
ФИНАНСЫ, БУХГАЛТЕРСКИЙ УЧЕТ И АНАЛИЗ

DOI: 10.34020/2073-6495-2021-3-081-095

УДК 65.01.005

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНОЙ СФЕРЕ РОССИИ

Городнова Н.В.

Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
E-mail: n.v.gorodnova@urfu.ru

Цифровизация российской экономики влечет за собой необходимость внедрения информационных технологий в строительную индустрию. Научная новизна исследования заключается в систематизации имеющегося в России опыта применения инноваций на всех стадиях строительного процесса, а также в развитии понятийно-категориального аппарата инновационности инвестиционно-строительной сферы. Сделан вывод о том, что применение инноваций, нанотехнологий и искусственного интеллекта повышает качество готового продукта, сокращает сроки и затраты строительства.

Ключевые слова: инвестиционно-строительная сфера, инновации, IT-технологии, BIM-технологии, нанотехнологии, искусственный интеллект, роботы.

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND NANOTECHNOLOGY IN THE INVESTMENT AND CONSTRUCTION SECTOR IN RUSSIA

Gorodnova N.V.

Ural Federal University
named after the First President of Russia B.N. Yeltsin
E-mail: n.v.gorodnova@urfu.ru

The digitalization of the Russian economy entails the need to introduce information technologies into the construction industry. The scientific novelty of the research lies in the systematization of the existing experience in the application of innovations in Russia at all stages of the construction process, as well as in the development of the conceptual and categorical apparatus of the innovativeness of the investment and construction sphere. It is concluded that the use of innovations, nanotechnology and artificial intelligence improves the quality of the finished product, reduces the time and costs of construction.

Keywords: investment and construction sphere, innovations, IT-technologies, BIM-technologies, nanotechnologies, artificial intelligence, robots.

ВВЕДЕНИЕ

Строительная отрасль является трудно восприимчивой к инновационным технологиям. Это проявляется в низком уровне затрат на НИОКР, консерватизме проектных и подрядных организаций, а также традиционализме контролирующих государственных органов. Однако в последнее десятилетие процесс внедрения инноваций в инвестиционно-строительную сферу (ИСС) заметно ускорился. Стали широко внедряться компьютерные методы моделирования всех стадий производственно-строительного цикла. Прогнозируется серьезная трансформация применяемых в отрасли сырья, материалов и строительных технологий, которая влечет за собой неизбежные организационную революцию в строительной отрасли и интеграцию взаимодействия архитекторов, проектировщиков, строительных и эксплуатационных служб.

Следует отметить, что темпы научно-технического прогресса (НТП) в строительстве тесно связаны со скоростью перехода на инновационные автоматизированные способы возведения строительных объектов, роботизированные комплексы и технологии с минимальным включением труда человека. Сегодня многие эксперты сходятся во мнении, что одной из перспективных тенденций в строительной индустрии является ускоренный переход к модели сборно-модульного домостроения, и, следовательно, к конвейерному производству объектов недвижимости с применением унифицированных панельных или модульных элементов и алгоритмов искусственного интеллекта (ИИ). Для этого необходимо широкое внедрение инновационных технологий, позволяющих сокращать сроки и стоимость строительно-монтажных работ при росте их качества. Исследованию данных ключевых направлений модернизации инвестиционно-строительного комплекса посвящена данная научная работа.

Основная цель работы – исследование путей повышения качества строительства с помощью инновационных технологий и искусственного интеллекта.

ПОНЯТИЕ ИННОВАЦИОННОСТИ В СТРОИТЕЛЬНОЙ СФЕРЕ

Экономическая результативность инновационных трансформаций в ИСС России характеризуется такими факторами, как повышение объемов капитального строительства, инновационные преобразования в технологии производства высокоэффективных материалов, а также эффективная система управления процессами. Использование достижений НТП в инвестиционно-строительной сфере неизбежно приводит к социально-экономическому прогрессу, проявляясь в изменениях в содержании труда, повышении уровня организации строительного производства и организационной культурой системы управления. Конкурентная среда рыночной экономики предъявляет повышенные требования к уровню профессиональных знаний и квалификации производственного и управленческого персонала, а также специалистов, занятых научно-исследовательскими разработками и проектной деятельностью.

Реализация инновационных подходов в строительном производстве ускоряет внедрение новых технологий и оборудования, повышает качество

планирования и организации производственно-строительного цикла и процесса принятия управленческих решений. Привлечение инвестиций в российскую строительную индустрию приводит к совершенствованию знаний и наработке практического опыта.

