

УДК 33

DOI: 10.34670/AR.2023.86.65.029

Современные возможности искусственного интеллекта в строительной отрасли

Хамидов Баходиржон Содикжонович

Соискатель,
Ташкентский филиал РЭУ им. Г.В. Плеханова,
100164, Узбекистан, Ташкент, ул. Шахрибод, 3;
e-mail: Bilimdon_press@mail.ru

Аннотация

В статье описываются применение искусственного интеллекта в сфере строительства, его преимущества и возможные пути дальнейшего развития. В анализе рассматриваются сегменты цифровизации и анализ шагов становления страны с внедрением искусственного интеллекта. Согласно исследованию, практика перехода к цифровой экономике с ее преимуществами и недостатками, особенно в сфере занятости, недостаточно исследована. Данная статья заполняет некоторые пробелы в основных дебатах об автоматизации, внедрении новых технологий в строительной отрасли. В соответствии со статистикой в мире, в том числе и по Узбекистану, определены политические последствия и даны рекомендации для снижения рисков влияния внедрения искусственного интеллекта и роботизации производительности труда на рынке труда. Это исследование является полезным источником информации для исследователей и практиков в отношении соответствующих приложений ИИ и исследований в строительной отрасли. В этом исследовании было представлено четкое понимание внутренних возможностей, а также потенциальных барьеров областей применения. Заинтересованные стороны в строительстве, такие как регулирующие органы, лица, принимающие решения, могут воспользоваться его результатами.

Для цитирования в научных исследованиях

Хамидов Б.С. Современные возможности искусственного интеллекта в строительной отрасли // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2023. Том 13. № 3А. С. 257-266. DOI: 10.34670/AR.2023.86.65.029

Ключевые слова

Искусственный интеллект, строительство, умный город, автоматизация, машинная обработка, роботизация.

Введение

Развитие робототехники, технологий искусственного интеллекта и Интернета вещей привело к кардинальной трансформации условий и характера труда. Автоматизация и искусственный интеллект способствуют экономическому росту за счет своего вклада в повышение производительности. Машины смогут выполнять больше задач, выполняемых сейчас людьми, дополнять работу, которую делают люди, и даже выполнять некоторые задачи, которые выходят за рамки того, что могут делать люди.

Крупные и авторитетные игроки в технологическом секторе, внедряющие ИИ в промышленность, находятся на ранней стадии. Обследование компаний, проведенное в США, показывает низкие показатели внедрения технологий, связанных с ИИ, таких как машинное обучение, машинное зрение, обработка естественного языка и автоматизированные управляемые транспортные средства.

Около 7% мировой рабочей силы занято в строительной отрасли, поэтому она является одним из основных секторов мировой экономики. Частные лица, государства, предприятия тратят триллионы долларов в год на строительные работы.

В Узбекистане отрасли, лидирующие во внедрении ИИ, включают высокие технологии, автомобилестроение и сборку, телекоммуникации, транспорт и логистику, финансовые услуги и потребительские товары, розничную торговлю и здравоохранение. Те же исследования, проведенные в научной школе «Экономика труда и человеческий капитал» при Ташкентском государственном экономическом университете, показывают, что ИИ, как правило, внедряется в такие технологии, как понимание естественного языка и анализ текста, а также управление решениями, визуальное распознавание (включая изображения, лица и видео), виртуальные агенты или диалоговые интерфейсы (чат-боты) и роботизированная автоматизация процессов [Абдурахманов, 2023].

Создание и развитие интегрированной системы информационного обеспечения строительного комплекса, повышение инвестиционной привлекательности при реализации проектов, установление кооперационных отношений в области подготовки специалистов строительного производства, расширения современных моделей строительства «Умный город» и «Умный дом», интеллектуализация проектирования инновационной деятельности строительных предприятий, автоматизация проекта строительства, использование информационных технологий при планировании ремонтно-строительных работ, а также в системе жилищно-коммунального хозяйства предполагает реализацию выше названных задач [Искандаров, 2019].

