseevich Tryastsin for providing anonymized data for analysis and identification of the decision root for rapid assessment of contractors for design, repair, and construction and installation works.

Библиографический список

1. Бученкова, А. А., & Иванов, М. В. (2018). Анализ перехода с 01.01.2019 года на ресурсный метод определения сметной стоимости строительства объектов за счет средств бюджета Российской Федерации. *Неделя науки СПБПУ:* материалы научной конференции с международным участием, 11–13. [Buchenkova, A. A., & Ivanov, M. V. (2018). Analysis of the transition from 01.01.2019 to the resource method of determining the estimated cost of construction of facilities funded by the budget of the Russian Federation. *SPBPU Science Week:* Proceedings of a Scientific Conference with International Participation, 11–13. (In Russian).]

2. Владимирова, И. Л., Цыганкова, А. А., & Фатеев, В. В. (2019). Анализ зарубежных систем управления стоимостью строительных проектов при переходе к цифровой экономике. *Современные проблемы управления проектами в инвестиционно-строительной сфере и природопользовании:* материалы IX Международной научно-практической конференции, 54–60. [Vladimirova, I. L., Tsygankova, A. A., & Fateyev, V. V. (2019). Analysis of foreign cost management systems for construction projects in the transition to the digital economy. *Modern Problems of Project Management in the Investment and Construction Sphere and Environmental Management*: Proceedings of the 9th International Scientific and Practical Conference, 54–60. (In Russian).]

3. Гендлина, Ю. Б., Семенова, Т. И., & Сиверикова, Ю. О. (2017). Влияние сметной стоимости строительного проекта на стоимость строительного бизнеса. *Управление и экономика народного хозяйства России*: материалы международной научно-практической конференции, 33–37. [Gendlina, J. B., Semenova, T. I., & Siverikova, J. O. (2017). Influence of estimated value of building project on the cost of building business. *Management and Economics of the Russian National Economy*: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, 33–37. (In Russian).]

4. Дьякова, О. В., & Александрия, А. В. (2019). Принципы и подходы управления стоимостью объекта строительства в рамках развития сметного нормирования и рыночных методов ценообразования. *Век качества*, (4), 118–132. [Dyakova, O. V., & Alexandria, A. V. (2019). Principles and approaches of managing the value of a construction project in the framework of the development of budget valuation and market pricing methods. *Age of Quality*, (4), 118–132. (In Russian).]

5. Жук, И. И., Ляшко, В. В., & Голубова, О. С. (2017). Анализ стоимости строительных работ в сравнении с фактическими затратами организации на их выполнение. *Ценообразование в строительстве:* материалы республиканской научно-практической конференции, 113–121. [Zhuk, I. I., Lyashko, V. V., & Golubova, O. S. (2017). Analysis of construction work costs in comparison with the organization's actual costs for their implementation. *Pricing in Construction*: Proceedings of the Republican Scientific and Practical Conference, 113–121. (In Russian).]

6. Крестьянинов, А. Н., Степанова, О. В., Жулькова, Ю. Н., & Галанина, Д. А. (2017). Совершенствование выполнения контрольной работы по управлению проектами бакалаврами направления подготовки «Менеджмент». *Великие реки' 2017:* материалы 19-го научно-промышленного форума, 107–109. [Krestyaninov, A. N., Stepanova, O. V., Zhulkova, Yu. N., & Galanina, D. A. (2017). Improving the Project Management Control Work for Bachelor's Degree Students in Management. *Great Rivers' 2017*: Proceedings of the 19th Scientific and Industrial Forum, 107-109. (In Russian).]

7. Макашов, Н. В., Осипенкова, И. Г., & Леонова, Е. Н. (2017). Количественная оценка влияния качества организационно-технической документации на сметную стоимость строительства. *Инновационное развитие*, (5), 21–25. [Makashov, N. V., Osipenkova, I. G., & Leonova, E. N. (2017). Quantitative assessment of the impact of quality of organizational-technological documentation on the estimated cost of construction. *Innovative development*, (5), 21–25. (In Russian).]

8. Масаев, В. Ю., & Фролова, Т. В. (2018). Управление сметной стоимостью строительства для повышения эффективности инвестиционного проекта. *Социогуманитарный вестник*, (1), 89–92. [Masayev, V. Yu., & Frolova, T. V. (2018). Managing the estimated construction cost to improve investment project efficiency. *Socio-Humanitarian Bulletin*, (1), 89–92. (In Russian).]