Приведем пример реализации пилотного проекта в г. Санкт-Петербург «Стокманн Невский Центр»¹. По данному проекту предполагается возведение торгово-офисного центра с подземным паркингом, в котором девять этажей располагаются над поверхностью земли, четыре – под землей. Уникальность проекта заключается в том, что строительство осуществлялось по инновационной технологии *top&down*, которая позволяет производить строительные-монтажные работы одновременно вверх и вниз от уровня земли. Это сокращает сроки строительства на 40 %.

Социально-экономический эффект строительства данного объекта состоит в создании 1000 высокотехнологических рабочих мест, поступлении в бюджет города налоговых сумм, развитии городской инфраструктуры, освоении городского подземного пространства, а также совершенствовании строительных технологий и приобретении работниками новых знаний и навыков в условиях плотной городской застройки.

Внедрение новейших технологий в ходе реализации проектов дает возможность повышения эффективности решений научно-технических, опытно-конструкторских, производственных, финансовых и организационно-управленческих задач. Оценивая социально-экономические аспекты инновационных трансформаций необходимо отметить их ключевую роль в решении проблемы обеспечения доступным и комфортным жильем граждан России [8].

Одной из первостепенных задач развития строительной индустрии является модернизация промышленных мощностей при производстве строительных материалов. К примеру, переход с «мокрого» способа производства цемента на «сухой» позволяет сократить затраты за счет экономии тепла на сушку и обжиг сырьевых материалов. По расчетам специалистов, эффективность «сухого» метода по сравнению с традиционным выше на 25–30 %, что позволяет обеспечить экономию 50 % тепловой энергии [5]. Себестоимость 1 т цемента, полученного при «сухом» способе, в 1,5–2 раза ниже [5]. Таким образом, за счет применения прогрессивных методов и модификации производства строительных материалов может быть достигнут экономический эффект в виде сокращения производственных затрат, повышения производительности и общего уровня конкурентоспособности.

Разработка и применение новых материалов, соответствующих современным архитектурным и конструктивно-техническим требованиям, также способствуют повышению качества возведения объектов недвижимости и общему уровню конкурентоспособности строительной компании. Применение нанотехнологий на различных стадиях формирования структуры бетона, к примеру, нанодисперсионных наполнителей и композитной арматуры, повышают прочностные качества бетона и его устойчивость к биологической коррозии. При этом необходимо отметить, что на сегодня

¹ «Невский центр»: пространство для партнерства. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.forbes.ru/partnerskie-materialy/429621-nevskiy-centr-prostranstvo-dlya-partnerstva> (дата обращения: 19.07.2021).

няшний день наиболее востребованными являются технологии, связанные с энергоэффективностью, использованием вторичного сырья и техногенных отходов.

Наращивание объемов монолитного домостроения диктует необходимость перехода на применение высокоэффективных опалубочных систем, обеспечивающих качество, скорость и надежность возведения зданий и сооружений. Высококачественные теплоизоляционные материалы (к примеру, газопенобетон, rockwool и т.п.) позволяют сократить теплопотери в жилых зданиях.

Повышение мотивации всех участников инвестиционно-строительного цикла связано с созданием условий и предпосылок к внедрению инновационных подходов, к примеру, получение государственного заказа на инновационные разработки в жилищном домостроении. Необходимо также создание экономических стимулов, способствующих внедрению принципов энерго- и материалосбережения путем предоставления налоговых льгот, различного рода государственных грантов и субсидий и т.п.

Особое значение приобретает деятельность архитекторов и проектировщиков, которые разрабатывают проекты возведения современных объектов недвижимости с учетом применения инновационных технологий и материалов. Основным критерием оценки эффективности строительных материалов и технологий является их соответствие требованиям технических регламентов и иным нормативным актам. В этой связи, применение инноваций в процессе их внедрения в массовое строительство требует пересмотра действующих норм и правил.

Применение принципов энергосбережения и энергоэффективности в текущий момент времени является одним из приоритетных направлений развития строительной индустрии, сопряженное с повышением требований к применению новых теплоизоляционных материалов, ужесточением нормативов теплопроницаемости и смежных параметров строительных конструкций в целом. Повышенные требования к теплоизоляции зданий призваны решить несколько задач, таких как повышение уровня комфортности объектов недвижимости, звукоизоляции, экономия топливных ресурсов, а также сокращение эксплуатационных расходов. В современную стратегию энергосбережения и энергоэффективности здания входят не только принципы изоляции конструкций при помощи современных материалов, но и специальные инженерные решения проектирования систем вентиляции и теплоснабжения.

Вместе с тем, наряду с преимуществами внедрения инновационных технологий, следует отметить и их отрицательное влияние, связанное с появлением ряда негативных социально-экономических и экологических факторов. К примеру, применение в зданиях нового инженерного оборудования, разработанного на основе достижений науки и техники, может вести к повышению стоимости возводимого объекта. Однако этот негативный факт в ходе эксплуатации может быть компенсирован программой энергосбережения, покрывающей затраты, понесенные на стадии строительства, и полученным интегральным экономическим эффектом.