Основная часть

Многочисленные преимущества, вызванные расширением доступа к Интернету и взаимосвязанным системам во всем мире, находятся под угрозой из-за постоянно развивающихся киберугроз. Некоторые примеры киберугроз, которые распространены в строительной отрасли, включают вредоносное ПО, социальную инженерию и фишинг. Исследование показало, что, хотя строительная отрасль не имеет большого значения в выводах о кибербезопасности, внедрение платформ информационного моделирования знаний уровня 3 с растущим доверием к виртуальности увеличит подверженность киберпреступности. Растущая интеграция платформ информационного моделирования знаний с данными из других внешних

источников делает его особенно уязвимым для кибератак. На самом деле, любые цифровые технологии, используемые в строительной отрасли, дополненная и виртуальная реальность, IoT и даже ИИ, такие как жесткие и мягкие роботы, подвержены риску кибератак, если нет надлежащего плана сетевой безопасности и реагирования [Abdurakhmanov, Kudbiev, Magrourov, 2020].

С момента изобретения блокчейна в 2008 году его внедрение быстро росло, особенно в области криптовалюты, управления рисками, Интернета вещей, государственных, социальных и финансовых услуг.

Технология блокчейн помогает обеспечить легитимность транзакции, предотвращает двойные траты и позволяет совершать крупные транзакции в недоверчивой среде, используя криптографию и механизм консенсуса для проверки. Некоторые недавние применения блокчейна в строительстве включают логистику строительных материалов, интеграция с IoT и платформ информационного моделирования знаний для управления данными жизненного цикла здания и для улучшения производственных цепочек поставок в отрасли композитных материалов. Применение технологии блокчейн в строительной отрасли нетривиально, и она может решить большинство проблем доверия, коммуникации и прозрачности в отрасли. Применение ИИ в строительстве может быть интегрировано с технологией блокчейн для разработки безопасных, прозрачных решений с децентрализованными облачными пространствами, где хранится информация о строительных проектах, доступная участникам проекта.

В таблице 1 показаны некоторые преимущества и ограничения подполей ИИ в строительной отрасли. Аналогичные преимущества во всех областях включают повышенную экономию средств и времени, повышенную безопасность, повышенную точность и общую повышенную производительность. Некоторые из ограничений подобластей ИИ в строительстве включают неполные данные, высокую начальную стоимость развертывания, проблемы с получением данных и знаний.

Таблица 2 представляет выявленные области применения ИИ в строительной отрасли, современное состояние и потенциальные будущие возможности для более широкого внедрения ИИ. Из таблицы было определено четырнадцать (14) поддоменов с соответствующими современными приложениями и потенциальными возможностями для конкретных вопросов строительства. Некоторые из выявленных подобластей включают оптимизацию ресурсов и отходов; услуги, ориентированные на ценность; управление цепочками поставок; здоровье и безопасность, аналитика строительных контрактов на основе ИИ; голосовые пользовательские интерфейсы; и управляемая искусственным интеллектом система аудита финансов строительства. В рамках услуг, ориентированных на ценность, описываются поддомены, такие как оценка и планирование, аналитика строительной площадки, создание рабочих мест, интеграция ИИ и платформ информационного моделирования знаний с другими инструментами отрасли 4.0, такими как Интернет вещей (IoT).

Ежегодно растет количество отходов строительства и сноса из-за быстрого постоянного развития. Эти строительные работы оказывают неблагоприятное воздействие на окружающую среду, природные и человеческие ресурсы во всем мире. Таким образом, использование расширенной аналитики данных может значительно минимизировать потери.

На данный момент это исследование выявило возможности, а также новые тенденции в применении ИИ в строительных процессах. Для дальнейшего укрепления этой области знаний важно определить и обсудить ключевые проблемы. Рис. 1. показывает возможности, новые

тенденции, проблемы и открытые вопросы исследований ИИ в строительной отрасли. Ниже представлены шесть основных проблем, влияющих на внедрение ИИ в строительстве.

