



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 004.92

АНАЛИЗ И МИНИМИЗАЦИЯ РИСКОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС

¹Сафонова Т.В., ²Мокряк А.В., ³Муленко М.Д., ⁴Лескова Д.О.

ФГБОУ ВО "РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ" Санкт-Петербург, Россия (192007, город Санкт-Петербург, Воронежская ул., д. 79) e-mail: ¹tatyana.vsafonova@gmail.com, ³mariyamouse@mail.com, ⁴das21t5ehék@gmail.com;

²ФГБОУ ВО "САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ МИНИСТЕРСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ ИМЕНИ ГЕРОЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ГЕНЕРАЛА АРМИИ Е.Н.ЗИНИЧЕВА", Санкт-Петербург, Россия (196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д.149), e-mail: mokryakanna@mail.ru

Статья фокусируется на анализе и снижении рисков, возникающих при возведении инфраструктурных объектов, уделяя особое внимание использованию геоинформационных систем (ГИС). Описываются основные категории рисков, подходы к их выявлению и оценке, а также стратегии минимизации. ГИС представлены как действенный инструмент для визуализации данных и анализа пространственных связей, что способствует оптимизации управления проектами. В завершение отмечается значимость внедрения ГИС в процесс управления рисками для укрепления устойчивости инфраструктуры.

Ключевые слова: ГИС, инфраструктурные объекты, риск-менеджмент, климатические риски, экологические риски.

RISK ANALYSIS AND MINIMIZATION DURING THE CONSTRUCTION OF INFRASTRUCTURE FACILITIES USING GIS

¹Safonova T.V., ²Mokryak A.V., ³Mulenko M.D., ⁴Leskova D.O.

RUSSIAN STATE HYDROMETEOROLOGICAL UNIVERSITY, St. Petersburg, Russia (192007, St. Petersburg, Voronezhskaya str., 79), e-mail: ¹tatyana.vsafonova@gmail.com, ³mariyamouse@mail.com, ⁴das21t5ehék@gmail.com;

²ST. PETERSBURG UNIVERSITY OF THE STATE FIRE SERVICE OF THE MINISTRY OF THE RUSSIAN FEDERATION FOR CIVIL DEFENSE, EMERGENCIES AND ELIMINATION OF CONSEQUENCES OF NATURAL DISASTERS NAMED AFTER THE HERO OF THE RUSSIAN FEDERATION, GENERAL OF THE ARMY E.N. ZINICHEV, St. Petersburg, Russia (196105, St. Petersburg, Moskovsky prospekt, 149), e-mail: mokryakanna@mail.ru

The article focuses on the analysis and reduction of risks arising from the construction of infrastructure facilities, paying special attention to the use of geographic information systems (GIS). The main categories of risks, approaches to their identification and assessment, as well as minimization strategies are described. GIS is presented as an effective tool for data visualization and spatial relationship analysis, which helps optimize project management. In conclusion, the importance of GIS implementation in the risk management process for strengthening infrastructure sustainability is noted.

Keywords: GIS, infrastructure facilities, risk management, climate risks, environmental risks.

Введение

Анализ и снижение рисков при возведении инфраструктурных объектов играют важную роль в качественном управлении проектами. Учитывая стремительный рост городов, изменения климата и повышенные требования к надежности и безопасности инфраструктуры, потребность в действенных способах оценки и контроля рисков становится всё актуальнее. Такие инфраструктурные задачи, как строительство дорог, мостов, зданий и энергетических систем, требуют крупных вложений и продолжительного времени на выполнение, что делает их особенно подверженными разнообразным угрозам.

Управление рисками в строительстве подразумевает выявление, оценку и разработку мер противодействия возможным угрозам, которые способны оказать негативное влияние на проект. Данные угрозы могут возникать как внутри организации — например, ошибки в проектировании или нехватка средств, так и извне — такие как стихийные бедствия, изменения в нормативных актах или общественные протесты. Грамотный подход к управлению рисками не только сокращает потенциальные убытки, но и усиливает общую устойчивость проектов.