Подчеркнем, что в современных условиях цифровизации экономики строительная индустрия – это сфера, в которой инновационная трансформация является ключевым фактором. Под инновационностью в строитель-

стве следует понимать высокий уровень и темпы внедрения новых технологий и строительных материалов (включая нанотехнологии), использование информационных технологий, а также программных алгоритмов искусственного интеллекта (ИИ).

Специфика инновационности в строительстве, по нашему мнению, заключается в следующем: во-первых, длительность оценки реальной эффективности инноваций, связанная со сроком эксплуатации здания, в течение которого могут быть выявлены определенные недостатки конструктивно-технологического решения. В этой связи необходимо применение взвешенных и обоснованных подходов к выбору инновационных строительных материалов и технологий при возведении объектов недвижимости.

Во-вторых, высокий уровень ответственности строителей за конечный результат и, как следствие, проявление определенного консерватизма в вопросе применения инноваций в целях исключения ошибок в проектировании или в выборе технологий, а также снижения уровня риска для жизни и здоровья людей.

В-третьих, формирование определенных стереотипов и традиций в результате длительной истории развития ИСС, и, как следствие, применение опробованных материалов, а также проектных и технологических решений, которые достаточно сложно модифицировать.

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Развитие цифровой экономики и широкое использование информационных технологий наблюдается практически во всех сферах деятельности. В строительной отрасли сегодня также применяются различные технологии, способствующие позитивным изменениям в работе специалистов, архитекторов, дизайнеров и заказчиков. Компьютерные программы и алгоритмы находят применение в течение всего производственного цикла: от замысла и проработки идеи до создания проекта, визуализации конечного результата, составления сметной документации, возведения строительных конструкций и управления объектом недвижимости. К примеру, применяются системы автоматизированного проектирования (САПР), с помощью которых выполняются архитектурное планирование, проектирование, дизайнерские решения, расчет механических характеристик строительного сооружения (прочности, жесткости, устойчивости и пр.), разработка проектно-сметной документации, управление процессом возведения объекта. Самыми популярными компьютерными программами в строительстве являются AutoCAD, ArchiCAD, Allplan, NanoCAD, Revit, «Компас», SCAD Office, «ПК ЛИРА» и др.²

Программа AutoCAD используется инженерами-строителями, архитекторами, а также специалистами других промышленных отраслей. Данная графическая программа позволяет создавать двух- и трехмерные модели проектируемого объекта, выполнять необходимую чертежную документацию. Имеющаяся библиотека графических элементов позволяет динамич-

² Строительная информатика. [Электронный ресурс]. URL: https://spravochnick.ru/informatika/stroitel'naya_informatika/ (дата обращения: 18.07.2021).

но использовать готовые блоки, а при необходимости, трансформировать их и изменять параметры. В системе также заложены возможности управления печатью, включая печать трехмерных объектов.

На основе программы AutoCAD разработаны специальные компьютерные приложения: Architecture – для работы с документами и чертежами; Civil 3D – для проектирования инфраструктуры, землеустройства и ландшафта, а также дорожной проводки; Inventor 3D – для проектирования сложных участков коммуникаций (трубопроводов, кабельных систем и т.п.); Navisworks – для мониторинга архитектурных проектов. Для коммерческого использования программы AutoCAD необходима лицензия, безвозмездная версия может применяться в целях обучения и преподавания в специализированных учебных заведениях.

Программа ArchiCAD признана одним из лучших компьютерных приложений для архитектурно-строительного проектирования в целях разработки виртуальных моделей строительных конструкций благодаря использованию элементов, имеющих реальные аналоги (колонн, стен, перекрытий и других строительных конструктивов). В указанной программе одновременно с разрабатываемым объектом возможно создание и проектной документации.

В целях разработки сметной документации в строительстве также применяются информационные технологии, которые позволяют выбрать форму сметного расчета, применить нормативные базы, индексы цен, коэффициенты и т.п. Наиболее популярными приложениями, позволяющими автоматизировать сметный процесс, являются следующие: «Смета 2000» («Ресурсная смета»); Smeta.ru; «Аверс»; «Гранд Смета» и др. Функция автоматизированной проверки расчетов и создания форм для печати облегчает работу сметчика, сокращает время на создание сметы, практически полностью исключает риски ошибки.

В целях комплексного управления строительными предприятиями применяются такие популярные программы, как «1С: Управление строительной организацией»; «1С: Подрядчик строительства. Управление строительным производством»; «1С: Подрядчик строительства. Управление финансами» и пр. Данный вид компьютерных программ позволяет разрабатывать календарные планы возведения объекта, а также осуществлять мониторинг выполнения строительно-монтажных работ. Кроме того, существует функция обмена данными со проектно-сметными и финансовыми программами.

