

УДК 004.89

DOI: 10.34670/AR.2023.20.36.039

Основные тенденции и направления применения искусственного интеллекта в строительном секторе национальноного хозяйства: организационные и экономические аспекты

Секисов Александр Николаевич

Кандидат экономических наук,
доцент кафедры строительного производства,
Кубанский государственный аграрный университет,
350044, Российская Федерация, Краснодар, ул. Калинина, 13;
e-mail: alnikkss@gmail.com

Коженко Наталья Владимировна

Кандидат технических наук,
доцент кафедры строительного производства,
Кубанский государственный аграрный университет,
350044, Российская Федерация, Краснодар, ул. Калинина, 13;
e-mail: er.folg@mail.ru

Папоян Альбина Артуровна

Аспирант,
Кубанский государственный технологический университет,
350072, Российская Федерация, Краснодар, ул. Московская, 2;
e-mail: development27@mail.ru

Кристя Наталья Геннадьевна

Магистр,
Кубанский государственный технологический университет,
350072, Российская Федерация, Краснодар, ул. Московская, 2;
e-mail: natashakristya1996@mail.ru

Прозорова Александра Сергеевна

Магистр,
Кубанский государственный технологический университет,
350072, Российская Федерация, Краснодар, ул. Московская, 2;
e-mail: praleksaa@mail.ru

Аннотация

Общая концепция применения искусственного интеллекта (ИИ) в строительном комплексе заключается в использовании компьютерных систем и алгоритмов, способных

анализировать и обрабатывать большие объемы данных, оптимизировать строительные процессы. ИИ может быть использован в различных аспектах строительства: проектировании и планировании, управлении проектами, мониторинге и обеспечении безопасности, роботизации и автоматизации технологических процессов, управление энергопотреблением, анализе разноплановой информации и прогнозировании, снижение негативного экологического воздействия и др. Использование ИИ в строительной отрасли позволяет качественно улучшить производительность, безопасность и экономическую эффективность проектов, а также снизить последствия техногенного воздействия на окружающую среду. Это делает его ключевым компонентом современного строительного комплекса. В данной статье сделана попытка концептуального обобщения и систематизации результатов проведенного нами исследования основных тенденций и направлений применения ИИ в строительном комплексе национального хозяйства с позиции его организационно-экономического влияния на базовые процессы проектирования и строительства. Рассмотрены конкретные примеры применения ИИ в строительном комплексе, возможности их взаимной интеграции и совместного использования.

Для цитирования в научных исследованиях

Секисов А.Н., Коженко Н.В., Папоян А.А., Кристя Н.Г., Прозорова А.С. Основные тенденции и направления применения искусственного интеллекта в строительном секторе национального хозяйства: организационные и экономические аспекты // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2023. Том 13. № 10А. С. 357-366. DOI: 10.34670/AR.2023.20.36.039

Ключевые слова

Искусственный интеллект (ИИ), организация, данные, строительство, управление, планирование, проект, эффективность, процессы, экология.

Введение

ИИ представляет собой очень перспективное направление. В настоящее время данная проблематика активно изучается различными исследователями, работающими в данной области, в том числе на стыке разных специальностей и направлений [Adeloye et al., 2023; Eber, 2020; Ginzburg, Ryzhkova, 2018; Korke et al., 2023; Kyivska, Tsiutsiura, 2021; Mishchenko et al., 2023]. ИИ представляет собой использование компьютерных технологий и алгоритмов машинного обучения для автоматизации и оптимизации процессов в строительной индустрии [Kryukov, Gazal, 2022; Mohammed, 2023].

Искусственный интеллект (ИИ) в строительстве

Как показали проведенные нами исследования, некоторые характеристики и возможности ИИ в современном строительном производстве включают следующие базовые элементы.

1. Автоматизацию проектирования. ИИ может использоваться для анализа данных и разработки оптимальных проектных решений. Он способен обрабатывать большие объемы данных и прогнозировать эффективность различных конструкций, выбирать оптимальные материалы и оптимизировать инженерное проектирование.

