

## ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СФЕРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

ДРОЗДОВА Е.С.<sup>1</sup>, САВРАС А.Р.<sup>2</sup>, КАРНЕЙЧИК В.В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>студент специальности 1-08 01 01-05

<sup>2</sup>студент специальности 1-08 01 01-05

<sup>3</sup>к.э.н., доцент, доцент кафедры

Белорусский национальный технический университет  
г.Минск, Республика Беларусь

*Применение искусственного интеллекта имеет огромное значение для развития строительной сферы производства. Главными преимуществами внедрения искусственного интеллекта в строительстве являются: снижение издержек, сокращение сроков проектирования, уменьшение рисков и ошибок, решение проблем, связанных с недостатком рабочей силы.*

*В работе рассмотрены современные инновационные технологии, применяемые в строительстве, описаны положительные стороны их использования, выявлены преимущества использования искусственного интеллекта на разных стадиях жизненного цикла объектов недвижимости, проанализированы проблемы внедрения искусственного интеллекта в сферу строительства.*

*Результаты исследования расширяют знания о значении и преимуществах использования искусственного интеллекта, позволяют оценить полезность его использования в сфере строительства.*

Ключевые слова: искусственный интеллект, информационное моделирование, жизненный цикл объекта недвижимости.

## APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN CONSTRUCTION

Drozдова E. S.<sup>1</sup>, SAURAS A.R.<sup>2</sup>, CARNEICHIK V.V.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>student of the speciality 1-08 01 01-05

<sup>2</sup>student of the speciality 1-08 01 01-05

<sup>3</sup>senior lecturer of the department «Economics, organization of construction and real estate management»  
Belarusian National Technical University  
Minsk, Republic of Belarus

*The use of artificial intelligence is of great importance for the development of the construction industry. The main advantages of introducing artificial intelligence in construction are: reducing costs, reducing design time, reducing risks and errors, solving problems associated with a lack of labor.*

*The work examines modern innovative technologies used in construction, describes the positive aspects of their use, and identifies the advantages of using artificial intelligence at different stages of the life cycle of real estate objects, the problems of introducing artificial intelligence into the construction sector are analyzed.*

*The results of the study expand knowledge about the meaning and benefits of using artificial intelligence and allow us to assess the usefulness of its use in the construction industry.*

Keywords: artificial intelligence, information modeling, life cycle of a real estate property.

## ВВЕДЕНИЕ

Сфера строительства играет важнейшую роль в структуре национальной экономики. Данный вид экономической деятельности значительно влияет на ВВП и связан с развитием территориальных образований, перспектив долгосрочного экономического роста.

Трансформация в мире происходит быстрыми темпами и скачкообразно. Прослеживается тенденция того, что компоненты систем искусственного интеллекта становятся все более сосредоточенными в руках крупных компаний, что влечет за собой риск для стран с отстающим уровнем развития, т.к. в будущем они станут технологически зависимыми. В связи с этим, в стратегии развития информатизации в Республике Беларусь на 2016–2022 гг. робототехника и искусственный интеллект названы в числе основных направлений в сфере информационных и коммуникационных технологий [10].

Кризис и экономическая неопределенность вносят изменения в функционирование строительных организаций. Чтобы оставаться востребованными и конкурентоспособными на рынке, строительные организации должны идти в ногу со временем. Строительные организации в этих условиях стремятся продвигать комплексные проекты строительства, позволяющие повысить эффективность деятельности и привлечь инвестиции. Для достижения максимальной эффективности строительного производства необходимо принятие оптимальных решений для разных производственных ситуаций, при этом решения должны быть приняты в кратчайший срок [4].

Искусственный интеллект дает возможность автоматизировать повторяющиеся процессы. Выполняет более широкий анализ крупных объемов данных с использованием нейронных сетей со многими скрытыми слоями. Глубокие нейронные сети позволяют искусственному интеллекту достичь беспрецедентного уровня точности, что, безусловно, играет большую роль в экономике [9].

По данным исследований, использование искусственного интеллекта позволяет сократить затраты на строительство до 20%.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования выявили значительный вклад, который технологии искусственного интеллекта могут внести в развитие и реализацию проектов строительства. Применение искусственного интеллекта в сфере строительства связано с выполнением типовых задач, проведением автоматических расчетов при визуализации, сборе данных, проектировании коммуникаций [7].

Искусственный интеллект в широком смысле это – это наука и технологии создания интеллектуальных машин и систем, которые могут выполнять творческие функции, традиционно считающиеся прерогативой человека.