Таблица 1 - Преимущества и ограничения подполей ИИ в строительстве

Подобласти	Преимущества в строительстве	Ограничения в строительстве
Машинное обучение	<ul style="list-style-type: none"> - Соответствующие прогностические и предписывающие идеи - Повышенная эффективность - Экономия затрат - Повышенная безопасность - Эффективное использование ресурсов - Сокращение ошибок и упущений 	<ul style="list-style-type: none"> Неполные данные - Обучение на потоковых данных, работа с многомерными данными, масштабируемость моделей и распределенные вычисления
Компьютерное зрение	<ul style="list-style-type: none"> - Более быстрый осмотр и мониторинг - Лучшая точность, надежность и прозрачность - Экономически эффективным - Повышенная производительность - Повышенная безопасность 	<ul style="list-style-type: none"> - Полное понимание сцены - Распознавание действий оборудования и/или рабочих - Повышение точности отслеживания и эффективная визуализация результатов отслеживания.
Автоматизированное планирование и составление графиков	<ul style="list-style-type: none"> - Экономия средств за счет улучшения процессов логистики - Повышенная производительность - Уменьшение усилий по планированию - Упрощенный мониторинг и контроль - Оптимальный план и графики 	<ul style="list-style-type: none"> - В основном дорого реализовать - Может быть сложным - Представления знаний для необходимых моделей, проблемы мониторинга, проблемы интеграции, методы синтеза и т. д.
Робототехника	<ul style="list-style-type: none"> - Повышенная безопасность - Повышенная производительность - Улучшено качество - Лучшая надежность и точность - Быстрее и последовательнее, чем люди 	<ul style="list-style-type: none"> - Высокие первоначальные затраты - Потенциальная потеря рабочих мест из-за автоматизации - Затраты на техническое обслуживание и ремонт - Неструктурированная рабочая среда
Системы, основанные на знаниях	<ul style="list-style-type: none"> - Легкий доступ к необходимой информации - Легко обновлять - Умение объяснить причину решения - Консистенция и доступность - Может работать с неполной информацией - Четкая логика 	<ul style="list-style-type: none"> - Защита интеллектуальной собственности и вопросы безопасности - Проблемы с приобретением знаний - Проблемы с проверкой знаний
Обработка естественного языка	<ul style="list-style-type: none"> - Повышенная производительность - Экономическая эффективность - Эффективность времени - Улучшить коммуникацию между заинтересованными сторонами 	<ul style="list-style-type: none"> Надлежащее представление фрагментированного, расширенного и ошибочного языка - Проблемы с распознаванием речи, такие как шум строительной площадки, омонимы, вариативность акцента и т. д. - Вопросы конфиденциальности и безопасности данных
Оптимизация	<ul style="list-style-type: none"> - Повышение производительности благодаря оптимизированным процессам - Повышенная эффективность - Экономия затрат и времени 	<ul style="list-style-type: none"> - Требуется значительной вычислительной мощности - Проблемы с масштабируемостью

Составлено автором на основе исследования

Таблица 2 - Современные и потенциальные возможности ИИ в строительной отрасли

Субдомены строительной индустрии	Уровень развития	Потенциальные возможности
Оптимизация ресурсов и отходов	Аналитика данных для управления и сбора отходов 3D-модель на основе (ПИМЗ) для количественного определения строительных отходов. Структура минимизации строительных отходов на основе платформы информационного моделирования зданий	- Инструмент целостной аналитики отходов на основе искусственного интеллекта
Услуги, ориентированные на ценность		
Оценка и Планирование	Платформы информационного моделирования знаний (ПИМЗ) для оценки стоимости и времени	- Глубокое обучение для оценки затрат и времени
Аналитика строительной площадки	Контроль проектов на строительных площадках Аналитика эффективности строительства Планирование расположения участка	- Аналитика строительной площадки на основе искусственного интеллекта - ИИ чат-бот для информации о сайте
Создание рабочих мест	Вакансии и компетенции ПИМЗ Зеленые рабочие места Влияние автоматизации роботов на рабочие места	- Разработчик средств автоматизации строительства - Системные тренеры - Тестировщики систем
ИИ и ПИМЗ с инструментами Индустрии 4.0, ИИ с Интернетом вещей (IoT)	Интеллектуальный мониторинг энергопотребления здания Платформа ПИМЗ с поддержкой IoT для сборных конструкций Интернет вещей для предупреждения о безопасности на строительных площадках	- Платформа Интернета вещей на основе ИИ - ПИМЗ с поддержкой ИИ для Интернета вещей
ИИ с умными городами	Управление энергопотреблением умного дома, развитие умного города и городское планирование с использованием датчиков. Схема метаданных для инфраструктуры умного здания. Энергоэффективность города с использованием ПИМЗ	- Аналитика встроенной среды на основе ИИ - Интероперабельные системы управления зданием
ИИ с дополненной реальностью (ДР)	Управление дефектами с использованием ПИМЗ ДР и сбора данных на основе онтологий, мобильной виртуальной реальности и дополненной реальности для обучения в области здравоохранения и безопасности. Области применения дополненной реальности в строительстве	- Система визуального исследования с поддержкой ИИ - Исследование виртуального сайта на основе ИИ и ДР - ИИ для сравнения «как запланировано» и «как построено»
ИИ и Блокчейн	Облачные вычисления в сочетании с блокчейном для логистики материалов Интеграция IoT, блокчейна и ПИМЗ для управления данными жизненного цикла здания Цепочки поставок производства на основе блокчейна в промышленности композитных материалов	- Безопасные и прозрачные решения на основе ИИ для повышения доверия
ИИ и квантовые вычисления	Квантовые компьютеры	- Оптимизация контроля качества существующих решений ИИ