2. Управление стройкой. ИИ помогает управлять и осуществлять мониторинг процессов

строительства, улучшая планирование и координацию трудовых ресурсов, материалов и оборудования. Он может прогнозировать риски и предупреждать о проблемах, а также исправлять дефекты и увеличивать эффективность производства.

3. Роботизацию и автоматизацию задач. В строительстве можно использовать ИИ для управления роботизированными системами и автоматизации определенных задач, таких как монтаж конструкций или ремонтные работы. Это позволяет ускорить процесс и снизить риски, связанные с человеческим фактором.

4. Улучшение безопасности. ИИ может улучшить безопасность на строительных площадках, анализируя данные с видеокамер и датчиков, чтобы обнаруживать потенциально опасные ситуации. Он также может предупреждать работников о возможных опасностях и формировать предложения по повышению безопасности.

5. Повышение энергетической эффективности. ИИ может анализировать показатели энергетической эффективности зданий и прогнозировать оптимальные способы снижения потребления энергии. Он также может управлять системами управления энергией в зданиях, чтобы достичь максимальной эффективности.

ИИ в строительстве имеет большой потенциал для повышения эффективности, снижения затрат и улучшения качества проектов [Degtyarev, 2020; Borovkov et al., 2021; Khashirova, 2020; Ovchinnikova, 2023; Sekisov et al., 2019; Sekisov, 2023]. Однако он также требует развития инфраструктуры и экспертных знаний, чтобы быть полностью внедренным в отрасли. При этом, говоря о концепции алгоритмов машинного обучения, следует отметить, что она заключается в разработке компьютерных алгоритмов, которые могут осуществлять обучение на основе предоставленных данных и применять полученные знания для решения задач в будущем. Главная идея состоит в том, чтобы алгоритм самостоятельно «научился» решать задачи, не требуя явного программирования. Основными компонентами концепции алгоритмов машинного обучения при этом является следующее.

1. Исходные данные: набор данных, на котором будет происходить обучение алгоритма. Эти данные обычно состоят из входных признаков и соответствующих им выходных значений или меток.

2. Модель обучения: это математическая функция или алгоритм, который принимает на вход исходные данные и пытается выявить закономерности или шаблоны в данных. Модель обучения выбирается и настраивается в зависимости от конкретной задачи.

3. Обучение модели: процесс настройки модели на основе исходных данных. Обычно включает в себя определение функции потерь, которая измеряет разницу между предсказанной и фактической выходной информацией и оптимизацию модели, чтобы минимизировать эту разницу.

4. Тестирование и оценка: процесс проверки качества работы модели на новых данных. Здесь используются метрики и методы оценки, чтобы измерить эффективность модели.

5. Применение модели: после успешного обучения модель может быть использована для прогнозирования или классификации новых данных в режиме реального времени.

Это общая концепция алгоритмов машинного обучения, которая может быть реализована различными алгоритмами, такими как линейная и логистическая регрессия, деревья решений, наивный Байес и др. Следует отметить, что машинное обучение оказывает значительное влияние на строительство, предоставляя множество возможностей для улучшения процессов и результатов [Yahaya et al., 2023]. Вот только некоторые алгоритмы машинного обучения, применяемые в настоящее время в строительстве.

1. Регрессия: алгоритмы регрессии используются для предсказания числовых значений,

таких как стоимость строительства или сроки выполнения проекта. Например, линейная регрессия может быть использована для прогнозирования стоимости строительных материалов на основе различных факторов, таких как тип материала и цена в прошлом.

2. Кластеризация: алгоритмы кластеризации помогают группировать данные по сходству, что позволяет строителям исследовать и оценивать общие характеристики конструкций или зданий. Например, кластеризация может быть использована для классификации зданий по типу (жилые, коммерческие, государственные) или похожих стилей архитектуры.