В международном стандарте ISO/IEC 22989 под искусственным интеллектом понимают способность приобретать, обрабатывать, создавать и применять знания, определенные в форме модели для выполнения одной или нескольких поставленных задач [2].

Применение искусственного интеллекта в сфере строительства достаточно многогранно. Строительство требует организации больших объемов данных: контрактов, изображений, документирующих ход работ на строительной площадке, проектной документации, отгрузочных документов и накладных, отчетов руководителя проекта или координатора по безопасности. Искусственный интеллект может помочь каталогизировать и анализировать эти данные. Начиная с неструктурированных и разнородных данных (таких как электронные письма, документы и изображения), заканчивая упорядочением сводки и систематизацией информации по времени.

Искусственный интеллект в строительстве сопоставляет и анализирует огромное количество неструктурированных даны, генерируя при этом более точные оценки, сокращая бюджеты и отклонения от сроков примерно на 10–20%. Экономия времени сотрудников при этом составляет 10–30 % [1].

Искусственный интеллект только начинает развиваться и набирать популярность в строительной сфере, но уже широко используют следующие технологии:

- применение мобильных устройств для проектирования, координации и контроля качества строительного процесса;
- облачные технологии, используемые для управления проектной документацией, увеличения диапазона рабочих процессов, оптимизации процесса строительства;
- генеративный дизайн – подход к проектированию и дизайну цифрового или физического продукта;
- информационное моделирование;
- беспилотные летательные аппараты (БПЛА) с искусственным интеллектом начинают применять на строительных площадках;
- 3Dпечать промышленных изделий. Использование 3D печати позволяет увеличить номенклатуру одновременно прорабатываемых элементов, сократить затраты на подготовку производства, а также снизить время на принятие решений по выбору элементов [6]. Сначала искусственный интеллект анализирует цели, которые должен отвечать новый объект. Затем машина генерирует тысячи вариантов дизайна, из которых архитекторы выбирают оптимальный. На основе выбранного варианта создается 3D-модель.

Чисто специфической строительной задачей применения ИИ является автоматизация процесса классификации элементов BIM, что значительно экономит время.

Современные технологии в сфере строительного производства существенно изменили подход к проектированию и строительству зданий. Виртуальная реальность стала незаменимым инструментом для архитекторов и проектировщиков, позволяя им визуализировать здание в самых мельчайших деталях. Благодаря специальным программам и симуляторам, специалисты могут пройтись по будущей конструкции, оценить ее эргономику, функциональность и внешний вид еще до начала строительных работ. Однако виртуальная реальность - не единственное новшество, которое применяется в современном строительстве.

Робототехника также нашла свое применение на строительных площадках. Специальные роботы могут выполнять рутинные задачи, которые раньше выполняли строители. Они способны работать непрерывно и точно, не подвержены усталости и могут выполнять задачи в опасных условиях. Это позволяет существенно ускорить процесс строительства и повысить его эффективность.

Безопасность на стройке также была значительно улучшена благодаря использованию камер и датчиков. Они следят за соблюдением правил безопасности, определяют опасные ситуации и предупреждают о них. Также системы искусственного интеллекта, работающие на основе этих данных, могут контролировать все процессы на стройке в режиме реального времени. Это позволяет оперативно реагировать на возникающие проблемы и минимизировать риски.

На стройках вводятся инновационные технологии, позволяющие отслеживать действия строителей и обеспечивать безопасность на объекте. Датчики на одежде фиксируют их жизнедеятельность и сообщают о нарушениях правил безопасности.

Более того, современные технологии позволяют управлять строительством даже на расстоянии. С помощью специальных приложений на смартфонах можно контролировать и управлять строительной площадкой, находясь на расстоянии сотен километров от нее. Это особенно полезно для крупных проектов, когда необходимо постоянно быть в курсе происходящего и принимать оперативные решения.

С использованием технологии "цифровых двойников" возможно предсказывать развитие объекта на протяжении нескольких десятилетий вперед. При внесении изменений в цифровую копию объекта можно наблюдать за их влиянием на сам объект и окружающую среду, что позволяет выявить потенциальные ошибки еще на этапе проектирования. Используя дополненную реальность, можно провести тестирование будущего здания в различных условиях, таких как

землетрясение или сильные ветровые порывы. На ранних этапах проекта умные технологии могут провести обследование будущей строительной площадки и собрать необходимую информацию для создания трехмерных карт, чертежей и планов строительства.

