

**ВЛИЯНИЕ ВНЕДРЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ
УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ**¹*В.М. Крашенинников, ²К.О. Варзар*¹Государственный Университет Управления, Москва, email: vld.krasheninnikov@gmail.com²Государственный Университет Управления, Москва, email: Kirillv.2001@yandex.ru

Аннотация. Актуальность исследования предопределена возрастающей сложностью управления строительными проектами, включая постоянную динамику роста цен на материалы, дефицит квалифицированных кадров, ужесточения требований к срокам и бюджету на строительство объектов. Статья посвящена анализу влияния технологий искусственного интеллекта на повышение результатов и эффективности управленческих решений в строительной сфере. Проанализированы базовые направления использования технологий ИИ, включая предиктивную аналитику для управления рисками, оптимизацию логистики поставок с автоматизацией контроля качества. Установлено, что внедрение технологий ИИ на базе предиктивных моделей, дает возможность снижать бюджетный перерасход средств на проекты – в среднем около 15-20%, а технологии системы компьютерного зрения способны сокращать число дефектов на 25-30%. В целях развития методического инструментария была предложена концептуальная модель интеграции технологий искусственного интеллекта в систему принятия управленческих решений строительной компании.

Ключевые слова: технологии искусственного интеллекта, управленческие решения, строительная сфера, предиктивная аналитика, технологии компьютерного зрения, цифровая трансформация, оптимизация затрат в строительстве.

**THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IMPLEMENTATION ON THE EFFICIENCY
OF MANAGERIAL DECISIONS IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY**¹*V.M. Krasheninnikov, ²K.O. Varzar*¹ State University of Management, Moscow, email: vld.krasheninnikov@gmail.com² State University of Management, Moscow, email: Kirillv.2001@yandex.ru

Abstract. The relevance of the study is determined by the increasing complexity of construction project management, including the constant dynamics of rising prices for materials, a shortage of qualified personnel, and stricter requirements for deadlines and budgets for the construction of facilities. The article is devoted to the analysis of the impact of artificial intelligence technologies on improving the results and effectiveness of management decisions in the construction sector. The basic directions of using AI technologies are analyzed, including predictive analytics for risk management, optimization of supply logistics with automation of quality control. It has been established that the introduction of AI technologies based on predictive models makes it possible to reduce budget overruns on projects – on average about 15-20%, and computer vision system technologies are able to reduce the number of defects by 25-30%. In order to develop methodological tools, a conceptual model for integrating artificial intelligence technologies into the management decision-making system of a construction company was proposed.

Keywords: artificial intelligence technologies, management solutions, construction sector, predictive analytics, computer vision technologies, digital transformation, cost optimization in construction.

Дата поступления статьи в редакцию: 25.11.2025

Дата принятия статьи в печать: 15.01.2026

Введение

В последние десятилетия искусственный интеллект уверенно проникает в различные сферы жизни и деятельности человека, значительно улучшая процессы, которые раньше считались исключительно человеческими. Современная строительная отрасль, также столкнулась с беспрецедентным уровнем сложности, особенно в сфере влияния искусственного интеллекта на эффективность управленческих решений.

Строительная отрасль была, остаётся и продолжает оставаться одной из наименее цифровизированных сфер мировой экономики. При этом около 98% крупных проектов сталкиваются с превышением

бюджета, а около 80 — со срывами первоначальных сроков реализации [1]. Сложившиеся проблемы — волатильность цен на сырье, дефицит кадров, ужесточение экологических стандартов, необходимость управления большими массивами данных, постоянно требуют новых и современных подходов к процессу управления. Традиционные методы принятия управленческих решений, которые были основаны преимущественно на человеческом опыте и экспертных оценках, просто не способны с оперативной точностью реагировать на происходящие трансформации и изменения. Технологии ИИ предлагают огромный потенциал для кардинального преобразования всех управленческих процессов.

Цель исследования

Целью исследования является анализ, количественная оценка влияния внедрения технологий искусственного интеллекта (ИИ) на эффективность управленческих решений на разных этапах жизненного цикла строительного проекта.