3. Анализ текста: алгоритмы анализа текста могут использоваться для обработки больших объемов текстовых данных, таких как документация проектов, электронная почта и отчеты с площадки строительства. Это позволяет строителям автоматизировать процессы анализа и извлечения информации. Например, алгоритмы анализа текста могут автоматически классифицировать документы по типу (разрешения на строительство, контракты, техническая документация) или извлекать ключевые факты, связанные со сроками и стоимостью проекта.

4. Алгоритмы обнаружения аномалий: эти алгоритмы используются для выявления необычных или отклоняющихся от нормы паттернов в данных, что может быть полезно для обнаружения дефектов или несоответствий в строительных проектах. Например, обнаружение аномалий может быть использовано для выявления некачественных материалов или дефектов в смежных конструкциях.

5. Обработка изображений: машинное обучение также может применяться для обработки и анализа изображений, например, с целью контроля качества конструкций или оценки прогресса строительных работ. Алгоритмы компьютерного зрения могут автоматически анализировать фотографии и видео с площадок строительства, выявлять дефекты, определять стадию выполнения работ или оценивать безопасность на строительстве.

С развитием технологий и доступностью данных, машинное обучение будет продолжать вносить значительный вклад в улучшение процессов и результатов в данной отрасли.

В процессе проведенного нами исследования были выявлены основные направления применения ИИ в строительстве в настоящее время. ИИ может использоваться для разработки оптимальных планов строительства и архитектурных проектов. Он может анализировать данные о местоположении, ресурсах, ограничениях и требованиях клиента, чтобы создать наиболее эффективные и экономически целесообразные решения. ИИ может управлять процессом строительства, оптимизируя действия рабочей силы, координируя поставки материалов и оборудования, а также следя за соблюдением сроков и бюджета проекта. С использованием ИИ можно проводить мониторинг качества строительных работ. Алгоритмы могут анализировать данные, полученные с помощью IoT-датчиков, чтобы выявить дефекты, неправильные соединения или отклонения от заданных стандартов качества. ИИ может использоваться для разработки новых строительных материалов с улучшенными свойствами, такими как прочность, устойчивость к агрессивной среде или теплоизоляционные характеристики. ИИ может помочь в предупреждении возникновения проблем с инфраструктурой и предложить оптимальные решения для их устранения. Мониторинг объектов с помощью ИИ-систем поможет своевременно выявить проблемы аварийных инженерных систем. Все это демонстрирует, как ИИ помогает улучшить эффективность, надежность и безопасность строительных работ.

Примеры применения ИИ в строительстве

1. ИИ и AutoCAD – два разных концепта, которые могут использоваться вместе для создания более эффективного и инновационного процесса проектирования. AutoCAD – это

программное обеспечение для 2D и 3D-проектирования и черчения. Оно широко используется в архитектуре, инженерных проектах и строительной отрасли для создания и редактирования чертежей и моделей. AutoCAD предлагает широкий набор инструментов для проектирования, анимации, анализа и документирования проектов. ИИ в контексте AutoCAD может использоваться для улучшения и автоматизации процесса проектирования. Например, ИИ может быть использован для распознавания и классификации элементов на чертеже, автоматического детектирования ошибок и анализа проекта на соответствие строительным стандартам. ИИ также может помочь в автоматическом создании чертежей на основе входных данных и предлагать оптимальные варианты конструкций. Использование ИИ в AutoCAD может сократить время, затрачиваемое на проектирование, уменьшить количество ошибок и повысить качество проекта. Однако, внедрение ИИ в AutoCAD может потребовать дополнительных ресурсов и экспертизы для разработки и настройки соответствующих моделей и алгоритмов. В целом, использование ИИ в AutoCAD может значительно улучшить процесс проектирования и сделать его более эффективным и точным.

2. ИИ и расчетно-конструктивные программы (например, Lira или Stark ES). Имеет большой потенциал для использования в расчетных программах для строительства. Использование ИИ может значительно повысить эффективность и точность расчетов, сократить время и затраты на проектирование и улучшить качество и надежность решений. Вот несколько возможных применений ИИ в расчетных программах для строительства:

1). Автоматизация процесса проектирования: ИИ может использоваться для автоматической генерации оптимальных конструкций и расчетов. Он может анализировать большой объем данных, учитывать различные факторы и ограничения, и предлагать наилучшие варианты проектов.