Роботы и экзоскелеты уже используются на строительных площадках для выполнения рутинных задач, снижения стоимости проекта и повышения безопасности на стройке. Они помогают увеличить рабочую силу на объектах, снизить затраты на оплату труда и обеспечить выполнение проекта в срок. Несмотря на то, что многие из них еще не нашли массового распространения, использование «умной техники» на стройках становится все более популярным и востребованным [8].

Современный архитектурный процесс также претерпел изменения. Параметрическая архитектура проектируется с помощью программных комплексов. Инструментами для создания параметрических сооружений являются языки назначения параметров (например, Grasshopper) и среда моделирования (Rhino). Сейчас искусственный интеллект может анализировать тысячи чертежей и на их основе разрабатывать собственные концепции. Это позволяет расширить границы традиционного дизайна и привнести инновационные элементы в проекты. Например, искусственный интеллект может создать интеллектуальную планировку помещений, учитывая естественный поток воздуха и обеспечивая оптимальные условия для пребывания людей в здании.

Исходя из выше сказанного, в сфере строительства можно выделить следующие направления использования технологий искусственного интеллекта:

- Внедрение технологий 3D печати;
- Применение технологий модульного строительства;
- Использование мобильных технологий для контроля и удаленного управления;
- Цифровизация бизнес-процессов;
- Использование технологий виртуальной реальности;
- Применение дронов и роботов на стройке.

На разных стадиях жизненного цикла объекта недвижимости искусственный интеллект решает свои задачи (Таблица 1).

Таблица–1 Преимущества использования искусственного интеллекта на разных стадиях жизненного цикла объектов недвижимости.

Стадия жизненного цикла	Задачи	Преимущества использования ИИ
Пред-проектная	Анализ рынка недвижимости, выбор объекта недвижимости, формирование стратегии проекта, инвестиционный анализ, оформление исходно-разрешительной документации, привлечение кредитных инвестиционных средств.	Снижение рисков на основе набора данных предыдущих проектов, прогнозирование возможных проблем.

Стадия жизненного цикла	Задачи	Преимущества использования ИИ
Проектная	Организация финансирования, выбор архитектурно-инженерной группы, руководство проектированием, сокращение длительности стадий, повышение потребительских качеств объектов недвижимости, минимизация эксплуатационных затрат.	Экономия времени сбора информации создания 3D-карт, чертежей и планов строительства; Создание дизайна; Контроль качества технических решений; Уменьшение сроков подготовки проектно-сметной документации; Уменьшение вероятности ошибок в проектах; Возможность управления данными для корректировки стоимостных показателей; Автоматизация рутинных задач по проверке огромных объемов данных; Предоставление информации в режиме реального времени; Визуализация объекта в самых мельчайших деталях; Расширение границ традиционного дизайна и внесение инновационных элементов в проекты; Предотвращение перерасхода средств.
Строительства	Выбор подрядчика, координация ведения строительных работ, контроль качества строительства, составление смет затрат и расходов.	Экономия ресурсов; Повышение безопасности работ, в том числе за счет сбора всевозможной информации: биологические показатели сотрудников, геолокацию, уровень насыщенности воздуха вредными веществами и др.; Сокращение сроков ввода здания в эксплуатацию; Увеличение производительности труда; Снижение затрат на оплату труда; Выявление на начальной стадии ухудшение качества работ; Обучение сотрудников при помощи виртуальной и дополненной реальности; Предотвращение перерасхода средств; Компенсация нехватки рабочей силы; Контроль над материально-техническими ресурсами (учет использования, движения ресурсов и др.).
Эксплуатации	Обслуживание и ремонт, реконструкция.	Экономия в использовании ресурсов (электроэнергия, вода), снижение эксплуатационных расходов в размере до 20 %; Повышение безопасности и комфорта; Обнаружение потенциальных рисков объектов до того, как они произойдут; Увеличение жизненного цикла; Увеличение рентабельности инвестиций.

Источник – Собственная разработка автора на основании источников [1,5]

Несмотря на успехи, можно отметить некоторое отставание развития искусственного интеллекта в области строительства по сравнению с другими сферами деятельности. Так за последние несколько десятилетий мировая строительная индустрия выросла всего на 1 % в год. При этом темпы роста в обрабатывающей промышленности составляют 3,6 % и 2,8 % для всей мировой экономики [6].

Это связано с рядом существующих проблем, сдерживающих развитие искусственного интеллекта в строительном секторе экономики.