Для достижения цели были поставлены задачи:

1. Провести теоретический анализ существующих методологических подходов к применению технологий искусственного интеллекта в управлении.
2. Эмпирическим путем проанализировать статистические данные внедрения технологий ИИ в управленческие решения в строительной отрасли.
3. Разработать концептуальную модель интеграции искусственного интеллекта в систему управления строительных компаний.

Теоретический анализ

Теоретико-методологический анализ современных исследований в сфере цифровизации и влияния ИИ на эффективность управленческих решений в строительной отрасли позволяет идентифицировать системные предпосылки трансформации управленческих решений. В соответствии с концепцией, которая была представлена в фундаментальном исследовании Global Institute [7], строительная сфера характеризуется огромным потенциалом повышения производительности за счет внедрения ИИ и перехода к цифровизации. Приоритетная роль ИИ в переходе от реактивных к проактивным управленческим моделям находит свое подтверждение в исследованиях Б.Н. Панасенко и А.А. Анисимова [4], которые подчеркивают, что происходит постоянно трансформирующее влияние интеллектуальных систем на сложившуюся методологию управления проектами.

Современный научный дискурс выделяет ряд методологических направлений внедрения ИИ в строительной отрасли. Теоретической базой предиктивной аналитики, которая основана на машинном обучении «Machine Learning, ML», выступают разработки D. Bryde с соавторами [8], которые демонстрируют возможности прогнозирования рисков с оптимизацией временных параметров строительных проектов.

Огромный методологический потенциал включает обработка естественного языка «NLP», внедрение которой для анализа проектной документации с контрактами, позволяет осуществлять диагностику юридических и технических рисков еще на ранних этапах. Данное направление коррелирует с исследованиями П.Г. Грабового, а также М.В. Нестеренко [2] в сфере управления рисками строительных проектов.

Особый теоретический интерес представляет компьютерное зрение «Computer Vision», методологическая база которого, согласно анализу Y. Pan и L. Zhang [9], обеспечивает открывающиеся возможности автоматизированного мониторинга на строительных площадках. Оптимизационные алгоритмы для управления цепочками поставок «Supply Chain Management, SCM» находят свое теоретическое обоснование в исследованиях «MarketsandMarkets» [6], в которых раскрывается их предназначение в направлении создания адаптивных логистических систем.

Анализ терминологического аппарата, представленный в работе Е.Ю. Вороновой и С.С. Иванова [1], дает возможность операционализировать понятие «эффективности управленческих решений» посредством системы взаимосвязанных показателей, включающих индексы выполнения бюджета «Cost Performance Index, CPI», а также соблюдения графика «Schedule Performance Index, SPI», включая параметры качества с безопасностью. Согласно свидетельству проведенного исследования «Autodesk и Dodge Data & Analytics» [5], несмотря на всесторонний теоретический задел, сохраняется методологический пробел, касаясь комплексных исследований, которые количественно производят оценку совокупного влияния ИИ на интегральные показатели эффективности. П.П. Олейник, А.В. Смирнов [3] отметили недостаточную разработанность методик интеграции разрозненных AI-инструментов в единые системы поддержки принятия решений «DSS — Decision Support System», что в результате, ограничивает реализацию синергетического эффекта, связанную с цифровой трансформацией строительной сферы.

Эмпирический анализ

Эмпирический анализ данных и практики внедрения позволяет верифицировать теоретический материал, а также получить количественные оценки. Согласно исследованию «Autodesk и Dodge Data & Analytics» — 25% строительных компаний, которые наиболее активно используют технологии ИИ, отмечают улучшение динамики бюджетного управления [3]. Рассмотрим основные сферы эмпирически подтвержденного применения.