2). Прогнозирование поведения конструкций: ИИ может использоваться для моделирования и прогнозирования поведения различных материалов и конструкций в различных условиях. Он может учиться на основе ретроспективных данных и последующих наблюдений, что позволяет предсказывать повреждения, деформации и другие параметры конструкций с высокой точностью.

3). Оптимизация материалов и ресурсов: ИИ может помочь оптимизировать использование материалов и ресурсов, учитывая требования проекта и экономические ограничения. Он может предлагать подходящие материалы с учетом их свойств и стоимости, а также оптимизировать планирование поставок и использования ресурсов на строительной площадке.

4). Анализ и прогноз сроков и затрат: ИИ может использоваться для анализа и прогнозирования сроков выполнения проектов и затрат. Он может учитывать различные факторы, такие как условия работ, рабочая сила и особенности проекта, чтобы предсказать время выполнения работ и затраты с высокой точностью.

5). Управление рисками: ИИ может использоваться для анализа и управления рисками в строительных проектах. Он может анализировать ретроспективные данные, идентифицировать потенциальные риски и предлагать соответствующие меры по их управлению.

Это лишь некоторые примеры применения ИИ в расчетных программах для строительства. Использование ИИ в этой области может иметь значительные преимущества, помогая оптимизировать процессы проектирования и строительства, повысить надежность и качество решений, а также сократить время и затраты на проекты.

3. ИИ и сметные программы (например, Гранд-Смета). ИИ может быть полезным инструментом в сметных программах, чтобы помочь автоматизировать процесс формирования

и анализа смет.

Вот некоторые примеры использования ИИ в сметных программах:

1). Автоматизированное заполнение сметных данных: ИИ может использоваться для автоматического заполнения сметных данных на основе определенных параметров, таких как тип здания, площадь, материалы и стоимость работ. Это позволяет сократить время, затрачиваемое на составление смет, и уменьшает вероятность ошибок.

2). Анализ больших объемов данных: сметные программы, основанные на ИИ, могут анализировать большие объемы данных о стоимости материалов, трудозатратах и других параметрах, чтобы обосновать стоимость проекта и выявлять потенциальные риски и несоответствия в смете.

3). Оптимизация сметных расчетов: ИИ может использоваться для оптимизации расчетов сметы по разным критериям, таким как минимизация затрат, оптимальное распределение ресурсов или удовлетворение требований заказчика. Это может помочь повысить точность и эффективность сметных расчетов.

4). Прогнозирование изменений цен и рыночной конъюнктуры: ИИ может использоваться для прогнозирования изменений цен на материалы и работы, а также для анализа рыночной конъюнктуры. Это может помочь оценить будущую стоимость проекта и принять меры для снижения рисков, связанных с изменением цен в рыночных условиях.

5). Непрерывное обучение и улучшение алгоритмов: ИИ может использоваться для анализа данных о выполненных проектах и обратной связи от пользователей сметных программ, чтобы постоянно улучшать алгоритмы и повышать точность и надежность сметных расчетов.

Использование ИИ в сметных программах может значительно повысить эффективность и точность сметных расчетов, а также помочь снизить время, затрачиваемое на формирование смет и выявление потенциальных ошибок. Однако, необходимо учитывать, что ИИ не заменяет роль опытного сметчика или инженера-оценщика, а служит вспомогательным инструментом для повышения качества работы.

4. ИИ может быть использован с MS Project для выполнения следующих задач:

1). Прогнозирование рисков и управление ими: ИИ может анализировать ретроспективные данные о проектах и определять вероятность возникновения конкретных рисков. Это помогает менеджерам проектов предупреждать эти риски и адекватно планировать меры для их предотвращения или снижения.

2). Рекомендации по оптимизации проектных планов: ИИ может анализировать данные о ресурсах, времени и бюджете проектов и предлагать оптимальные варианты планов. Это помогает упростить и ускорить процесс планирования и повысить эффективность ресурсов.