В процессе управления проектами по возведению сложных, насыщенных сетью коммуникаций и оборудованием, технологических строительных объектов возникает ряд проблем. При реализации комплекса расчетов по проектам со многими практическими задачами, связанными с выбором материалов и конструкций, а также с обоснованием объемов капиталовложений и затрат, применяется такой вид информационных технологий, как BIM-моделирование (Building Information Modeling). Благодаря применению BIM-технологии исключаются ошибки на стадии проектирования объекта, повышается эффективность взаимодействия всех участков производственного процесса, сокращается стоимость и сроки строительства, а также минимизируются различные производственные и финансовые риски [4].

ВМ-технологии – это программный продукт, который позволяет создавать модель всего здания в виде комплекса полной графической и текстовой информации. Система состоит из пяти базовых уровней, характеризующих весь процесс разработки объекта от концепции до фактического состояния [6]. На различных стадиях разработки изменение уровня детализации позволяет получить необходимый объем информации. Основная технология, которая применяется в данной системе – это разработка трехмерной 3D-модели объекта. В зависимости от задач, которые необходимо решить в процессе работ, система добавляется дополнительными векторами, к примеру, 4D – время, 5D – стоимость, 6D – эксплуатация.

Основными преимуществами ВМ-моделирования являются [10]:

- возможность пополнения базы данных нетиповыми элементами и обозначениями;
- преимущество совместной работы различных участников инвестиционного проекта;
- возможность поиска коллизий и ошибок, и, как следствие, своевременного их устранения;
- возможность создания любого вида проектно-сметной и бухгалтерской документации;
- наличие функции параметризации, т.е. моделирования объектов с помощью параметров элементов модели и соотношений между ними³.

Таким образом, конечный продукт применения ВМ-технологии – это численная, редактируемая и существующая в реальном режиме времени модель возводимого объекта.

Применение ВМ-моделирования, несмотря на достаточно высокую стоимость компьютерной системы, является для российской строительной отрасли одним из перспективных направлений применения информационных технологий благодаря возникновению следующих тенденций:

- реализация крупных и сложных мега-проектов;
- внедрение принципов энергоэффективности, а также осуществление перехода на инновационные энергосберегающие технологии [12];
- управление объектами государственной собственности на основе современных информационно-технологических решений;
- развитие механизмов государственно-частного партнерства, требующего двухсторонних моделей привлечения инвестиционных ресурсов.

ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Сегодня инновационные технологии являются определяющим ресурсом и основным фактором модернизации экономики страны. Под *инновацией* в строительстве следует понимать внедрение новых технологий и материалов, а также реконструкцию и модернизацию существующих, хорошо зарекомендовавших, строительных технологий в целях совершенствования архитектурно-планировочных и инженерных решений возводимых зданий и объектов, повышения уровня технической надежности, комфортности,

³ Параметрическая модель. [Электронный ресурс]. URL: <https://steptosleep.ru/параметрическая-модель/> (дата обращения: 17.07.2021).

обеспечения экологической безопасности, экономической эффективности и минимизации объемов энергопотребления.

К развитию инноваций в строительстве следует отнести применение принципов гибких планировочных решений, увеличение ширины здания, строительство квартир-дуплекс, объединение ряда помещений в единое пространство и пр. Гибкие планировочные решения при строительстве жилья позволяют видоизменять пространство в зависимости от различных требований, ситуаций и условий, а применение возможностей технологии «растущих» домов позволяет возводить здания практически любой планировки.

В табл. 1 систематизированы инновационные технологии, применяемые в мировой строительной практике.

Таблица 1

Инновационные строительные технологии⁴

№ п/п	Название технологии	Страна/город	Краткое описание
1	Многоэтажные здания из дерева	Великобритания, Лондон	Строительство зданий до 30 этажей, сокращение сроков строительства (до 28 дней), снижение количества рабочих, сокращение перечня используемого оборудования
2	Технология строительства деревянных домов Naturi	Австрия	Использование профилированных тонкомерных стволов дерева, позволяет возвести любую конструкцию. Цель – использование низкачественного сырья
3	Дом из строительного мусора	КНР, провинция Цзянсу, Наньтун	Печать на 3D-принтере, размером 150 × 10 × 6 м, производительность принтера – 10 домов в сутки. Себестоимость – не более 5 тыс. долл.
4	Дом из биопластика	Голландия, Амстердам	Печать элементов на 3D-принтере, монтаж конструкций по принципу конструктора LEGO
5	«Летающие» дома	Япония	Применение нагнетательного компрессора при устройстве фундамента, повышенная сейсмоустойчивость
6	Дома из контейнеров	Южная Корея, Голландия, Франция	Снижение затрат на строительство, вторичное использование морских контейнеров
7	Ледяные отели	Финляндия, Швеция	Применение более 60 лет, колоссальное снижение стоимости строительства
8	Мобильные экодома	Швеция, Португалия	Применение различных технологий и полная энергетическая автономность
9	«Зеленые» дома	Италия, Голландия	Использование открытых террас-балконов под висячие сады [8]
10	Smart City	ОАЭ, Абу-Даби, Дубай	Повышенная комфортность и энергоэффективность [3]

⁴ Составлено автором по: Топ-20 инновационных строительных технологий. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.psdом.ru/catalog/top-20-innovacionnyh-stroitelnyh-tehnologiy> (дата обращения: 19.07.2021).

