

Возможности оценки рисков строительства на стадии проектирования

Н.Е. Зинченко, Е.С. Кашина, Д.С. Ишкулов, В.В. Габова

Волгоградский государственный технический университет

Аннотация: Для обеспечения безопасности объектов капитального строительства необходимо рассчитывать и прогнозировать риски на этапе планирования и проектирования. Прогнозирование рисков осуществляется как в количественном, так и в качественном измерении. Для точности расчетов необходимо рассмотрение большого количества разнообразных рисков, их причин, возможных последствий и вероятности их наступления. При таком масштабе вводной информации традиционные способы расчета рисков строительства требуют больших финансовых и трудовых затрат, а также могут быть весьма продолжительными по времени. Технологии искусственного интеллекта и машинного обучения позволяют автоматизировать процесс оценки и расчета рисков. Благодаря цифровым технологиям все возникающие в ходе строительства факторы будут учитываться в режиме реального времени. Несмотря на ряд ограничений в применении данной технологии, этот метод является наиболее перспективным и получает все более широкое распространение.

Ключевые слова: строительство, проектирование объектов капитального строительства, безопасность, риск, прогнозирование рисков, оценка рисков, управление рисками, искусственный интеллект, машинное обучение

Строительная отрасль в текущей ситуации имеет ключевое значение для развития российской экономики. Она является мощным драйвером роста для таких отраслей, как промышленность строительных материалов, транспортно-логистическая деятельность и финансово-кредитная сфера. К сожалению, некоторые строительные компании в погоне за прибылью уделяют недостаточное внимание вопросам надежности и безопасности возводимых объектов. Решение данных вопросов должно начинаться на этапе проектирования. Роль и положение проектировщиков позволяют им влиять на решения, которые могут устранить опасные факторы до начала работ на строительной площадке. Однако внедрение принципов безопасности при проектировании в строительной отрасли сталкивается с многочисленными проблемами.

Допустимо рассматривать проект как последовательность комплексов мероприятий, каждый из которых представляет собой этап реализации проекта. При, по окончании каждого (кроме последнего) этапа можно

выбрать последующий комплекс мер в зависимости от общих результатов текущего этапа и нескольких предыдущих этапов проекта, а также от комплекса внешних факторов, влияющих на последующую реализацию проекта [1].

В научной литературе по безопасности при проектировании указывается, что проектирование потенциально способно снизить риск нарушения требований безопасности зданий и сооружений. Проектная безопасность доказала свою жизнеспособность, эффективность и более высокий уровень контроля рисков. Для этого все заинтересованные стороны должны рассматривать вопросы безопасности на стадии проектирования [2].

Эффективное управление рисками представляет особую проблему для строительных компаний. С одной стороны, необходимо учитывать различные факторы риска до, во время и после завершения строительного проекта. Строительство каждый раз предъявляет новые требования к подрядчику. Хотя кажется невозможным составить точный прогноз рисков или затрат, современные технологии предоставляют возможность децентрализации управления рисками [3].

Существует две проверенные методики анализа рисков: качественная и количественная. Основное различие между этими методами заключается в том, что количественный анализ исследует величины, которые можно измерить в цифрах. Качественный анализ носит описательный характер и имеет дело с факторами, которые можно наблюдать, но не измерить.

Качественный анализ рисков проводится по всем рискам и для всех проектов. Он измеряет как вероятность возникновения конкретного рискового события в течение жизненного цикла проекта, так и влияние, которое оно окажет на общий график, если это произойдет [4].

В целом, качественный анализ рисков более субъективен. Преимущество заключается в том, что он позволяет оценить вероятность и

расставить приоритеты рисков в удобной для восприятия форме, чтобы представить их заинтересованным сторонам. Еще одно преимущество заключается в том, что его можно использовать для управления рисками на любом этапе проекта [5].

Процесс управления рисками представляет собой последовательность шагов, которые определяют риски для успешного завершения проекта. Строительные проекты могут представлять множество внутренних и внешних рисков, основные виды которых представлены далее на рис. 1 [2].