Таблица 1

Эмпирически подтвержденные эффекты внедрения технологий ИИ в строительной сфере

Направление внедрения ИИ	Технологии и платформы	Количественные показатели эффективности	Эмпирические данные
Управление проектами и рисками	«nPlan», «Alice Technologies» (предиктивная аналитика)	– Точность прогнозирования рисков: до 85% – Количество идентифицированных критических рисков: 12 ед. – Предотвращенные убытки: 4,5 млн фунтов стерлингов	На примере проекта строительства моста в Великобритании
Контроль качества и безопасности	«OpenSpace», «Doxel» (компьютерное зрение + BIM)	– Снижение затрат на переделку: 250 000 долл. США – Рост рынка решений ИИ для контроля качества: с 395 млн (2020) до 1,8 млрд долл. (2025) – Площадь мониторинга: 50 000 кв. м.	Коммерческий объект с использованием системы Doxel. Прогноз «MarketsandMarkets»
Оптимизация логистики и УЦП	Caterpillar (AI-прогнозирование)	– Повышение точности прогнозов спроса: 30% – Снижение логистических издержек: 15% – Устойчивость к внешним шокам цепочек поставок	В условиях глобального кризиса 2021 – 2023 гг.
Общая эффективность	Комплексное внедрение ИИ	– Доля компаний, отметивших улучшение управления бюджетами: 25%	Исследование «Autodesk и Dodge Data & Analytics» [3]

В направлении внедрения ИИ в управление проектами и рисками, платформы на основе ИИ: «Alice Technologies» или «nPlan», анализируют исторические данные тысяч проектов в целях прогнозирования сроков, а также выявления потенциальных задержек. Компания «nPlan» заявляет, что технологии ее алгоритмов способны предсказать риски срыва сроков — вплоть до 85%. На примере проекта строительства моста в Великобритании применение предиктивной аналитики дало возможность идентифицировать 12 критических рисков, которые не были выявлены традиционными методами. Данный аспект предотвратил потенциальные убытки — около 4,5 млн. фунтов стерлингов.

В направлении — контроль качества и безопасности, технологии компьютерного зрения, которые были интегрированы в камеры на стройплощадках, в таких как: от компании «OpenSpace», «Doxel», в онлайн режиме анализируют ход работ, сверяя его с BIM-моделями «Building Information Modeling». Системой «Doxel» было зафиксировано на коммерческом объекте площадью 50000 кв. м. отклонения в укладке трубопровода на ранней стадии. Выявленная вовремя проблема позволила избежать затрат на переделку в размере около 250000 американских долларов. Аналитики «MarketsandMarkets» прогнозируют, что рынок решений технологий ИИ, ориентированный на контроль качества в строительной сфере вырастет с 395 млн. долларов в 2020 г. и достигнет показателя 1,8 млрд. долларов уже к 2026 г. [4]. В сфере оптимизации логистики и управления цепочками поставок, алгоритмы технологий ИИ оптимизируют графики поставок материалов с учетом множества переменных, включая погодные условия, загруженность дорог, производственные мощности поставщиков. Компания «Caterpillar» внедрила систему ИИ для прогнозирования спроса на запчасти, что, в результате, повысило точность прогнозов на 30%, при этом, сократило логистические издержки на 15%. Глобальный кризис в цепочках поставок 2021–2023 г. ускорил внедрение систем на основе ИИ, которые доказали свою устойчивость к внешним воздействиям. Таким образом, выявленная проблема, на устранение которой направлена статья, заключается в отсутствии целостной модели, которая бы связывала точечные применения технологий ИИ с уровнями управленческих решений, включая стратегический, тактический и операционный, для максимизации достижения синергетического эффекта.

Результаты исследования

На основе проведенного анализа была разработана концептуальная модель интеграции технологий ИИ в систему принятия управленческих решений строительной компании (рис. 1).