При совершенствовании конструктивных решений объектов недвижимости широко применяется монолитная технология строительства, позволяющая осуществлять строительство различных по архитектурной композиции зданий, используя при этом всевозможные комбинации традиционных материалов с легкими и высокоэффективными. Также модернизируются и способы возведения объектов (табл. 2).

Таблица 2

Инновационные технологии возведения зданий в России⁵

№ п/п	Название технологии	Краткое описание
1	Монолитно-каркасное строительство	Создание единой целостной строительной конструкции с помощью технологии возведения монолитного бетонного каркаса с применением съёмной опалубки
2	Полносборное крупнопанельное строительство нового типа	Применение принципа конструктора LEGO – комбинированное соединение типовых строительных конструкций в целях возведения разнообразных по структуре сооружений
3	Применение несъёмной опалубки	Применение армированной несъёмной опалубки из полистирола или древесины и формирование монолитных железобетонных конструкций
4	Комбинирование заводских сборных строительных конструкций с монолитным домостроением	Сочетание стеновых панелей и других заводских типовых конструктивных элементов и монолитного железобетонного каркаса
5	Технология легких стальных тонкостенных строительных конструкций	Соединение стального несущего каркаса и готовых конструктивных элементов
6	Технологии строительства купольных домов без гвоздей	Уникальное применение новых конструкций замков между элементами деревянного сферического каркаса
7	Комплекты для малоэтажного домостроения	Полный набор конструкций, комплектующих элементов и материалов для возведения индивидуальных и многоквартирных жилых домов «под ключ»

Основными достоинствами представленных в табл. 1 технологий являются скорость возведения, высокое качество объектов, снижение веса конечного продукта, высокий уровень прочности, энергоэффективности и сейсмостойчивости [14, 15].

Существенная часть инноваций приходится на производство новых видов строительных материалов (табл. 3).

Следует подчеркнуть, что перечень инновационных материалов, применяемых сегодня в Российской Федерации при возведении современных зданий и сооружений, гораздо шире.

⁵ Составлено автором по: [11, 16].

Таблица 3

Инновационные строительные материалы в России⁶

№ п/п	Материалы	Краткое описание	Основные достоинства
1	Фибра	Волокна, добавляемые в бетон, пено- и газобетон, полистеролбетон, строительный раствор, сухие строительные смеси и пр.	Повышение физико-механических свойств строительных материалов, высокая адгезия к цементу, прочное встраивание в матрицу бетона
2	Углепластик	Полимерный композиционный материал, получаемый из переплетенных нитей углеродного волокна, расположенных в матрице из полимерных смол	Высокий уровень показателей прочности и жесткости, малая масса
3	Торфоблоки	Переработанный торф в виде пасти в качестве связующего вещества наполнителей (древесных опилок, стружки и соломы)	Повышенные тепло- и звукоизоляционные свойства
4	Утепленные стеновые ЖБИ-панели	Трехслойная железобетонная панель с пенополистирольным утеплителем	Ускорение процесса монтажа, снижение стоимости конструкции за счет «встроенного» утеплителя
5	Стекломагнетитовый лист	Плиты, произведенные на основе оксида магния, хлорида магния и стекловолокна	Прочный, гибкий, влагостойкий и огнеупорный отделочный материал
6	Микроцемент	Мелкоструктурный цемент с добавлением различных по составу и свойствам полимеров и красителей	Защитный и декоративный материал с высокими прочностными характеристиками
7	Инфракрасные греющие панели	Лист гипсокартона с электропроводящей углеродной нитью в качестве нагревателя	Равномерное распределение тепла и сохранение влажности воздуха
8	Эковата	Целлюлозный утеплитель, на 80 % состоящий из вторично переработанной бумаги	Биостойкий и экологически чистый тепло- и звукоизоляционный материал
9	Кирпич-хамелеон	Светопоглощение при помощи вертикальных бороздок	Инновационный отделочный материал
10	Нанобетон	Бетон с добавлением наночастиц оксида кремния, диоксида титана, углеродных нанотрубок	Бетоны разной плотности с повышенными характеристиками прочности и огнестойкости, а также энергосберегающими свойствами

Одним из успешных проектов в России по применению нанотехнологий в строительстве считаются проекты создания нанокompозитных труб для систем водо-, и тепло- и газоснабжения, а также разработка нанопокрyтия для различного вида материалов, позволяющих повысить их качество, показатели энергосбережения и экологичности.