Субдомены строительной индустрии	Уровень развития	Потенциальные возможности
		- Данные ПИМЗ для контроля качества и искусственного интеллекта - Аналитика
Управление цепочками поставок	Система мониторинга рисков Мобильная цепочка поставок Язык спецификации процесса для улучшения коммуникации в цепочке поставок	- ИИ с блокчейном для управления цепочками поставок в строительстве - Целостная система управления цепочками поставок на основе искусственного интеллекта - Чат-бот с искусственным интеллектом для цепочки поставок
Аналитика здоровья и безопасности	Идентификация и предотвращение опасности падения на основе ПИМЗ. Библиотека знаний по проектированию для обеспечения безопасности для интегрированных в ПИМЗ анализов рисков безопасности. Носимые технологии для персонализированной безопасности строительства и мониторинга. Интеграция сенсорных технологий с ПИМЗ для повышения безопасности	- Глубокое обучение для прогнозной аналитики здоровья и безопасности - Целостный инструмент управления здоровьем и безопасностью для мониторинга, визуализации, уведомления и действий.
Управление строительными контрактами	Управление строительными контрактами с использованием систем упаковки стоимости Технологии блокчейн и криптовалюты для управления базами данных в строительстве	- Аналитика строительных контрактов на основе ИИ - Целостное управление контрактами на базе блокчейна
Голосовые пользовательские интерфейсы	Система оценки количества зданий с голосовым вводом Интеграция распознавания голоса и управления жестами для взаимодействия с дополненной реальностью для улучшения практики проектирования	- Голосовые пользовательские интерфейсы на основе ИИ для использования при проектировании, строительных работах на стройплощадке и за ее пределами.
Системы аудита финансов при строительстве	Решения 5D ПИМЗ для управления стоимостью строительства Модель больших данных на основе блокчейна для аудита модификации ПИМЗ	- Система аудита финансов при строительстве на основе искусственного интеллекта

Составлено автором на основе исследования

В настоящее время во всем мире ощущается нехватка инженеров по искусственному интеллекту, обладающих необходимыми навыками, чтобы возглавить серьезные разработки в различных отраслях. Довольно сложно получить ИИ-инженеров с опытом в строительном секторе для создания индивидуальных решений, направленных на решение многих проблем в отрасли. Это можно смягчить за счет увеличения государственных расходов на образование в области естественных наук, технологий, инженерии и математики (STEM). Кроме того, специалисты по строительству необходимы для сотрудничества с исследователями и отраслевыми экспертами в области искусственного интеллекта для объединения идей и создания новых инноваций, которые действительно отвечают потребностям строительной отрасли [Schwabe, Teizer, Konig, 2019].

Преимущества решений на основе ИИ в строительной отрасли неоспоримы. Однако первоначальные затраты, необходимые для инвестирования в такие решения ИИ, например, в робототехнику, обычно очень высоки. Необходимо также учитывать требования к обслуживанию таких решений. Это может быть не по карману подавляющему большинству субподрядчиков и небольших фирм, составляющих основную часть строительной отрасли. Поэтому для фирм важно определить экономию средств и окупаемость инвестиций в такие технологии, чтобы решить, инвестировать или нет. Кроме того, поскольку эти технологии становятся все более популярными и распространенными в строительстве, ожидается, что цены снизятся, что сделает их доступными для небольших фирм.



Составлено автором на основе исследования

Рисунок 1 - Возможности, новые тенденции, вызовы и открытые вопросы исследований

Уинфилд и Жиротка разъяснили, что установление и поддержание общественного доверия к технологиям искусственного интеллекта зависит от инклюзивного, прозрачного и гибкого управления. Это важнейший вопрос, который имеет большое значение для общества в целом. Возможности технологий искусственного интеллекта, хотя и обещают отличные результаты, также могут быть опасными, если их не регулировать должным образом. Например, большой строительный робот, который дает сбой и вынужден падать на оживленной строительной площадке с большим количеством рабочих. Как робот принимает решение упасть влево или вправо, в зависимости от количества рабочих с каждой стороны, прекрасно зная, что это может означать смерть для рабочих? Использование некоторых решений ИИ также может привести к несправедливому преимуществу для некоторых фирм в строительной отрасли, что необходимо регулировать [Delgado et al., 2019].

