

тить в архитектуре различных зданий и сооружений, в том числе в самом простом деревянном народном белорусском зодчестве. Примером являются всевозможные подпорки и подкосы различного назначения (рисунок 1). При этом их установка обычно осуществляется на податливых связях, что не лучшим образом сказывается на несущей способности и деформативности самого соединения и всей конструкции. Применение цельного элемента ствола с развилкой позволяет избежать данной проблемы за счет монолитности в контактном узле, превышающей по прочностным характеристикам клеевое соединение. Такой эффект достигается благодаря волокнистой структуре сложной ориентации, недостижимой в композитных материалах, в месте разветвления и естественной структуре, создаваемой при росте дерева. Ветви формируют своеобразную консоль, способную максимально эффективно передавать усилия от вышележащих элементов на стойку под естественным углом наклона, обеспечивающим наибольшую прочность. Однако следует отметить, что такая структура и форма свойственна в основном лиственным породам, а не хвойным, которые являются основными строительными материалами для нашей страны. Следовательно, их применение может быть ограничено из-за сложности получения исходного материала, отсутствия опыта его обработки и сложности его унификации. Для унификации потребуется создать базовый перечень возможных вариантов развилок с вариантами их использования с учетом сечения и породы исходной древесины и их отбор с помощью математических алгоритмов.

Учет и решение вышеизложенных факторов и создание надёжных вариантов закрепления данных конструкций позволит не только создать оригинальное конструктивное решение, но и добиться улучшения экологической обстановки в отдельных регионах за счет использования не всегда востребованных в отдельных сферах лесных ресурсов. Также применение такого типа элементов позволяет создавать оригинальные дизайнерские решения для архитектурных конструкций, что, в свою очередь, позволяет улучшить облик всего здания. Примером такого решения может служить стойка на галерее одного из зданий в этнографическом комплексе традиционных народных промыслов в г. Могилеве (рисунок 2).



Рисунок 2 – Декоративная стойка на галерее здания в этнографическом комплексе, г. Могилев

УДК 69:004.896

## АНАЛИЗ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

*В. В. ШЕЛЮТО, В. М. ПРАСОЛ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Современные технологии, такие как искусственный интеллект (ИИ), могут значительно повысить эффективность и точность работы в проектировании, строительстве и организации строительства.

### **Применение искусственного интеллекта в проектировании**

ИИ в проектировании зданий и сооружений может значительно улучшить эффективность и точность процесса проектирования по сравнению с традиционными методами проектирования в САД-системах. Одним из основных способов применения ИИ в проектировании зданий и сооружений является использование алгоритмов машинного обучения для анализа данных о прошлых проектах. Это позволяет выявить закономерности и тренды, которые могут быть использованы для оптимизации будущих проектов. Нейросети также могут использоваться для генерации форм и дизайнов в

параметрической архитектуре. Они анализируют большой объем архитектурных данных и создают новые оригинальные концепции, основываясь на обнаруженных паттернах. Архитекторы могут дополнительно настраивать эти варианты дизайна, учитывая структуры зданий, композиции и материалы. Например, ИИ может быть использован для выявления оптимальных параметров планировок (The bedroom script), таких как расположение помещений, размеры комнат, использование материалов и т. д. Это позволяет улучшить эргономику и функциональность здания, а также снизить затраты на проектирование и строительство [1].

### **Использование ИИ в строительстве зданий и сооружений**

В последние годы использование искусственного интеллекта (ИИ) в строительстве стало все более популярным, так как он предлагает новые возможности для повышения эффективности и оптимизации строительных процессов. Так, например, сегодня набирает популярность использование AI DOXEL. DOXEL – это компания, которая использует нейронные сети и искусственный интеллект для контроля и управления процессом строительства. Их система собирает данные с помощью дронов и датчиков на строительной площадке, а затем анализирует эти данные, чтобы обнаружить проблемы или ошибки в процессе строительства [2]. DOXEL также предоставляет рекомендации по оптимизации работы, чтобы улучшить эффективность и качество проекта. Это позволяет ускорить процесс строительства и снизить затраты на исправление ошибок. Искусственный интеллект, робототехника и интернет могут снизить затраты на строительство на 20 % от стоимости строительства объекта [3].

### **Применение ИИ в организации строительства**

ИИ может быть использован для оптимизации и автоматизации календарного планирования строительства. С его помощью можно анализировать и учитывать различные факторы, такие как доступность ресурсов, условия погоды и финансовые ограничения, чтобы разработать оптимальный график работ. ИИ также может реагировать на изменения в реальном времени и автоматически вносить корректировки в план, чтобы минимизировать задержки и избежать конфликтов между различными задачами. Также ИИ может быть применен для оптимизации организации строительства путем улучшения процесса планирования ресурсов, управления проектом и принятия решений. С помощью ИИ можно прогнозировать потребности в материалах и ресурсах, управлять запасами и распределять ресурсы в соответствии с требованиями проекта. ИИ может помочь в принятии решений по поводу выбора поставщиков, оптимального расположения материалов и планирования транспорта.