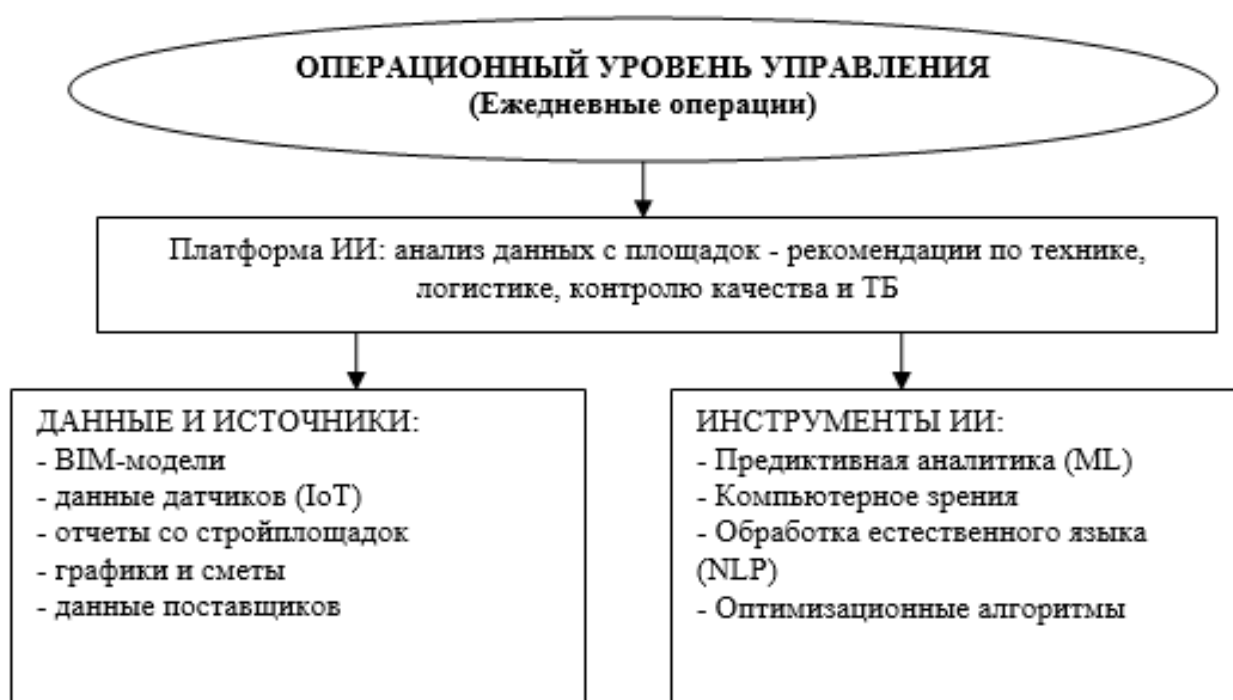


Рис. 1. Модель интеграции ИИ в систему принятия управленческих решений

Предложенная модель реализует принцип сквозной аналитики, в которой данные, аккумулируемые на операционном уровне — «BIM-модели», «показания датчиков IoT», «оперативная отчетность с площадок», преобразовываются благодаря платформе ИИ в аналитическую иерархию. На операционном уровне предусмотрена генерация оптимизационных рекомендаций для решения текущих задач, включая автоматизированное распределение техники, мониторинг соблюдения норм безопасности, а также предварительную приемку выполненных работ. На тактическом уровне предпринимается агрегация с прогнозной аналитикой, результатом которой служат обоснованные прогнозы выполнения плановых показателей, оптимизированные модели управления закупками, а также идентификация проектных рисков. На стратегическом уровне производится синтез полученных данных всего проектного портфеля, включая макроэкономические индикаторы и рыночные нововведения. Данное направление создает основу для сценарного планирования долгосрочного развития строительной компании.

Ключевым элементом новизны разработанной модели является комплексный и системный ее характер, который способен быть противопоставляемым в отношении фрагментарных и точечных решений. Модель обеспечивает целостную картину управления решениями, в которых данные с аналитическими выводами циркулируют между всеми организационными уровнями, принципиально повышая координацию и обоснованность управленческих решений, при этом, устраняется традиционный разрыв между операционной деятельностью и стратегическим планированием в строительной отрасли.

На основе разработанной концептуальной модели, представленной на (рис. 1) была проведена оценка потенциальной эффективности ее внедрения, которая выражалась в количественных метриках. Комплексная интеграция разработанной платформы с технологиями ИИ, сможет стать связующим элементом операционного, тактического и стратегического уровней при принятии управленческих решений, которая будет прогнозировать достижения синергетического эффекта в процессе повышения базовых показателей проектной деятельности в строительной сфере.

На операционном уровне сможет осуществляться обработка данных, которая будет поступать со строительных площадок в режиме онлайн, а внедрение алгоритмов оптимизации с технологиями компьютерного зрения, сможет обеспечить прямой измеримый результат. Ожидается снижение логистических издержек до уровня 10–15% за счет динамического перерасчета логистических маршрутов в процессе поставок, с сокращением числа инженерных дефектов на 25–30% за счет автоматизированного сопоставления данных «BIM-моделей» с фото- и видеоматериалами с объекта строительства. Параллельно предиктивный анализ данных с датчиков состояния оборудования будет минимизировать непродуктивные простои специализированной строительной техники до уровня 15–20%.