3). Автоматическое управление задачами и распределение нагрузки: ИИ может изучать предпочтения и навыки каждого члена команды проекта и автоматически распределять задачи с учетом их компетенций и загруженности. Это помогает оптимизировать рабочий процесс и приводит к более эффективному использованию ресурсов.

4). Анализ производительности и мониторинг: ИИ может анализировать данные о выполнении проектов и предоставлять статистику о производительности команды, уровне выполнения планов и других ключевых показателях. Это помогает менеджерам проектов быстро и точно оценить текущую ситуацию и принять необходимые меры, если проект не идет по плану.

Общий результат использования ИИ с MS Project заключается в увеличении эффективности управления проектами, сокращении времени и усилий для постановки и выполнения задач, снижении рисков и повышении качества проектной деятельности.

5. Нейросети в строительстве.

В строительстве нейросети используют различные алгоритмы и модели и могут быть задействованы при решении базовых строительных задач. Для распознавания образов и сегментации изображений применяют: U-Net – предметно используется для сегментации и сопоставления изображений в задачах компьютерного зрения, например, для обнаружения дефектов на строительных материалах; Faster R-CNN (Region-based Convolutional Neural Network) – широко используется для обнаружения и распознавания объектов на строительной площадке с помощью компьютерного зрения. Для анализа и прогнозирования временных рядов: LSTM (Long Short-Term Memory) – применяется, например, для моделирования и прогнозирования потребления электроэнергии в зданиях. Для оптимизации и проектирования структуры зданий: генетические алгоритмы – часто используются в сочетании с нейросетями для оптимизации архитектурных и инженерных решений, например, для оптимизации конструкции фундаментов и структурных элементов зданий. Для анализа и прогнозирования рисков: SVM (Support Vector Machines) – применяются, например, для определения вероятности задержки или превышения бюджета проекта. Это лишь несколько примеров того, какие нейросетевые алгоритмы и модели могут использоваться в строительстве. Их реальное применение и наличие могут различаться в зависимости от конкретных проектов и компаний, занимающихся строительством.

Заключение

Таким образом, использование ИИ в строительном секторе, как показали проведенные нами исследования, открывает широкие перспективы и может привести к значительной экономической эффективности. При этом основными точками оптимизации являются: увеличение производительности (ИИ может автоматизировать ряд рутинных задач, таких как планирование и управление ресурсами, что увеличивает производительность труда), оптимизация ресурсов (использование алгоритмов машинного обучения помогает лучше распределять ресурсы, что снижает издержки и улучшает управление бюджетом), сокращение времени выполнения проектов (благодаря автоматизации и оптимизации процессов, сроки выполнения проектов могут существенно сокращаться, что экономит время и ресурсы), повышение точности (ИИ способен предсказывать потенциальные проблемы и риски, что помогает предотвращать дорогостоящие ошибки), снижение затрат на обслуживание (ИИ может использоваться для мониторинга состояния инфраструктуры и оборудования, предсказывая необходимость технического обслуживания), устойчивость и экологические выгоды (использование ИИ для оптимизации энергетического потребления и выбора экологически устойчивых материалов может снизить негативное техногенное воздействие на окружающую среду), повышение конкурентоспособности (компании, внедряющие ИИ, могут быть более конкурентоспособными на рынке, привлекая заказчиков и инвесторов своей инновационностью и результативностью). Эти факторы суммируются и создают огромный потенциал для значительного повышения эффективности и прибыльности в строительной индустрии при использовании искусственного интеллекта.

Библиография

1. Adeloye A. et al. Applications of Artificial Intelligence (AI) in the construction industry: A review of Observational Studies // Trends in Applied Sciences Research. 2023. 42-52.