Строительные площадки в основном удалены и не имеют электричества, телекоммуникаций и подключения к Интернету. Иногда даже строительные работы приводят к перебоям в электроснабжении и подключении к Интернету. Это создает серьезную проблему при использовании инструментов ИИ на строительных площадках, работа которых в основном зависит от хорошего подключения к Интернету и источника питания, например, роботов, систем мониторинга площадки и т.д.

Например, датчики и приводы передают информацию, которую необходимо вычислять в режиме реального времени во время строительства. Актуален поиск путей эффективного и действенного решения этой проблемы. Использование коммуникационных технологий 4G (LTE/4G) позволило в значительной степени решить эту проблему. Появление 5G обеспечивает еще большую надежность для строительных площадок благодаря высокой скорости передачи данных, уменьшенной задержке, энергосбережению, снижению затрат, более высокой емкости системы и широкому подключению устройств.

Заключение

Таким образом, ИИ способен оказать огромное влияние на методы работы в нескольких отраслях как инновационный подход к повышению производительности и решению проблем. Строительная отрасль сталкивается с проблемой производительности и другими бесчисленными проблемами, которые может решить искусственный интеллект. С увеличением количества данных, генерируемых на протяжении всего жизненного цикла здания, и появлением других цифровых технологий ИИ может использовать эти данные и использовать возможности других технологий для улучшения строительных процессов. Чтобы ответить на поставленные вопросы в этом исследовании, мы изучили, в какой степени технологии ИИ используются в строительстве. Мы рассмотрели не только последние исследования, но и соответствующие исследования, опубликованные за последние шесть десятилетий в нескольких областях применения в строительстве. Кратко объясняются концепции, типы, компоненты и подполя ИИ, а также объясняются работы, использующие эти подполя. Был представлен обзор областей применения, преимуществ, ограничений и преимуществ каждой области ИИ, используемой в строительстве.

Кроме того, в этом исследовании были выявлены и обсуждены некоторые дополнительные возможности и открытые вопросы исследования ИИ в строительстве. Хотя применение ИИ постепенно увеличивается; его актуальность еще больше усиливается другими новыми тенденциями, такими как BIM, IoT, квантовые вычисления, дополненная реальность,

кибербезопасность и блокчейн. Мы исследовали некоторые проблемы, мешающие внедрению ИИ в отрасли, и решили их с помощью рекомендаций. Это исследование является полезным источником информации для исследователей и практиков в отношении соответствующих приложений ИИ и исследований в строительной отрасли. В этом исследовании было представлено четкое понимание внутренних возможностей, а также потенциальных барьеров областей применения. Заинтересованные стороны в строительстве, такие как регулирующие органы, лица, принимающие решения, могут воспользоваться его результатами.

Библиография

1. Абдурахманов К.Х. Трансформация рынка труда в условиях внедрения искусственного интеллекта // Экономика труда. 2023. Т. 10. № 2. С. 227-246.
2. Елагина А.С., Грушицын А.С., Терновсков В.Б. Трансформация рынка труда Китая в условиях индустриализации // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2022. Том 12. № 5А. С. 230-236. DOI: 10.34670/AR.2022.81.70.048
3. Искандаров Э.Б. Современные приоритеты городского строительства в условиях роста // Проблемы архитектуры строительства. 2019. № 1. С. 3-12.
4. Abdurakhmanov K.Kh., Kudbiev Sh.D., Magroupov A.Yu. Human capital basis of development of innovative economy // International Journal of Psychosocial Rehabilitation. 2020. Vol. 24. Is. 04. P. 1475-7192.
5. Abdurakhmanov K., Zokirova N. Human development. Bremerhaven, 2014. P. 423.
6. Chien C.D. et al. Artificial intelligence in manufacturing and logistics systems: algorithms, applications, and case studies // Int. J. Prod. Res. 2020. 58 (9). P. 2730-2731.
7. Delgado J.M.D. et al. Robotics and automated systems in construction: understanding industry-specific challenges for adoption // Journal of Building Engineering. 2019. 26. 100868.
8. Schwabe K., Teizer J., Konig M. Applying rule-based model-checking to construction site layout planning tasks // Autom. Construct. 2019. 97 (97). P. 205-219.
9. Yao X. et al. From Intelligent Manufacturing to Smart Manufacturing for Industry 4.0 Driven by Next Generation Artificial Intelligence and Further on // 5th International Conference on Enterprise Systems. Beijing, 2017.
10. Digilina O. B. et al. Transformation of the labor market in the context of digitalization //RSUH/RGGU BULLETIN. Series Economics. Management. Law. – 2020.