Рис. 1. – Виды рисков при проектировании объектов капитального строительства

К сожалению, полностью избежать рисков невозможно, поскольку на протяжении всего проекта всегда будут возникать неизвестные факторы. Однако, если распознать и классифицировать риски до начала проекта, можно повысить эффективность управления рисками и избежать потенциальных потерь [4].

При планировании проекта необходимо создать матрицу оценки рисков – инструмент, предназначенный для анализа рисков. С помощью данной матрицы строительная организация сможет выявлять различные риски и определять их приоритетность, оценивая вероятность их возникновения. Матрица рисков также известна как матрица вероятности или матрица воздействия. Примерный образец матрицы рисков представлен далее в таблице №1.

Таблица №1

Пример матрицы рисков [6]

Последствия Вероятность	Незначительные	Умеренные	Значительные	Катастрофические
Незначительная	Приемлемый риск	Приемлемый риск	Допустимый риск	Серьезный риск
Малая	Приемлемый риск	Допустимый риск	Серьезный риск	Неприемлемый риск
Умеренная	Приемлемый риск	Серьезный риск	Серьезный риск	Неприемлемый риск
Значительная	Допустимый риск	Серьезный риск	Неприемлемый риск	Неприемлемый риск
Высокая	Допустимый риск	Неприемлемый риск	Неприемлемый риск	Неприемлемый риск

Для построения такой матрицы необходимо проанализировать все потенциальные риски, которые могут оказать негативное влияние на строительный проект.

Оценка серьезности и вероятности риска позволит определить степень его допустимости. В соответствии с матрицей составляются внутренние правила, процедуры или политика по предотвращению рисков. В первую очередь следует управлять рисками с высокой степенью воздействия и высокой вероятностью, в то время как риски с низкой степенью воздействия и низкой вероятностью менее актуальны [7].

Матрица оценки рисков не является статичной, это динамическая система, в которую можно добавлять новые риски и менять ранее установленные характеристики. Регулярный анализ и мониторинг позволят замечать изменения в текущих параметрах и выявлять вновь возникающие риски. Ответственный за управление рисками (сотрудник или подразделение компании) должен контролировать все шаги по управлению каждым выявленным риском [3].

Очевидно, что объем информации, который необходим для адекватного анализа всех возможных рисков на стадии проектирования, является огромным. Необходимо выявить все возможные риски, рассчитать их возможные последствия и вероятность, выявить факторы рисков и предложить мероприятия по нейтрализации этих факторов. Решить такую многоаспектную проблему возможно при помощи современной цифровой технологии – искусственного интеллекта (ИИ) [8].

Использование ИИ в проектировании позволяет отказаться от традиционных методов составления бюджета и планирования. Благодаря прогнозной аналитике ИИ трансформирует планирование и выполнение проектов. Алгоритмы машинного обучения используют различные данные – от информации о прошлых проектах до текущих условий на стройплощадке [2]. Это повышает точность и способствует активному управлению рисками. Программное обеспечение для проектирования на основе искусственного интеллекта помогает предотвратить перерасход средств, выявляя потенциальные проблемы на ранней стадии. Оно учитывает особенности проекта, такие как размер и тип контракта, а также исторические данные. Это не только повышает точность оценки, но и позволяет осуществлять мониторинг в режиме реального времени и оперативно устранять проблемы. Следовательно, проекты с большей вероятностью будут соответствовать срокам и бюджетам [2].

Традиционные методы не только трудоемки, но и медленны. Они требуют сложных ручных расчетов и постоянного обращения к историческим данным. Необходимость постоянно обновлять оценки, чтобы отразить изменения в масштабах проекта, еще больше снижает эффективность. Такой устаревший подход неизбежно приводит к задержкам, поскольку препятствует своевременному принятию решений и обновлению информации.

Неспособность традиционных методов адаптироваться к меняющимся потребностям проекта увеличивает их неэффективность. Отсутствие аналитических возможностей ограничивает их полезность для сложных проектов. Ограниченные возможности анализа данных препятствуют интеграции данных о затратах в режиме реального времени и возможности прогнозирования потенциальных финансовых проблем [9].