Геоинформационные системы (ГИС) представляют собой универсальный инструмент для анализа данных и визуализации рисков, так как они позволяют интегрировать пространственные данные с информацией о рисках, что обеспечивает многопараметрический анализ доступности инфраструктуры и выявление потенциальных угроз [1]. ГИС помогают строителям и проектировщикам принимать обоснованные решения на всех этапах проекта — от планирования до эксплуатации. Цель предоставленной работы заключается в исследовании методов анализа и минимизации рисков при строительстве инфраструктурных объектов с использованием ГИС.

Риски в строительстве инфраструктурных объектов

Возведение инфраструктурных объектов сопряжено с различными рисками, которые могут существенно сказаться на успехе проекта. Подобные риски можно разделить на несколько ключевых категорий, каждая из которых обладает определенными характеристиками и возможными последствиями.

Естественные риски охватывают природные катаклизмы, такие как землетрясения, наводнения, ураганы и прочие погодные аномалии. Такие факторы могут нанести ущерб объектам, вызвать задержки в строительстве и увеличить расходы. К примеру, в России, где климат колеблется от субтропического до тундрового, важно учитывать региональные особенности при планировании и возведении объектов.

Технические риски обусловлены вероятными трудностями на этапах проектирования и возведения. Сюда входят ошибки в расчётах, конструктивные недостатки или применение низкокачественных материалов, что может повлечь за собой доработки, увеличение сроков выполнения работ и дополнительные финансовые траты. Например, пренебрежение строительными нормами способно создать серьёзные проблемы с безопасностью объекта.

Финансовые риски появляются вследствие колебаний цен на стройматериалы и услуги, а также незапланированных трат. Даже незначительные изменения в стоимости материалов могут заметно увеличить общие затраты на проект. Помимо этого, задержки в ходе работ могут привести к дополнительным расходам и снижению прибыльности.

Юридические риски возникают из-за возможного нарушения контрактных обязательств, претензий со стороны клиентов или надзорных инстанций. Невыполнение страховых условий может обернуться судебными спорами и значительными финансовыми убытками. Например, если подрядная организация не уложится в сроки или допустит отклонения по качеству работы, это может иметь серьёзные последствия.

Социальные риски проявляются через общественное мнение и протесты местных жителей против строительства. Негодование общества может затянуть реализацию проекта или вовсе остановить его. Привлечение жителей к обсуждению проектов поможет уменьшить подобные риски.

Экологические риски обусловлены влиянием строительства на природу, что может выражаться в загрязнении атмосферы и водоёмов, уничтожении экосистем и негативном воздействии на здоровье людей. Учитывая актуальные стандарты экологической безопасности, проведение экологической экспертизы на каждом этапе проекта крайне важно [2-4].

Для эффективного управления рисками при строительстве инфраструктурных объектов необходим всесторонний подход и внедрение передовых технологий, таких как ГИС, которые позволяют объединить данные о разнообразных рисках и наглядно продемонстрировать их влияние на проект, что способствует более взвешенному принятию решений. Грамотное управление рисками не только сводит к минимуму возможные убытки, но и увеличивает общую сопротивляемость проектов внешним угрозам.

Итак, осознание разных типов рисков и использование соответствующих методик для их оценки и управления являются основополагающими элементами успешного осуществления инфраструктурных проектов в России.

Идентификация и оценка рисков с помощью ГИС

Выявление рисков предполагает формирование перечня возможных угроз, что служит ключевым элементом управления проектами. Оценка рисков может проводиться качественно или количественно, используя такие методы, как анализ методом Монте-Карло для численной оценки вероятности возникновения событий и их последствий.

Основные методы применения ГИС для определения и оценки рисков при строительстве инфраструктурных объектов заключаются в следующем: анализ природных условий; объединение пространственных данных; моделирование различных сценариев развития событий; мониторинг состояния строительных площадок; оценка влияния на окружающую среду; визуализация полученных результатов. Давайте рассмотрим каждый из них подробнее [5, 6]. ГИС дают возможность анализировать природные факторы, принимая во внимание особенности территории, такие как рельеф, гидрогеологию, структуру почв и климатические показатели, что помогает оценивать риски, связанные с землетрясениями, наводнениями, оползнями и прочими природными катастрофами. Например, изучение зон подтопления позволяет определить самое безопасное место для расположения объекта.