К ним относятся:

- правовое регулирование технологий искусственного интеллекта;
- удорожание строительства на начальных этапах внедрения;
- необходимость подготовки квалифицированных кадров;
- угроза сбоям, несанкционированного доступа с возможностью модификации заложенных программ и действий, последствия которых крайне сложно просчитать.

Кроме того, большинство рисков связаны с базовыми проблемами цифровой среды – киберпреступность, конфиденциальность данных, возможные сбои в системе [11].

Самая большая проблема в строительстве заключается в том, что на сегодняшний день слишком мало данных для работы искусственного интеллекта. В связи с этим, не хватает материала для поддержки процесса глубокого обучения машин. Кроме того, отмечается нехватка специалистов в области написания точных алгоритмов, задач, продуктов.

По мере того, как искусственный интеллект и автоматизация становятся все более распространенными, необходимо учитывать, как эти технологии повлияют на рабочие места, местную экономику и социальные структуры. Крайне важно, чтобы прогресс непреднамеренно не увеличивал социально-экономическое неравенство.

Широкое использование роботов и систем ИИ ставит перед законодательной системой вызовы, решение которых представляется невозможным без учета множества технических, юридических и нравственных аспектов.

В Республике Беларусь создание нейронных сетей и иных алгоритмов в специализированных разделах искусственного интеллекта, а также реализация результатов данной деятельности стимулируются посредством льготного правового и налогового режима, предоставленного Парку высоких технологий. Формирование условий для развития искусственного интеллекта наряду с другими атрибутами цифровой экономики определено в Беларуси как одна из государственных задач [12].

В долгосрочной перспективе искусственный интеллект позволит:

- снизить затраты на строительство, что в свою очередь приведет к экономии бюджета;
- повысить производительность труда, скорость выполнения операций;
- уменьшить вероятность ошибок моделирования и инжиниринга;
- повысить качество эксплуатации объектов;
- быстро и эффективно перераспределять цифровые ресурсы.

## ВЫВОДЫ

Благодаря технологиям искусственного интеллекта могут быть адаптированы и применены различные инновации в режиме реального времени и с низкими затратами.

Искусственный интеллект в строительстве способен обрабатывать огромные потоки данных и представлять проведенный анализ в удобной форме. Он может точно предсказывать закономерности, что помогает анализировать прошлые данные и предвидеть возможные будущие события. Система искусственного интеллекта может выявлять проблемные участки каждой конструкции и использовать большой набор данных предыдущих проектов для предсказания задержек в планировании, перерасхода средств и недостатка ресурсов, помогает повысить безопасность на строительных площадках и качество зданий.

В целом, современные технологии, такие как виртуальная реальность, робототехника, системы искусственного интеллекта и удаленное управление, значительно улучшили процесс проектирования и строительства зданий. Они позволяют увеличить эффективность, безопасность и инновационность проектов, открывая новые возможности для архитекторов и инженеров.