Кроме того, разработана и внедрена технология скоростного домостроения «Теплоскор» (НИИ «Теплостен»), основанная на включении инновационного материала – теплоэффективного блока, состоящего из несущей,

⁶ Составлено автором по: [9, 13].

внутренней и фасадной частей. Данная технология позволяет сократить сроки строительства здания, повысить эксплуатационные характеристики, в частности, по долговечности и огнестойкости, снизить сметную себестоимость строительства, сократить теплопроводность, упростить декоративное оформление стен. Одним из позитивных свойств теплоэффективного блока является его малый вес, что позволяет снижать транспортные расходы и не требует мощных подъемных механизмов.

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ

Цифровая трансформация производственных и бизнес-процессов в строительной отрасли сегодня проявляется наиболее слабо по сопоставлению с другими промышленными отраслями. Данный факт обусловлен прежде всего тем, что строительная отрасль – отрасль нечетких технологий, в которой массив базы данных не накапливается непрерывно, а собирается и интегрируется на различных этапах технологического цикла реализации проекта возведения объекта⁷.

Цифровые модели зданий, информация и данные, получаемые с датчиков безопасности, видеоматериалы с различных строительных площадок и т.п. являются основой для формирования bigdata (больших баз данных), служащих основой для обучения нейронных сетей систем искусственного интеллекта (ИИ) [1, 7]. Разработка и использование машинных алгоритмов в строительстве позволяет оптимизировать процессы строительства на всех этапах возведения различных объектов, начиная с этапа проектирования до этапа эксплуатации в целях мониторинга качества и безопасности зданий и сооружений.

По статистическим данным исследования, проведенного в 2017 г. NcKinsey Global Institute, менее 16 % строительных компаний и предприятий производства строительных материалов применяют системы ИИ. Анализ состояния строительной отрасли за последние три года показывает, что наблюдается рост затрат на разработку и внедрение алгоритмов ИИ в ИСС более, чем на 2 %⁸.

На сегодняшний момент решения ИИ успешно применяются в таких направлениях, как финансовое моделирование и бюджетирование, оптимизация логистических и товаропроводящих цепочек, оценка и минимизация различного рода рисков событий, прогнозирование сценариев развития переговорных процессов, обработка текстовых сообщений, сбор и обработка огромных массивов данных, связанных с геоактивностью Земли, в экологических проектах по охране окружающей среды и пр. Специфическими сферами применения машинных алгоритмов ИИ и систем машинного обучения в строительстве являются проектирование и дизайн, планирование инвестиционных проектов возведения объектов недвижимости, система безопасности, а также мониторинг и обслуживание объекта недвижимо-

⁷ Зобнина Т. Как технологии ИИ используются в проектировании и строительстве? [Электронный ресурс]. URL: https://www.arendator.ru/articles/162070-kak_tehnologii_ii_ispolzuyutsya_v_proektirovanii_i_stroitelstve/ (дата обращения: 18.07.2021).

⁸ Там же.

сти. Сегодня уже разработаны и эффективно применяются системы управления коммерческой и жилой недвижимостью с использованием Smart-технологий, позволяющих существенно экономить энергоресурсы [3].

По мнению Станисласа Шайю, парижского архитектора и исследователя информационных технологий, применившего возможности ИИ в реализации анимированного проекта «Bio Morphosis» («Биоморфозис»)⁹, внедрение систем ИИ в архитектуре находится на начальном этапе, поскольку алгоритмы не способны автоматизировать интуицию, творческое мышление и восприимчивость архитектора, и остаются лишь техническим инструментом для человека. Бесспорно, применение возможностей ИИ освобождает архитектора от решения рутинных технических задач, позволяя человеку сконцентрироваться исключительно на творческом процессе.

Ограничивающими факторами, тормозящими процесс внедрения ИИ в инвестиционно-строительный процесс, являются: во-первых, определенная несовместимость систем проектирования, логистики и сбора данных. Решение указанной проблемы видится в интеграции источников разнородных данных на единой цифровой платформе для накопления, хранения и использования различного рода информации строительных компаний.

Во-вторых, серьезным ограничением использования решений ИИ в строительстве является высокая сложность и уникальность отдельно взятого строительного объекта, включая уникальность характеристик проектирования оснований зданий и сооружений, а также природно-климатических условий возведения типовых и инновационных объектов.