9. Протас, В. А., & Голубова, О. С. (2017). Анализ проблем управления стоимостью при реализации строительного проекта. *Актуальные проблемы экономики строительства:* материалы 73-й студенческой научно-технической конференции, 113–117. [Protas, V. A., & Golubova, O. S. (2017). Analysis of cost management problems in construction project implementation. *Actual Problems of Construction Economics*: Proceedings of the 73rd Student Scientific and Technical Conference, 113–117. (In Russian).]

10. Chen, H., Hou, L., Zhang, G. K., & Moon, S. (2021). Development of BIM, IoT and AR/VR technologies for fire safety and upskilling. *Automation in Construction*, *125*, 103631. DOI: 10.1016/j.autcon.2021.103631

11. Davila Delgado, Ju. M., & Oyedele, L. (2021). Digital Twins for the built environment: learning from conceptual and process models in manufacturing. *Advanced Engineering Informatics*, *49*, 101332. DOI: 10.1016/j.aei.2021.101332

12. Dore, C., & Murphy, M. (2025). Current State of Art Historic Building Information Modelling. *Journal of Academic Research and Innovation*, *2*(1), 3.

13. Huang, M. Q., Ninić, J., & Zhang, Q. B. (2021). BIM, machine learning and computer vision techniques in underground construction: Current status and future perspectives. *Tunnelling and Underground Space Technology*, *108*, 103677. DOI: 10.1016/j.tust.2020.103677

14. Lin, S. S., Shen, S. L., Zhou, A., & Xu, Y. S. (2021). Risk assessment and management of excavation system based on fuzzy set theory and machine learning methods. *Automation in Construction*, *122*, 103490. DOI: 10.1016/j.autcon.2020.103490

15. Macek, D. (2023). Use of BIM as a Support for Tendering of Facility Management Services. *Building*, *13*(3), 664. DOI: 10.3390/buildings13030664

16. Parsamehr, M., Perera, U. S., Dodanwala, T. C., Perera, P., & Ruparathna, R. (2023). A review of construction management challenges and BIM-based solutions: perspectives from the schedule, cost, quality, and safety management. *Asian Journal of Civil Engineering*, *24*(1), 353–389. DOI: 10.1007/s42107-022-00501-4

17. Popov, V., Medineckienė, M., Grigorjeva, T., & Zabulėnas, A. R. (2021). Building information modelling: procurement procedure. *Business, Management and Economics Engineering*, *19*(1), 180–197. DOI: 10.3846/bmee.2021.14653

18. Rashidi, A., Chan, D. W. M., Ravanshadnia, M., Sarvari, H., & Tajaddini, A. (2024). Applying building information modelling (BIM) technology in pretender cost estimation of construction projects: a case study in Iran. *Building*, *14*(5), 1260. DOI: 10.3390/buildings14051260

19. Schiavi, B., Havard, V., Beddiar, K., & Baudry, D. (2022). BIM data flow architecture with AR/VR technologies: Use cases in architecture, engineering and construction. *Automation in Construction*, *134*, 104054. DOI: 10.1016/j.autcon.2021.104054

20. Tan, T., Mills, G., Papadonikolaki, E., & Liu, Zh. (2021). Combining multi-criteria decision making (MCDM) methods with building information modelling (BIM): A review. *Automation in Construction*, *121*, 103451. DOI: 10.1016/j.autcon.2020.103451

Алексеева Ирина Евгеньевна, канд. экон. наук, доцент, Пермский национальный политехнический университет, Пермь, Российская Федерация
E-mail: alekseeva.i.e@yandex.ru
ORCID ID: 0000-0002-8075-8959

Гладких Валерия Сергеевна, канд. техн. наук, доцент, Пермский национальный политехнический университет, Пермь, Российская Федерация
E-mail: gladkikh.lera@yandex.ru
ORCID ID: 0000-0003-1383-1690

Получена 27.04.2026
Получена в доработанном виде 26.06.2026
Одобрена 30.07.2026

Irina E. Alekseeva, Cand. Sci. (Econ.), Assoc. Prof., Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation
E-mail: alekseeva.i.e@yandex.ru
ORCID ID: 0000-0002-8075-8959

Valeria S. Gladkikh, Cand. Sc. (Eng.), Assoc. Prof., Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation
E-mail: gladkikh.lera@yandex.ru
ORCID ID: 0000-0003-1383-1690

Received 27.04.2026
Revisited 26.06.2026
Accepted 30.07.2026