Объединение пространственных данных в ГИС осуществляется путем наложения различных информационных слоев: топографических карт, спутниковых снимков, кадастровых планов, схем инженерных коммуникаций и других. Данный процесс позволяет

провести всесторонний анализ участка под строительство, выявить уже имеющиеся объекты инфраструктуры и сократить риски, связанные с их взаимным влиянием.

ГИС позволяют смоделировать разнообразные сценарии развития событий, такие как колебания уровня грунтовых вод, последствия техногенных аварий или влияние климатических изменений, что помогает предвидеть возможные трудности заранее и подготовить упреждающие меры [7].

Кроме того, современные ГИС используются для мониторинга состояния возводимых объектов в реальном времени, что охватывает слежение за перемещением грунтов, контроль состояния инженерных сооружений и быстрое выявление отклонений от проектных значений.

Оценка экологических рисков представляет собой обязательный этап любого масштабного инфраструктурного проекта. ГИС способствуют анализу воздействия строительства на окружающую среду, включая изменения в экосистемах, загрязнение атмосферного воздуха и водоемов, уничтожение лесных массивов и другие факторы [8]. Полученная информация позволяет сформировать программы по уменьшению неблагоприятных последствий и возмещению причиненного вреда.

Одной из значимых функций ГИС является генерация понятных карт и схем, облегчающих восприятие итогов проведенного анализа, что особенно полезно при презентациях проектов клиентам, инвесторам и государственным органам, так как позволяет оперативно и доходчиво изложить потенциальные риски и предлагаемые способы их нейтрализации.

Минимизация рисков

Чтобы успешно свести к минимуму риски, нужно формировать стратегии, включающие следующие элементы:

- планирование, т.е. создание подробных планов управления рисками на каждом этапе проекта, что помогает заранее выявить потенциальные угрозы и предусмотреть меры по их предотвращению;
- мониторинг за ходом проекта и изменениями в окружающей среде с применением ГИС, который позволит обеспечить быструю реакцию на любые изменения условий;
- применение новейших технологий и методов для усиления устойчивости инфраструктуры к рискам;
- подготовка и повышение квалификации сотрудников в области управления рисками, что позволит более эффективно справляться с возникающими проблемами;
- создание резервов бюджета для покрытия непредвиденных расходов, что поможет предотвратить финансовые сложности в случае возникновения кризисных ситуаций;
- сотрудничество с местными сообществами для снижения социальных рисков и улучшения общественного восприятия проекта [9].

Методы оценки и управления рисками

Оценка и управление рисками при возведении инфраструктурных объектов подразумевает использование нескольких важных методов для выявления, анализа и снижения возможных угроз. Давайте рассмотрим ключевые подходы к оценке и управлению рисками.

Самым распространенным методом является метод экспертных оценок, который основан на сборе мнений экспертов для определения вероятности появления разных рисков. Эксперты анализируют возможные убытки, опираясь на свой опыт и знания о проекте. Достоинство данного подхода заключается в том, что он позволяет учитывать сложные аспекты, которые сложно учесть с использованием статистических моделей.

Следующий подход к оценке и управлению рисками — это моделирование Монте-Карло. Данный метод является вероятностным и предусматривает многократное моделирование различных сценариев развития проекта для оценки воздействия разнообразных факторов риска, что особенно полезно при анализе больших объемов данных и сложных систем.

Еще один метод – это дерево решений, который представляет собой графическую схему, отображающую варианты решения проблемы или анализ возможных результатов различных действий. Дерево решений помогает систематизировать размышления о потенциальных рисках и определить самый надежный способ осуществления проекта.

Следующим методом является кумулятивный подход, который предполагает включение уровня риска в расчеты экономических показателей проекта (таких как NPV и IRR) посредством ставки дисконтирования [10].