В-третьих, высокая стоимость использования автономных транспортных средств, средств робототехники и беспилотников. В этой связи преимущества применения систем ИИ могут быть получены достаточно крупными и финансово устойчивыми строительными компаниями.

Тем не менее, искусственный интеллект и машинное обучение в строительной отрасли имеет практически неограниченный потенциал применения. Внедрение систем генеративного проектирования, автономной строительной техники и роботов позволит в будущем повысить эффективность строительного производства, уровень безопасности и качества. Для эффективного использования алгоритмов ИИ в строительстве необходимо накопление критических массивов данных по различным строительным объектам и интеграция различных информационных систем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итоги проведенного научного исследования можно сделать вывод, что применение в Российской Федерации современных инновационных методов организации и управления строительным производством, к которым относятся цифровые модели и системы искусственного интеллекта и нанотехнологии, позволяет существенно снизить затраты и сметную себестоимость при возведении современных энергоэффективных объектов недвижимости.

⁹ Искусственный интеллект в архитектуре. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.smart4smart.ru/blog/ai-in-architecture> (дата обращения: 17.07.2021).

Применение автоматизированных приложений способствуют реализации сложных строительных проектов, повышению эффективности их управления, а также развитию государственно-частного взаимодействия в ИСС.

Многофакторный анализ влияния инновационных строительных технологий на сокращение продолжительности, стоимости и повышения качества строительных проектов позволяет в практической деятельности сформировать комплекс инновационных мероприятий, направленных на обеспечение нормативного качества жилой недвижимости.

Таким образом, высокая социально-экономическая значимость новых технологий и уровня инновационности в строительной сфере является одним из эффективнейших экономических инструментов сокращения сроков строительства, снижения стоимости строительного-монтажных и иных работ, а также повышения качества строительства.

Литература

1. *Быков И.А.* Искусственный интеллект как источник политических суждений // Журнал политических исследований. 2020. Т. 4. № 2. С. 23–33.
2. *Гребеньщикова Е.В.* Комплексный подход к реализации концепции Smart City: опыт европейских и российских городов // Города и местные сообщества. 2017. Т. 2. С. 112–122.
3. *Данилина Н.В.* Применение BIM-технологий на стадии градостроительного проектирования // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 9. С. 48–54.
4. *Дудин М.Н., Шкодинский С.В.* Тенденции, возможности и угрозы цифровизации национальной экономики в современных условиях // Экономика, предпринимательство и право. 2021. Т. 11. № 3. С. 689–714.
5. *Егоров А.Н., Шприц М.Л., Нагманова А.Н.* Инновационность в строительной сфере экономики как инструмент снижения стоимости, сокращения сроков и повышения качества // Проблемы современной экономики. 2011. № 3 (39). [Электронный ресурс]. URL: <http://m-economy.ru/art.php?nArtId=3738> (дата обращения: 18.07.2021).
6. *Ериза К.* Успешная практика внедрения BIM-технологий // САПР и графика. 2017. № 8 (250). С. 12–16.
7. *Жилин В.В., Сафарьян О.А.* Искусственный интеллект в системах хранения данных // Вестник Донского государственного технического университета. 2020. Т. 20. № 2. С. 196–200.
8. *Ильвицкая С.В., Лобкова Т.В.* «Зеленая» архитектура жилища и Green BIM технологии // Архитектура и строительство России. 2018. № 1 (225). С. 108–113.
9. *Пищулев А.А., Блинкова Е.В., Макарова Ш.Н.* Повышение качества бетонных работ путем применения полимерных материалов для изготовления индивидуальных опалубочных систем и BIM технологий // Градостроительство и архитектура. 2018. Т. 8. № 3 (32). С. 18–21. DOI: 10.17673/Vestnik.2018.03.4.
10. *Рыбин Е.Н., Амбарян С.К., Аносов В.В., Гальцев Д.В., Фахромов Н.А.* BIM-технологии // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2019. № 9. С. 98–105.
11. *Эрк А.Ф., Судаченко В.Н., Тимофеев Е.В.* Интеллектуальные энергосберегающие технологии с использованием возобновляемых источников энергии // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2019. № 98. С. 247–257.
12. *Marzouk M., Azab S., Metawie M.* BIM-based approach for optimizing life cycle costs of sustainable building // Journal of Cleaning Production. 2018. Vol. 188. P. 217–226. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.03.280.