Технологии искусственного интеллекта, включая информационное моделирование зданий (BIM), обеспечивают принятие более эффективных решений в строительной отрасли. Роль ИИ в оценке затрат и управлении рисками становится жизненно важной. Благодаря современным разработкам, от автономного оборудования до генеративного проектирования, ИИ создает основу для более автоматизированной, безопасной и устойчивой строительной отрасли [8].

Использование искусственного интеллекта и прогнозной аналитики в строительстве дает ряд преимуществ для снижения рисков. Одним из основных преимуществ является оптимизация и ускорение процесса принятия решений. Прогнозная аналитика предоставляет руководителям строительных компаний информацию, основанную на данных, которая позволяет им принимать упреждающие решения, снижая вероятность наступления негативных последствий. Выявляя риски на ранней стадии жизненного цикла проекта, прогностические модели позволяют

руководителям принимать корректирующие меры до того, как проблемы обострятся. Это приводит к улучшению результатов и снижению стоимости проекта [3].

Машинное обучение обеспечивает принципиально иной подход к анализу рисков в строительстве. Оно обеспечивает точность и надежность прогнозирования. Анализируя обширные наборы данных, оно выявляет закономерности и точно прогнозирует события. Это ведет к существенному снижению рисков.

В современных информационных системах прогнозирования рисков на основе ИИ используются три основных типа моделей машинного обучения (см. рис. 2).

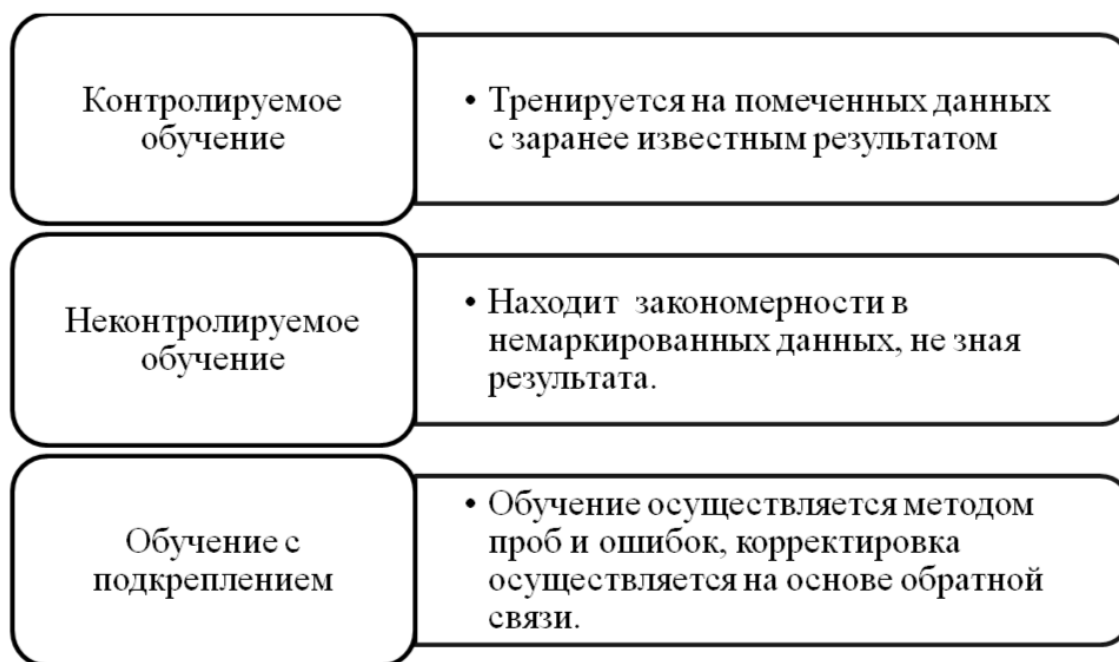


Рис. 2. – Основные типы моделей машинного обучения

Эти алгоритмы автоматизируют такие задачи, как определение и прогнозирование вероятности рисков.