Modern possibilities of artificial intelligence in the construction industry

Bakhodirdzon S. Khamidov

Applicant,
Tashkent Branch of Plekhanov Russian University of Economics,
100164, 3, Shakhriobod str., Tashkent, Uzbekistan;
e-mail: Bilimdon_press@mail.ru

Abstract

The article describes the use of artificial intelligence in the construction industry, its advantages and possible ways for further development. The analysis considers segments of digitalization and analysis of the steps of the country's formation with the introduction of artificial intelligence. According to the study, the practice of transition to a digital economy, with its advantages and disadvantages, especially in the field of employment, has not been sufficiently studied. This article fills in some of the gaps in the main debate about automation, the introduction of new technologies in the construction industry. In accordance with the statistics in the world, including in Uzbekistan, political consequences are identified and recommendations are given to reduce the risks of the impact of the introduction of artificial intelligence and robotization of labor productivity on the labor

market. AI has the potential to have a huge impact on the way we work across multiple industries as an innovative approach to productivity and problem solving. This study is a useful source of information for researchers and practitioners regarding relevant AI applications and research in the construction industry. This study provided a clear understanding of the internal capabilities as well as potential application barriers. Stakeholders in construction, such as regulators, decision makers, can benefit from its results.

For citation

Khamidov B.S. (2023) Sovremennye vozmozhnosti iskusstvennogo intellekta v stroitel'noi otrasli [Modern possibilities of artificial intelligence in the construction industry]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 13 (3A), pp. 257-266. DOI: 10.34670/AR.2023.86.65.029

Keywords

Artificial intelligence, construction, smart city, automation, machine processing, robotization.

References

1. Abdurakhmanov K.Kh. (2023) Transformatsiya rynka truda v usloviyakh vnedreniya iskusstvennogo intellekta [Transformation of the labor market in the context of the introduction of artificial intelligence]. *Ekonomika truda* [Labor Economics], 10, 2, pp. 227-246.
2. Abdurakhmanov K., Zokirova N. (2014) *Human development*. Bremerhaven.
3. Abdurakhmanov K.Kh., Kudbiev Sh.D., Magroupov A.Yu. (2020) Human capital basis of development of innovative economy. *International Journal of Psychosocial Rehabilitation*, 24, 04, pp. 1475-7192.
4. Chien C.D. et al. (2020) Artificial intelligence in manufacturing and logistics systems: algorithms, applications, and case studies. *Int. J. Prod. Res.*, 58 (9), pp. 2730-2731.
5. Delgado J.M.D. et al. (2019) Robotics and automated systems in construction: understanding industry-specific challenges for adoption. *Journal of Building Engineering*, 26, 100868.
6. Elagina A.S., Grushitsyn A.S., Ternovskov V.B. (2022) Transformatsiya rynka truda Kitaya v usloviyakh industrializatsii [Transformation of China's labor market in the conditions of industrialization]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 12 (5A), pp. 230-236. DOI: 10.34670/AR.2022.81.70.048
7. Iskandarov E.B. (2019) Sovremennye priority gorodskogo stroitel'stva v usloviyakh rosta [Modern priorities of urban construction in the conditions of growth]. *Problemy arkhitektury stroitel'stva* [Problems of architecture of construction], 1, pp. 3-12.
8. Schwabe K., Teizer J., Konig M. (2019) Applying rule-based model-checking to construction site layout planning tasks. *Autom. Construct*, 97 (97), pp. 205-219.
9. Yao X. et al. (2017) From Intelligent Manufacturing to Smart Manufacturing for Industry 4.0 Driven by Next Generation Artificial Intelligence and Further on. In: *5th International Conference on Enterprise Systems*. Beijing.
10. Digilina, O. B., & Teslenko, I. B. (2020). Transformation of the labor market in the context of digitalization. *RSUH/RGGU BULLETIN. Series Economics. Management. Law*.