13. *Meng H., Shuang H.* Application of BIM technology in dispatching building project // Journal of Advanced Oxidation Technologies. 2018. Vol. 21. N 2. AN 20187426. DOI: 10.26802/jaots.2018.07426.
14. *Pruskova K., Kaiser J.* Implementation of BIM Technology into the Design Process Using the Scheme of BIM Execution Plan // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2019. N 471. P. 022019. DOI: 10.1088/1757-899X/471/2/022019.
15. *Wei Li.* Application of BIM technology in construction bidding / 1st International Global on Renewable Energy and Development (IGRED 2017). IOP Publishing IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2017. N 100 (012 178). P. 1–4. DOI: 10.1088/1755-1315/100/1/012178.
16. *Zhou H., Sun J., Wu Y., Chen H.* Research on BIM Application in Construction Based on the Green Building Idea // International Conference on Humanities and Advanced Education Technology (ICHAET 2018). 2018. P. 705–708. DOI: 10.12783/dtssehs/ichae2018/25725.

Bibliography

1. *Bykov I.A.* Iskusstvennyj intellekt kak istochnik politicheskikh suzhdenij // Zhurnal politicheskikh issledovanij. 2020. Vol. 4. № 2. P. 23–33.
2. *Greben'shnikova E.V.* Kompleksnyj podhod k realizacii koncepcii Smart City: opyt evropejskikh i rossijskikh gorodov // Goroda i mestnye soobshhestva. 2017. Vol. 2. P. 112–122.
3. *Danilina N.V.* Primenenie BIM-tehnologij na stadii gradostroitel'nogo proektirovaniya // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2018. № 9. P. 48–54.
4. *Dudin M.N., Shkodinskij S.V.* Tendencii, vozmozhnosti i ugrozy cifrovizacii nacional'noj jekonomiki v sovremennyh uslovijah // Jekonomika, predprinimatel'stvo i pravo. 2021. Vol. 11. № 3. P. 689–714.
5. *Egorov A.N., Shpric M.L., Nagmanova A.N.* Innovacionnost' v stroitel'noj sfere jekonomiki kak instrument snizhenija stoimosti, sokrashhenija srokov i povyshenija kachestva // Problemy sovremennoj jekonomiki. 2011. № 3 (39). [Jelektronnyj resurs]. URL: <http://m-economy.ru/art.php?nArtId=3738> (data obrashhenija: 18.07.2021).
6. *Eriza K.* Uspeshnaja praktika vnedrenija BIM-tehnologij // SAPR i grafika. 2017. № 8 (250). P. 12–16.
7. *Zhilin V.V., Safar'jan O.A.* Iskusstvennyj intellekt v sistemah hranenija dannyh // Vestnik Donskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. 2020. T. 20. № 2. P. 196–200.
8. *Il'vickaja S.V., Lobkova T.V.* «Zelenaja» arhitektura zhilishha i Green BIM tehnologij // Arhitektura i stroitel'stvo Rossii. 2018. № 1 (225). P. 108–113.
9. *Pishhulev A.A., Blinkova E.V., Makarova Sh.N.* Povyshenie kachestva betonnyh rabot putem primeneniya polimernyh materialov dlja izgotovlenija individual'nyh opalubochnyh sistem i BIM tehnologij // Gradostroitel'stvo i arhitektura. 2018. Vol. 8. № 3 (32). P. 18–21. DOI: 10.17673/Vestnik.2018.03.4.
10. *Rybin E.N., Ambarjan S.K., Anosov V.V., Gal'cev D.V., Fahrotov N.A.* BIM-tehnologii // Izvestija vuzov. Investicii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost'. 2019. № 9. P. 98–105.
11. *Jerk A.F., Sudachenko V.N., Timofeev E.V.* Intellektual'nye jenergoberegajushhie tehnologii s ispol'zovaniem vozobnovljaemyh istochnikov jenergii // Tehnologii i tehničeskije sredstva mehanizirovannogo proizvodstva produkcii rastenievodstva i zhivotnovodstva. 2019. № 98. P. 247–257.
12. *Marzouk M., Azab S., Metawie M.* BIM-based approach for optimizing life cycle costs of sustainable building // Journal of Cleaning Production. 2018. Vol. 188. P. 217–226. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.03.280.
13. *Meng H., Shuang H.* Application of BIM technology in dispatching building project // Journal of Advanced Oxidation Technologies. 2018. Vol. 21. N 2. AN 20187426. DOI: 10.26802/jaots.2018.07426.

14. *Pruskova K., Kaiser J.* Implementation of BIM Technology into the Design Process Using the Scheme of BIM Execution Plan // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2019. N 471. P. 022019. DOI: 10.1088/1757-899X/471/2/022019.
15. *Wei Li.* Application of BIM technology in construction bidding / 1st International Global on Renewable Energy and Development (IGRED 2017). IOP Publishing IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2017. N 100 (012 178). P. 1–4. DOI: 10.1088/1755-1315/100/1/012178.
16. *Zhou H., Sun J., Wu Y., Chen H.* Research on BIM Application in Construction Based on the Green Building Idea // International Conference on Humanities and Advanced Education Technology (ICHAET 2018). 2018. P. 705–708. DOI: 10.12783/dtssehs/ichae2018/25725.