2. Borovkov A. et al. Improving the information resource management strategy in the process of modernizing an industrial enterprise // E3S Web of Conferences. Chelyabinsk, 2021. P. 06059.
3. Degtyarev V.G. The design criteria evaluation for the rigidity of the structure foundation with various models for moving the grillage and head wall // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development (CATPID-2020). Vol. 913. Nalchik, 2020. P. 022-052.
4. Eber W. Potentials of artificial intelligence in construction management // Organization, Technology and Management in Construction: an International Journal. 2020. 12. P. 2053-2063.
5. Ginzburg A., Ryzhkova A. Artificial intelligence capabilities for increasing organizational-technological reliability of construction // Vestnik MGSU. 2018. 7-13. 10.22227/1997-0935.2018.1.7-13.
6. Khashirova T.Yu. The influence analysis of the structures and applied software systems' soil foundations design models // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development (CATPID-2020). Vol. 913. Nalchik, 2020. P. 022050.
7. Korke P. et al. Role of Artificial Intelligence in Construction Project Management // E3S Web of Conferences. 2023. 405.
8. Kryukov K., Gazal A. Modeling of the Construction Company Activities Based on Artificial Intelligence Technology // Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning. 2022. 1. P. 16-23.
9. Kyivska K., Tsiutsiura S. Implementation of artificial intelligence in the construction industry and analysis of existing technologies // Technology audit and production reserves. 2021. 2. 12-15.
10. Mishchenko V. et al. Experience in the use of artificial intelligence in making managerial decisions in the construction of real estate // Journal of Applied Engineering Science. 2023. 21. P. 1-9.
11. Mohammed A. Role of Artificial Intelligence in the Construction Industry – A Systematic Review. 2023. 12.
12. Ovchinnikova S.V. Key aspects of improving project management within the current socio-economic development // E3S Web of Conferences: Ural Environmental Science Forum “Sustainable Development of Industrial Region” (UESF-2023). Vol. 389. Chelyabinsk, 2023. P. 09015.
13. Sekisov A.N. Challenges and prospects for energy efficiency development in residential buildings // E3S Web of Conferences: Ural Environmental Science Forum “Sustainable Development of Industrial Region” (UESF-2023). Chelyabinsk, 2023. P. 06009.
14. Sekisov A.N. et al. Pit design taking into account water level reduction using the software package MIDAS GTS NX // IIOAB Journal. 2019. Vol. 10. No. S2. P. 93-100.
15. Yahaya B. et al. Economic Sustainability of Building and Construction Projects Based on Artificial Intelligence Techniques // The Asian Review of Civil Engineering. 2023. 12. P. 34-40.

Main trends and directions of application of artificial intelligence in the construction sector of the national economy: organizational and economic aspects

Aleksandr N. Sekisov

PhD in Economics,
Associate Professor of the Department of Construction,
Kuban State Agrarian University,
350044, 13, Kalinina str., Krasnodar, Russian Federation;
e-mail: alnikkss@gmail.com

Natal'ya V. Kozhenko

PhD in Technical Science,
Associate Professor of the Department of Construction Production,
Kuban State Agrarian University,
350044, 13, Kalinina str., Krasnodar, Russian Federation;
e-mail: natashakristya1996@mail.ru

Al'bina A. Papoyan

Postgraduate,
Kuban State Technological University,
350072, 2, Moskovskaya str., Krasnodar, Russian Federation;
e-mail: development27@mail.ru

Natal'ya G. Kristya

Master's Degree,
Kuban State Technological University,
350072, 2, Moskovskaya str., Krasnodar, Russian Federation;
e-mail: natashakristya1996@mail.ru

Aleksandra S. Prozorova

Master's Degree,
Kuban State Technological University,
350072, 2, Moskovskaya str., Krasnodar, Russian Federation;
e-mail: praleksaa@mail.ru

Abstract

The general concept of using artificial intelligence (AI) in the construction complex is the use of computer systems and algorithms capable of analyzing and processing large volumes of data and optimizing construction processes. AI is a very promising area. Currently, this issue is being actively studied by various researchers working in this field, including at the intersection of different specialties and areas. AI can be used in various aspects of construction: design and planning, project management, monitoring and safety, robotization and automation of technological processes, energy management, analysis of diverse information and forecasting, reduction of negative environmental impact, etc. The use of AI in the construction industry can qualitatively improve the productivity, safety and economic efficiency of projects, as well as reduce the consequences of man-made impacts on the environment. This makes it a key component of the modern building complex. This article tries to conceptually generalize and systematize the results of our study of the main trends and directions of application of artificial intelligence in the construction complex of the national economy from the position of its organizational and economic influence on the basic processes of design and construction. Specific examples of the use of AI in the construction complex, the possibility of their mutual integration and joint use are considered.