На тактическом уровне управления строительными проектами основополагающий вклад вносит внедрение предиктивных моделей машинного обучения. Анализ консолидированных данных прошлых лет, наряду с современным состоянием, позволит с высокой точностью прогнозировать риски перерасхода бюджета, а также срыва сроков. Внедрение данных инструментов обеспечит сокращение стоимости проектов на 15–20% и сможет повысить индекс выполнения запланированного расписания на 10–15%. За счет раннего выявления отклонений, инициированного на операционном уровне, затраты на устранение дефектов, а также переделку работ на тактическом уровне смогут снижаться до уровня 20–25%.

На стратегическом уровне ценность модели заключается в процессе перехода к обоснованному сценарному планированию. Обработка естественного языка «NLP» для анализа рыночной конъюнктуры и правовой базы, включающей глубокую аналитику внутреннего портфеля проектов, сможет повысить точность долгосрочного планирования на 20–25%. Автоматизация сбора с первичным анализом больших массивов стратегической информации сокращает время для принятия обоснованных управленческих решений на 30–40%.

Совокупный синергетический эффект, связанный со сквозной интеграцией всех элементов модели, будет выражаться в нелинейном улучшении результативных экономических показателей. Согласно данным экспертных оценок, основанных на экстраполяции данных из успешной практики внедрения, полная реализация данной модели может привести к совокупному сокращению общих затрат по строительным проектам на 18–25%, росту общей производительности от 15 до 20%, а также снижению интегрального риска срыва проектных показателей до уровня 30–35%. Разработанная модель может служить не только теоретической конструкцией, но и инструментом для количественного прогнозирования экономической целесообразности при переходе к технологиям ИИ при принятии управленческих решений в строительной отрасли.

Научная новизна и авторский вклад данного исследования заключаются в последовательной разработке, в обосновании системного подхода к интеграционным технологиям ИИ в целом, в управленческий цикл всей строительной организации. В отличие от преобладающих в научных литературных источниках «точечных» исследований, посвященных некоторым отдельным инструментам технологий ИИ, данная работа предлагает целостное решение.

Авторский вклад включает следующие положения: была осуществлена комплексная систематизация, а также, проведена количественная верификация эффектов от внедрения технологий ИИ по основным функциональным строительным сферам. На основе критического анализа отраслевой статистики были установлены, а также обоснованы определенные метрики, включая снижение перерасхода бюджетных средств на 15–20%, сокращение числа дефектов на 25–30% при уменьшении непродуктивных простоев на 15–20%. Данный вклад позволяет перейти от качественных оценок потенциала технологий ИИ к количественно измеримым прогнозам экономической эффективности строительной отрасли.

В качестве основного элемента вклада была разработана оригинальная концептуальная модель, устанавливающая структурно-функциональные связи между инструментарием технологий ИИ, включая предиктивную аналитику, технологии компьютерного зрения и «NLP» с трехуровневой иерархией управленческих решений на стратегическом, тактическом и операционном уровнях. Модель реализует принцип сквозной аналитики, обеспечивая трансформацию первичных операционных данных «BIM», «IoT» в согласованную аналитику для каждого управленческого уровня, устраняя традиционный разрыв между стратегическим планированием с операционной деятельностью в строительстве.

Был сформулирован комплекс практических рекомендаций, которые включали поэтапный алгоритм внедрения разработанной модели. Рекомендации включают инициирование процесса с пилотных проектов в сфере контроля качества или управления рисками, с последующим инвестированием в формирование структурированных данных в качестве ключевого актива строительной компании, и обязательное проведение обучения персонала в целях эффективной интерпретации результатов работы системы ИИ и принятия на их основе обоснованных решений.