Успех машинного обучения в строительстве зависит от исторических данных. Алгоритмы извлекают уроки из прошлых проектов и выявляют тенденции. Такие приложения, как Кгео, улучшают оценки, анализируя

предыдущие проекты. Это помогает более точно прогнозировать будущие риски. С течением времени точность прогнозирования повышается. Алгоритмы машинного обучения постоянно совершенствуются, расширяя свои возможности прогнозирования. Они используют новые данные для уточнения оценок. ИИ может автоматизировать 50-60% повторяющихся задач BIM [7]. Это позволяет сосредоточить усилия людей на более стратегических задачах, что приводит к улучшению оценки рисков и управления проектами.

Алгоритмы машинного обучения, такие как метод «Случайного леса», опорных векторов (SVM) и k-ближайших соседей (k-NN), обучаются на исторических данных для распознавания закономерностей и прогнозирования результатов на основе новых входных данных [8].

Благодаря постоянному изучению новых данных эти модели со временем совершенствуются, обеспечивая все более точные прогнозы.

Регрессионные модели являются еще одним важным инструментом прогнозирования рисков. Модели линейной регрессии и логистической регрессии используются для прогнозирования потенциальных финансовых рисков, связанных с изменениями в переменных проекта, что помогает руководителям проектов вносить коррективы до того, как затраты выйдут из-под контроля. Анализируя взаимосвязь между различными факторами проекта, регрессионные модели позволяют руководителям предвидеть и снижать такие риски, как перерасход средств и нехватка ресурсов [10].

Методы глубокого обучения, включая нейронные сети, становятся все более распространенными в прогнозировании рисков при строительстве. Эти модели особенно эффективны при обработке больших и сложных наборов данных, которые могут включать неструктурированные данные, такие как текст из отчетов по проектам, данные датчиков со строительных площадок и изображения с дронов или камер. Модели глубокого обучения могут

автоматически выявлять закономерности и корреляции в этих данных, которые могут быть недоступны традиционным алгоритмам машинного обучения [11].

Например, глубокое обучение может быть использовано для прогнозирования рисков для безопасности объекта путем анализа данных об окружающей среде, поведения работников и условиях на объекте. Эти модели обладают высокой адаптивностью и позволяют делать точные прогнозы даже в динамических и неопределенных средах, что делает их незаменимыми для управления сложными строительными проектами [2].

Однако существуют ограничения на использование прогнозной аналитики для снижения рисков при строительстве. Одним из существенных ограничений является качество данных. Прогностические модели хороши настолько, насколько хороши данные, на которых они основаны, а некачественные или неполные данные могут привести к неточным прогнозам и ненадежным результатам. Кроме того, модели искусственного интеллекта часто работают как «черные ящики», что означает, что лежащий в их основе процесс принятия решений может быть не полностью прозрачным [6]. Кроме того, внедрение прогнозной аналитики требует значительных инвестиций в инфраструктуру обработки данных, технологии и опыт, что может стать препятствием для строительных фирм.

Несмотря на эти ограничения, преимущества искусственного интеллекта и прогностической аналитики в снижении рисков при проектировании и строительстве перевешивают проблемы, что делает его незаменимым инструментом для современных строительных проектов.

Вывод

Таким образом, модели искусственного интеллекта, такие как машинное обучение, регрессионные модели и глубокое обучение, являются мощными инструментами для прогнозирования рисков в строительстве.

Анализируя огромные объемы данных, эти модели дают ценную информацию, которая помогает руководителям проектов прогнозировать потенциальные проблемы и эффективно снижать риски, что приводит к более успешным результатам проекта.

Литература

1. Ломазов А. В., Ломазов В.А., Климова Н.А., Пономаренко С.В., Семенякин А.И. Интеллектуальная поддержка адаптивного построения траектории выполнения проекта. Инженерный вестник Дона, 2024, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2024/8953.
2. Глуханов А. С., Молочникова Д.А. Применение информационного моделирования при проектировании и строительстве социальных объектов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – №. 3. – С. 456-460.
3. Аверина Т. А. Научно-техническое сопровождение при управлении жизненным циклом объектов капитального строительства // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2024. – Т. 24. – №. 4. – С. 66-79.
4. Семенов С. С. Способы повышения эффективности экспертной оценки проектной документации // Universum: технические науки. – 2022. – №. 4 (97). – С. 37-40.
5. Пешков А. В., Матвеева М.В., Безруких О.А., Рогов Д.С. Обеспечение процессов контроля качества на всех этапах жизненного цикла объектов капитального строительства в рамках концепции «Строительство 4.0» // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2022. – Т. 12. – №. 1 (40). – С. 90-97.