For citation

Sekisov A.N., Kozhenko N.V., Papoyan A.A., Kristya N.G., Prozorova A.S. (2023) Osnovnye tendentsii i napravleniya primeneniya iskusstvennogo intellekta v stroitel'nom sektore natsional'nogo khozyaistva: organizatsionnye i ekonomicheskie aspekty [Main trends and directions of application of artificial intelligence in the construction sector of the national economy: organizational and economic aspects]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 13 (10A), pp. 357-366. DOI: 10.34670/AR.2023.20.36.039

Keywords

Artificial intelligence (AI), organization, data, construction, management, planning, project, efficiency, processes, ecology.

References

1. Adeloye A. et al. (2023) Applications of Artificial Intelligence (AI) in the construction industry: A review of Observational Studies. *Trends in Applied Sciences Research*, 42-52.
2. Borovkov A. et al. (2021) Improving the information resource management strategy in the process of modernizing an industrial enterprise. In: *E3S Web of Conferences*. Chelyabinsk.
3. Degtyarev V.G. (2020) The design criteria evaluation for the rigidity of the structure foundation with various models for moving the grillage and head wall. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development (CATPID-2020)*. Vol. 913. Nalchik.
4. Eber W. (2020) Potentials of artificial intelligence in construction management. *Organization, Technology and Management in Construction: an International Journal*, 12, pp. 2053-2063.
5. Ginzburg A., Ryzhkova A. (2018) Artificial intelligence capabilities for increasing organizational-technological reliability of construction. *Vestnik MGSU*, 7-13. 10.22227/1997-0935.2018.1.7-13.
6. Khashirova T.Yu. (2020) The influence analysis of the structures and applied software systems' soil foundations design models. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development (CATPID-2020)*. Vol. 913. Nalchik.
7. Korke P. et al. (2023) Role of Artificial Intelligence in Construction Project Management. In: *E3S Web of Conferences*.
8. Kryukov K., Gazal A. (2022) Modeling of the Construction Company Activities Based on Artificial Intelligence Technology. *Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning*, 1, pp. 16-23.
9. Kyivska K., Tsiutsiura S. (2021) Implementation of artificial intelligence in the construction industry and analysis of existing technologies. *Technology audit and production reserves*, 2, pp. 12-15.
10. Mishchenko V. et al. (2023) Experience in the use of artificial intelligence in making managerial decisions in the construction of real estate. *Journal of Applied Engineering Science*, 21, pp. 1-9.
11. Mohammed A. (2023) *Role of Artificial Intelligence in the Construction Industry – A Systematic Review*.
12. Ovchinnikova S.V. (2023) Key aspects of improving project management within the current socio-economic development. In: *E3S Web of Conferences: Ural Environmental Science Forum "Sustainable Development of Industrial Region" (UESF-2023)*. Vol. 389. Chelyabinsk.
13. Sekisov A.N. (2023) Challenges and prospects for energy efficiency development in residential buildings. In: *E3S Web of Conferences: Ural Environmental Science Forum "Sustainable Development of Industrial Region" (UESF-2023)*. Chelyabinsk.
14. Sekisov A.N. et al. (2019) Pit design taking into account water level reduction using the software package MIDAS GTS NX. *IIOAB Journal*, 10, S2, pp. 93-100.
15. Yahaya B. et al. (2023) Economic Sustainability of Building and Construction Projects Based on Artificial Intelligence Techniques. *The Asian Review of Civil Engineering*, 12, pp. 34-40.