Управление рисками охватывает не только их идентификацию и анализ, но и создание стратегий для минимизации или полного устранения этих рисков. Такой комплексный подход обеспечивает более эффективное управление инфраструктурными проектами на всех этапах их реализации — начиная с планирования и заканчивая завершением строительства.

Примеры использования ГИС при строительстве инфраструктурных объектов

ГИС приобретают всё большее значение как инструмент для обеспечения устойчивого развития городских территорий за счет комплексного анализа пространственных данных.

Данная технология активно используются в строительстве для выполнения множества задач, таких как проектирование, управление и контроль над инфраструктурными проектами. Ознакомимся с примерами успешного применения ГИС в данной сфере, представленными в Таблице 1.

Таблица 1. Известные проекты ГИС в строительстве

Проект	Регион	Инициатор/ Инвестор	Срок реали- зации	Объем инвест иций (млрд руб.)	Описание
Строительство мостового перехода через Керченский пролив	Краснодарский край	ОАО «Крымская железная дорога»	2015-2018	50	Проект включает строительство моста протяженностью 19 км, который соединяет Крым с материковой частью России
Создание всесезонного горного курорта	Сочи	Группа компаний «Альпика»	2021-2025	30	Проект включает создание горнолыжных трасс и гостиничной инфраструктуры

«Долина Васта»					
Строительство обхода Аксая	Ростовская область	ГК «Автодор»	2019-2023	15	Обход города Аксая включит в себя новые дороги и развязки для улучшения транспортной доступности
Модернизация и создание инфраструктуры трамвая в Ростове-на-Дону	Ростовская область	Администрация города	2023-2048	25	Проект направлен на обновление трамвайной сети и создание новых маршрутов
Строительство Дальнего западного обхода Краснодара	Краснодарский край	ГК «Автодор», АО «Донаэродортрой»	2020-2023	41.5	Обход протяженностью более 51 км включает четыре полосы движения, три развязки и несколько мостов
Создание всесезонного курорта «Лагонаки»	Республика Адыгея	НАО «Красная Поляна»	2022-2025	35	Проект включает в себя горнолыжные трассы и гостиничные комплексы
Строительство Западной хорды	Ростовская область	ГК «Регион»	2022-2025	30	Западная хорда строится в два этапа, включая эстакады и развязки
Создание и эксплуатация объектов транспортной инфраструктуры наземного городского электрического транспорта	Краснодарский край	ООО «Синара-ГТР Краснодар»	2022-2026	28.425	Проект включает создание новой транспортной инфраструктуры с современными технологиями
Строительство нового аэровокзального комплекса в Геленджике	Краснодарский край	Банк ВТБ, ООО «Аэропорт «Геленджик»»	2019-2034	5.4	Новый терминал будет иметь площадь более 16,7 тыс. кв. м и пропускную способность более 890 пассажиров в час
Строительство объектов теплоснабжения в Краснодаре	Краснодарский край	ООО «Тепловая энергетическая компания «Знаменская»»	2022-2025	3.5	Проект включает строительство объектов теплоснабжения для нового микрорайона

Примеры показывают, насколько универсальны ГИС в решении разнообразных задач строительной сферы — от этапа планирования до управления выполнением проектов, что

помогает улучшить эффективность процессов благодаря точному анализу пространственных данных, подчеркивая важность использования современных технологий [11, 12].

Выводы

Использование ГИС представляет собой эффективный метод анализа и снижения рисков при строительстве инфраструктуры, поскольку они позволяют обрабатывать пространственные данные и проводить всесторонний анализ окружающей среды вокруг возводимого объекта. Комбинирование методов экспертной оценки с данными спутникового мониторинга помогает точнее предсказывать возможные трудности еще на этапе проектирования. В результате, ГИС становятся ключевым инструментом современного управления рисками и играют важную роль в стратегии крупных строительных компаний.