Искусственный интеллект позволяет ускорить процесс городского планирования во многих отношениях. Искусственный интеллект помогает городским дизайнерам и планировщикам создавать адаптивную городскую среду, которая управляется стратегиями, подкрепленными данными в режиме реального времени. Искусственный интеллект может помочь глубоко интегрировать устойчивые стратегии в городскую среду с помощью информации в режиме реального времени. Искусственный интеллект может помочь градостроителям определять маршруты, которые способствуют более эффективному управлению дорожным движением, справедливому использованию общественного транспорта, более разумным коммунальным службам с большей эффективностью.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. <https://www.planradar.com/ru/kak-iskusstvennyj-intellekt-menyaet-stroitelnyuyu-otrasl/>
2. INTERNATIONAL STANDARD ISO/IEC 22989 <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/74296/c4efbadbf1a146d4af6d62fcad09438f/ISO-IEC-22989-2022.pdf>
3. Абламейко, М.; Абламейко, С. Правовое регулирование взаимодействия систем искусственного интеллекта и человека / М. Абламейко, С. Абламейко // Наука и инновации. – № 1. – 2020. – с. 40-44.
4. Гинзбург, А.В., Кузина, О.Н., Рыжкова, А.И. Единая система маркировки ресурсов как способ развития искусственного интеллекта в строительстве / А.В. Гинзбург, О.Н. Кузина, А.И. Рыжкова // Научно-технический вестник Поволжья. – 2018. – № 5. – С. 189-192.
5. Голубова, О.С. Ценообразование в строительстве : учебное пособие / О. С. Голубова, Л. К. Корбан. – Минск : Высшэйшая школа, 2020. – 319 с.
6. Гончаров, И.Л., Сергеева, Л.А. Искусственный интеллект в строительстве / И.Л. Гончаров, Л.А. Сергеева // Строительство. Экономика и управление. – 2019. – № 1 (33). – С. 61-66.
7. Ивасюк Г.И., Лебедева К.Е.Н. Новые тренды и инновации в строительной отрасли // Экономические исследования и разработки. – 2023. – № 3-2. – С. 116-121.
8. Недвижимость Pride Group: Искусственный интеллект в сфере строительства: [Электронный ресурс]. – Москва: 6.06.2021г. URL: <https://dzen.ru/a/ZH8aILXge2xVgr-X>. (Дата обращения 25.10.2023).
9. Попов, В.Г., Галиаскаров, Д.Ф., Киселев, И.Д. Искусственный интеллект как основа развития концепции "Умный город" / В.Г. Попов, Д.Ф. Галиаскаров, И.Д. Киселев // Научный электронный журнал Меридиан. – 2021. – № 4 (57). – С. 183-185.
10. Стратегии развития информатизации в Республики Беларусь на 2016-2022 гг. // <http://http://e-gov.by/zakony-i-dokumenty/strategiya-razvitiya-informatizacii-v-respublike-belarus-na-2016-2022-gody>.
11. Тихонов В.А., Степанова Н.Р. Искусственный интеллект как интегратор процессов умного города // Фундаментальные исследования. – 2021. – № 12. – С. 197-202.
12. Толочко, О.Н. Тенденции правового регулирования объектов и технологий, связанных с искусственным интеллектом / О.Н. Толочко // Юстиция Беларуси. – 2019. – № 3. – С. 35–39.

## REFERENCES

1. <https://www.planradar.com/ru/kak-iskusstvennyj-intellekt-menyaet-stroitelnyuyu-otrasl/>
2. INTERNATIONAL STANDARD ISO/IEC 22989 <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/74296/c4efbadbf1a146d4af6d62fcad09438f/ISO-IEC-22989-2022.pdf>
3. Ablameiko, M., Ablameiko, S. Legal regulation of interaction between artificial intelligence systems and humans / M. Ablameiko, S. Ablameiko // Science and Innovation. – No. 1. – 2020. – p. 40-44.
4. Ginzburg, A.V., Kuzina, O.N., Ryzhkova, A.I. Unified resource marking system as a way to develop artificial intelligence in construction / A.V. Ginzburg, O.N. Kuzina, A.I. Ryzhkova // Scientific and technical bulletin of the Volga region. – 2018. – No. 5. – P. 189-192.
5. Golubova, O.S. Pricing in construction: textbook / O. S. Golubova, L. K. Korban. – Minsk: Higher School, 2020. – 319 p.
6. Goncharov, I.L., Sergeeva, L.A. Artificial intelligence in construction / I.L. Goncharov, L.A. Sergeeva // Construction. Economics and Management. – 2019. – No. 1 (33). – pp. 61-66.
7. Ivasyuk G.I., Lebedeva K.E.N. New trends and innovations in the construction industry // Economic research and development. – 2023. – No. 3-2. – pp. 116-121.
8. Pride Group Real Estate: Artificial Intelligence in the Construction Industry: [Electronic resource]. – Moscow: 6.06.2021 URL: <https://dzen.ru/a/ZH8aILXge2xVgr-X>. (Date of access: 10/25/2023).

9. Popov, V.G., Galiaskarov, D.F., Kiselev, I.D. Artificial intelligence as the basis for the development of the “Smart City” concept / V.G. Popov, D.F. Galiaskarov, I.D. Kiselev // Scientific electronic journal Meridian. – 2021. – No. 4 (57). – pp. 183-185.

10. Strategies for the development of informatization in the Republic of Belarus for 2016-2022. // <http://e-gov.by/zakony-i-dokumenty/strategiya-razvitiya-informatizacii-v-respublike-belarus-na-2016-2022-gody>.

11. Tikhonov V.A., Stepanova N.R. Artificial intelligence as an integrator of smart city processes // Fundamental Research. – 2021. – No. 12. – P. 197-202.

12. Tolochko, O.N. Trends in legal regulation of objects and technologies related to artificial intelligence / O.N. Tolochko // Justice of Belarus. – 2019. – No. 3. – P. 35–39.