Область практического применения результатов включает управленческую деятельность большого круга субъектов строительной отрасли, начиная с генеральных подрядчиков, девелоперских, проектных компаний, заканчивая — консалтинговыми организациями, специализирующимися на цифровой трансформации. Внедрение разработанной модели сможет обеспечить достижение синергетического эффекта, который будет выражаться в прогнозируемом совокупном сокращении перерасхода бюджетных средств на 20–25% с уменьшением сроков реализации проектов на 15–20%, за счет проактивного управления, скоординированной деятельности в процессе принятия управленческих решений на всех организационных этапах.

Выводы

Проведенное исследование констатирует, что цифровая трансформация строительной отрасли, при внедрении технологий ИИ, детерминирует необходимость пересмотра традиционных управленческих подходов. Эмпирическим путем было установлено, что реализация потенциала технологий ИИ носит нелинейный характер, достигая максимальной эффективности при условии системной интеграции аналитических инструментов в единый «контур» управления. Разработанная в ходе исследования модель, которая синтезирует операционные данные, тактические алгоритмы, включая стратегические ориентиры, демонстрирует способность генерировать синергетический эффект, существенно оптимизируя ключевые показатели проектов.

Приоритетная роль технологий ИИ наиболее явно проявляется в трансформации процессов риск-менеджмента, при переходе от реактивных к предиктивным моделям, позволяя минимизировать финансовые потери, формируя современные компетенции упреждающего управления. Одновременно наблюдается качественное изменение в отношении контроля качества строительно-монтажных работ, в которых системы компьютерного зрения способны сформировать объективную и непрерывную систему мониторинга, нивелируя субъективный фактор. В аспекте управления цепочками поставок внедрение системы ИИ в процессе оптимизации, создает предпосылки для формирования адаптивных логистических «экосистем», которые будут устойчивы к внешнему воздействию.

Для практической реализации выявленных преимуществ был сформирован структурный алгоритм внедрения, который предполагал последовательное внедрение «пилотных» решений с последующим масштабированием и переходом на комплексную систему управления строительной сферой. Особенно важным трансформационным элементом является формирование архитектуры данных с развитием кадрового потенциала, который будет способен к эффективной интерпретации аналитики.

Перспективы дальнейших исследований видятся в конвергенции технологий, связанных с искусственным интеллектом, с распределенными реестрами для создания прозрачных систем, в том числе и в разработке методологической оценки киберустойчивости цифровых строительных «экосистем». Дальнейшая разработка отраслевых стандартов зрелости технологий ИИ станет необходимым условием для распространения успешной практики и формирования единого методологического пространства цифровой трансформации строительной отрасли.

Литература

1. Воронова Е.Ю., Иванов С.С. Методические подходы к оценке экономической эффективности внедрения цифровых технологий на предприятии // Финансы и бизнес. 2020. № 2. С. 124.
2. Грабовый П.Г., Нестеренко М.В. Риски современных строительных проектов и методы управления ими. М.: Издательство «КУРС», 2020. 215 с.
3. Олейник П.П., Смирнов А.В. Цифровая трансформация строительной отрасли: вызовы и возможности // Экономика и управление. 2022. № 5(187). С. 45– 53.
4. Панасенко Б.Н., Анисимов А.А. Искусственный интеллект в управлении проектами: новые вызовы // Российское предпринимательство. 2021. Т. 22. № 4. С. 935– 952.
5. Autodesk, Dodge Data & Analytics. Artificial Intelligence in Construction: A Preliminary Report. 2021. 45 p.
6. Artificial Intelligence in Construction Market by Component, Deployment Type, Organization Size, Application (Project Management, Field Management, Risk Management, Schedule Management, Supply Chain Management, and Others), and Industry Vertical: Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2020–2025. MarketsandMarkets, 2021.
7. McKinsey Global Institute. Reinventing Construction: A Route to Higher Productivity. February 2017. 68 p.
8. Bryde D., Broquetas E., Volm J.M. The benefits of project management in a non-project-based environment // International Journal of Project Management. 2022. Vol. 31. № 4. P. 578–588.
9. Pan Y., Zhang L. Roles of artificial intelligence in construction engineering and management: A critical review and future trends // Automation in Construction. 2021. Vol. 122. P. 103517. DOI: 10.1016/j.autcon.2020.103517 EDN: TXFZKN.