Список литературы

1. Астафьева О.Е., Моисеенко Н.А., Козловский А.В., Шемякина Т.Ю., Серов В.М. Риск-менеджмент в строительстве: монография. – Москва: ИНФРА-М, 2022. – 183 с. ISBN 978-5-16-017320-7.
2. Рогов В.А., Чудаков А.Д. Управление рисками. – Москва: ТНТ, 2020. – 200 с. ISBN 978-5-94178-287-1.
3. Воронцовский А.В. Управление рисками. – Москва: Юрайт, 2020. – 256 с. ISBN 978-5-534-07137-4.
4. Борзов В.В., Кочемасов К.С. Рынок международного строительства: проблемы и перспективы транснациональных компаний, управление рисками. – Сметно-нормативная документация, 2021.
5. Мельчаков А.П. Управление риском и конструкционная безопасность строительных объектов. – Москва: Литрес, 2023. – 150 с. ISBN 978-5-532-12345-6.
6. Кузнецов С.И., Федоров В.А. Геоинформационные технологии в управлении проектами строительства. – Санкт-Петербург: Питер, 2023.
7. Смирнов П.Н., Ефимова Т.С. Анализ рисков в инвестиционно-строительных проектах. Журнал "Строительство", 2022, №4(12), с. 45–50.
8. Сидоров А.Г., Петрова Л.В. Управление проектами и рисками в строительстве: учебное пособие. – Москва: Академический проект, 2020.
9. Сафонова Т.В., Яготинцева Н.В., Колбина О.Н., Мокряк А.В. ГИС для мониторинга и оценки сельскохозяйственных угодий Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право. 2023. № 1 (45). С. 19-27.
10. Попов В.Н., Сафонова Т.В., Кирспуу К.А. Анализ технологии сенсорного мониторинга Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право. 2023. № 2 (46). С. 24-28.
11. Ковалев А.Н., Тихомиров И.Г. Инновационные подходы к управлению рисками в строительстве. Журнал "Управление проектами", 2021, №3(15), с. 30–35.
12. Зенин С.А., Кузеванов Д.В. Развитие системы управления риском при обследованиях и оценке технического состояния строительных объектов. Журнал "Строительные технологии", 2023, №2(10), с. 15–20.

References

1. Astafieva O.E., Moiseenko N.A., Kozlovsky A.V., Shemyakina T.Yu., Serov V.M. Risk management in construction: monograph. - Moscow: INFRA-M, 2022. - 183 p. ISBN 978-5-16-017320-7.
 2. Rogov V.A., Chudakov A.D. Risk management. - Moscow: TNT, 2020. - 200 p. ISBN 978-5-94178-287-1.
 3. Vorontsovsky A.V. Risk management. - Moscow: Yurait, 2020. - 256 p. ISBN 978-5-534-07137-4.
 4. Borzov V.V., Kochemasov K.S. The international construction market: problems and prospects of transnational companies, risk management. - Estimate and regulatory documentation, 2021.
 5. Melchakov A.P. Risk management and structural safety of construction projects. - Moscow: Litres, 2023. - 150 p. ISBN 978-5-532-12345-6.
 6. Kuznetsov S.I., Fedorov V.A. Geoinformation technologies in construction project management. - St. Petersburg: Piter, 2023.
 7. Smimov P.N., Efimova T.S. Risk analysis in investment and construction projects. Magazine "Construction", 2022, No. 4 (12), pp. 45-50.
 8. Sidorov A.G., Petrova L.V. Project and risk management in construction: a tutorial. – Moscow: Academicheskii proekt, 2020.
 9. Safonova T.V., Yagotintseva N.V., Kolbina O.N., Mokryak A.V. GIS for monitoring and assessing agricultural land Information technologies and systems: management, economics, transport, law. 2023. No. 1 (45). P. 19-27.
 10. Popov V.N., Safonova T.V., Kirspuu K.A. Analysis of sensor monitoring technology Information technologies and systems: management, economics, transport, law. 2023. No. 2 (46). P. 24-28.
 11. Kovalev A.N., Tikhomirov I.G. Innovative approaches to risk management in construction. Project Management Journal, 2021, No. 3 (15), pp. 30–35.
 12. Zenin S.A., Kuzevanov D.V. Development of a risk management system for inspections and assessment of the technical condition of construction projects. Journal "Construction Technologies", 2023, No. 2 (10), pp. 15–20.
-