6. Egwim, C.N.; Alaka, H.; Toriola-Coker, L.O.; Balogun, H.; Ajayi, S.; Oseghale, R. Extraction of underlying factors causing construction projects delay in Nigeria. *J. Eng. Des. Technol.* 2023, 21, 1323–1342.
7. Загидуллина Г. М., Иванова Р.М., Новширванов М.Л. Анализ текущих проблем развития BIM технологий на рынке капитального строительства // Московский экономический журнал. – 2022. – №. 12. – С. 483-500.
8. Шеина С. Г., Новоселова И.В., Чернявский И.А. Организационно-технологические подходы к оценке безопасности зданий, пострадавших в результате природных и техногенных аварий и катастроф // Инженерный вестник Дона. – 2022. – №. 7 . –
URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2022/7795
9. Кузьмина Т. А., Кондрашин А.В. Особенности оценки соблюдения требований пожарной безопасности на объектах капитального строительства на современном этапе // Материалы конференции «Пожарная безопасность объектов капитального строительства. нормативы, проектирование, устройство и эксплуатация». М. 2022. 180 с. С. 18-23.
10. Sushil Mahato, Aryan Dipak Raut, Aryan Suraj Raut, Jyoti Yadav, Aakriti Lama. Role of Artificial Intelligence in Construction Project Management. *International Journal For Multidisciplinary Research.* 2024. No 6. ISBN: 2582-2160.
11. Lyu Y. Application of artificial intelligence in construction. *Applied and Computational Engineering.* 2024. 90(1). P. 26-34 DOI:10.54254/2755-2721/90/20241707.

References

1. Lomazov A. V., Lomazov V.A., Klimova N.A., Ponomarenko S.V., Semenyakin A.I. *Inzhenernyj vestnik Dona*, 2024, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2024/8953.
-



2. Gluxanov A. S., Molochnikova D.A. Izvestiya Tulskogo gosudarstvennogo universiteta. Texnicheskie nauki. 2022. №. 3. Pp. 456-460.
3. Averina T. A. Vestnik Yuzhno-Uralskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Kompyuternye tekhnologii, upravlenie, radioelektronika. 2024. T. 24. №. 4. Pp. 66-79.
4. Semenov S. S. Universum: texnicheskie nauki. 2022. №. 4 (97). Pp. 37-40.
5. Peshkov A. V., Matveeva M.V., Bezrukix O.A., Rogov D.S. Izvestiya vuzov. Investicii. Stroitelstvo. Nedvizhimost. 2022. T. 12. №. 1 (40). Pp. 90-97.
6. Egwim, C.N.; Alaka, H.; Toriola-Coker, L.O.; Balogun, H.; Ajayi, S.; Oseghale, R. J. Eng. Des. Technol. 2023,21, 1323–1342.
7. Zagidullina G. M., Ivanova R.M., Novshirvanov M.L. Moskovskij ekonomicheskij zhurnal. 2022. №. 12. Pp. 483-500.
8. Sheina S. G., Novoselova I.V., Chernyavskij I.A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2022. №. 7. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2022/7795
9. Kuzmina T. A., Kondrashin A.V. Materialy konferencii «Pozharnaya bezopasnost obektov kapitalnogo stroitelstva. normativy, proektirovanie, ustrojstvo i ekspluatatsiya». M. 2022. 180 p. Pp. 18-23.
10. Sushil Mahato, Aryan Dipak Raut, Aryan Suraj Raut, Jyoti Yadav, Aakriti Lama. International Journal For Multidisciplinary Research. 2024. No 6. ISBN: 2582-2160.
11. Lyu Y. October 2024. Applied and Computational Engineering. 2024. 90(1). pp. 26-34 DOI:10.54254/2755-2721/90/20241707.

Дата поступления: 4.03.2025

Дата публикации: 25.04 2025