Использование искусственного интеллекта в календарном планировании строительства и организации строительства является перспективным направлением развития. Он может значительно улучшить эффективность и точность планирования и помочь справиться со сложностями и проблемами, связанными со строительством. Однако необходимо учитывать ограничения и риски, связанные с применением ИИ.

Проанализировав данные, выделим общие основные преимущества и риски применения ИИ в строительстве, сделаем вывод о целесообразности применения ИИ в Республике Беларусь.

Основные преимущества применения ИИ в строительстве: увеличение производительности и эффективности строительных процессов, снижение рисков и ошибок в строительстве, сокращение времени и затрат на выполнение проектов, улучшение качества и безопасности работ, оптимизация использования ресурсов, повышение точности и надежности прогнозирования и анализа рынка, помощь в принятии обоснованных решений, улучшение конкурентоспособности и результатов строительных проектов.

Основные ограничения и риски применения ИИ в строительстве.

1 Недосток квалифицированных специалистов. Применение ИИ в строительстве требует наличия специалистов, обладающих знаниями и навыками в области ИИ. Однако на данный момент специалистов в Республике Беларусь в этой области недостаточно, что может ограничить применение ИИ в строительстве.

2 Непредсказуемость и неполная информация. В строительстве могут возникать ситуации, которые не были заложены в алгоритмах ИИ или для которых нет достаточной информации. Это может привести к неправильным решениям или непредсказуемым результатам.

3 Безопасность данных. Применение ИИ в строительстве требует обработки и хранения больших объемов данных. Однако это может создать проблемы с безопасностью данных, так как они могут быть подвержены угрозам хакеров или несанкционированному доступу.

4 Высокие затраты на внедрение. Внедрение ИИ в строительство Республики Беларусь может потребовать значительных финансовых затрат на приобретение необходимого оборудования, разработку и настройку алгоритмов, а также обучение персонала.

5 Ответственность за ошибки ИИ. В случае возникновения ошибок или неправильных решений, возникает вопрос о юридической ответственности. Кто несет ответственность за ошибки, совершенные ИИ?

6 Ограничения в применении ИИ в специфических условиях. Некоторые строительные процессы могут иметь специфические условия, которые тяжело учесть алгоритмами ИИ. Например, строительство в экстремальных климатических условиях или на сложной горной местности.

7 Недостаток гибкости и интуиции. ИИ основан на алгоритмах и логике, что может ограничить его способность к гибкому реагированию на изменяющиеся условия или использованию интуиции при принятии решений.

8 Этические вопросы. Применение ИИ в строительстве может вызывать этические вопросы, связанные с приватностью данных, использованием труда и автономией роботов. Необходимо разработать этические стандарты и правила для использования ИИ в строительстве.

9 Возможная безработица. Применение ИИ повлечет за собой повышение безработицы для архитекторов, проектировщиков, инженеров.

Использование искусственного интеллекта в строительстве может значительно улучшить процессы проектирования, планирования, управления и строительства. Однако необходимо учитывать ограничения и риски применения ИИ. Правильное использование и оценка возможностей ИИ, а также учет человеческого опыта и знаний помогут достичь лучших результатов в строительной отрасли. Применение искусственного интеллекта в строительной отрасли Республики Беларусь может быть целесообразным, так как оно может привести к повышению эффективности и точности процессов, оптимизации использования ресурсов, улучшению безопасности и сокращению времени выполнения работ. В Республике Беларусь важно разработать стратегию внедрения ИИ, учитывая специфику и потребности рынка, обеспечить наличие квалифицированных специалистов в этой области и разработать этические стандарты и правила для использования ИИ в строительстве. В целом применение искусственного интеллекта в строительной отрасли может быть полезным и эффективным, если учитывать ограничения и риски.

#### Список литературы

1 Применение искусственного интеллекта в строительстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://dzen.ru/a/ZB8K5XmL5BUVDgyP>. – Дата доступа : 05.09.2023.

2 Продукт Doxel [Электронный ресурс] : [официальный сайт Doxel]. – Режим доступа : <https://doxel.ai/product#reality-capture> – Дата доступа : 05.09.2023.

3 Как искусственный интеллект меняет строительную отрасль [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://clck.ru/34EmSJ>. – Дата доступа : 05.09.2023.

УДК 658.513.4:001.895

## КАЛЕНДАРНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОГРАММ

*В. В. ШЕЛЮТО, Т. В. ЯШИНА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Календарное планирование в строительстве является одним из важных аспектов, позволяющих эффективно управлять проектами и достигать поставленных целей. В строительном коммерциале эффективная система реализации проектов принципиальна как для заказчиков, так и для подрядчиков. Современные программные комплексы предлагают множество функциональных возможностей, чтобы помочь руководителям строительных работ эффективно планировать и качественно управлять строительными проектами [1–3]. Проведем сравнительный анализ основных программ: Microsoft Project (США), GanttPRO (Беларусь), ProjectLibre, OpenProj, 1С-Рарус (Россия), Spider Project Professional (Россия), Гектор: Календарное планирование производства работ (Россия).