

Обзор

Большие данные, наука о данных и искусственный интеллект для проекта Менеджмент в архитектуре, инженерии и Строительная отрасль: систематический обзор

Серхио Сабала-Варгас *, Мария Хаймес-Кинтанилья и Мигель Эрнан Хименес-Баррера



Специализация в области промышленных проектов/инженерии, Виртуальная ректория, Университетская корпорация Минута-де-Диос, Богота, округ Колумбия, 111021, Колумбия;
maria.jaimes.q@uniminuto.edu (MJ-Q.); mjimenez@uniminuto.edu (MHJ-B.)

* Переписка: sergio.zabala@uniminuto.edu

Аннотация: Большой объем информации, получаемой при управлении проектами, и ее качество стали проблемой для организаций. В связи с этим новые технологии, такие как большие данные, наука о данных и искусственный интеллект (ET), стали альтернативой в жизненном цикле проекта. Целью этой статьи является представление систематического обзора литературы по использованию этих технологий в архитектуре, машиностроении и строительстве. Использовалась методология сбора, очистки, оценки, библиометрического и категориального анализа. Всего было найдено 224 статьи, из которых с помощью метода PRISMA в итоге получилось 57 статей. Категориальный анализ был сосредоточен на определении используемых технологий, наиболее распространенных методологий, наиболее обсуждаемых областей управления проектами и вклада в индустрию АЕС. Обзор показал, что международное лидерство принадлежит Китаю, США и Великобритании. Чаще всего используется количественный тип исследования. Области знаний, в которых наиболее часто используются ET, — это стоимость, качество, время и объем. Наконец, к числу наиболее выдающихся вкладов относятся следующие: прогнозирование при разработке проектов, выявление критических факторов, детальная идентификация рисков, оптимизация планирования, автоматизация задач и повышение эффективности; все это для облегчения принятия управленческих решений.



Цитирование: Забала-Варгас, С.;

Хаймес-Кинтанилья, М.;

Хименес-Баррера, МН Большие данные, данные
Наука и искусственный интеллект для
управления проектами в
архитектурной, инженерной и
строительной отрасли: систематический
обзор. Здания 2023, 13, 2944. <https://doi.org/10.3390/buildings13122944>.

Научный редактор: Мазияр Яздани

Поступила: 17 октября 2023 г.

Пересмотрено: 20 ноября 2023 г.

Принято: 23 ноября 2023 г.

Опубликовано: 25 ноября 2023 г.



Копирайт: © 2023 авторов.

Лицензиат MDPI, Базель, Швейцария.

Эта статья находится в открытом доступе.
распространяется на условиях и
условия Creative Commons

Лицензия с указанием авторства (CC BY)

(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Ключевые слова: искусственный интеллект; архитектурная, инженерная и строительная промышленность (АЕС); большие данные; наука о данных; цифровые двойники; Интернет вещей; управление проектом

1. Введение

Отрасль архитектуры, машиностроения и строительства (АЕС) является одним из наиболее динамичных секторов экономики в мире. Это также важный источник экономического роста после пандемии COVID-19. К 2030 году рыночная стоимость сектора достигнет \$14,7 трлн. В свою очередь, на этот сектор приходится не менее 13% мирового валового внутреннего продукта, и в нем занято более 200 миллионов человек по всему миру [1]. В этом контексте управление проектами в секторе АЕС представляет собой множество проблем, связанных с его сложностью. Этапы проектирования и строительства являются последовательными, четко сформулированными и зависимыми. Здания подвергаются постоянным модификациям конструкции, о которых сообщают исполнители, а также двунаправленным процессам, пока продукт не будет доставлен к удовлетворению после проекта.

Среди наиболее важных международных проблем в управлении проектами АЭК можно выделить следующие [2,4–7]:

- Проблемы

- планирования: отсутствие детальной оценки ресурсов, неправильные оценки и направленность проблемы с определением деятельности.

- Сбои в общении: проблемы общения между подрядчиками, заинтересованными сторонами, поставщиками, клиентами и проектными

- командами. • Неточное управление объемом работ: внесение несанкционированных изменений и отсутствие ясности при включении важнейших аспектов проекта.

- Проблемы контроля затрат: проекты с завышенным бюджетом, плохие первоначальные сметы и инфляция цен, среди других.
- Трудности с управлением рисками: задержки поставок, проблемы качества, безопасности и нехватки денег, среди прочего.
- Проблемы качества: отсутствие четких стандартов, дефекты, жалобы и низкая удовлетворенность. Несоответствие установленным показателям.

Многие из этих проблем в управлении проектами, особенно когда используется большой объем данных, в последние годы были решены с помощью новых моделей, концепций и технологий. Некоторые авторы предложили использовать преимущества новых технологий, таких как большие данные, наука о данных и искусственный интеллект, в управлении проектами АЕС [8–12].

Первый аспект, который будет рассмотрен в этой статье, — это большие данные, понимаемые как использование больших наборов данных для анализа закономерностей, тенденций и поведения [13]. Эта концепция подчеркивает использование новых архитектур и разработок программного обеспечения, чтобы сделать процесс более эффективным [14–17]. Существует множество моделей, которые можно использовать для обработки больших данных. Один из них предлагает следующий путь: сбор данных, выявление и понимание проблем, предварительная обработка данных, интеллектуальный анализ данных, оценка, моделирование, результаты и генерация полезных знаний [18,19]. В строительном секторе большие данные использовались, среди прочего, для создания прогнозных моделей для оптимизации затрат, автоматизации планирования деятельности, создания баз знаний на основе исторических данных и улучшения измерений показателей качества [20–25].

Вторая технология, ставшая довольно популярной, — это наука о данных, понимаемая как дисциплина, отвечающая за извлечение ценной информации из больших наборов данных. В науке о данных использование статистики и автоматических алгоритмов является решающим аспектом [26–28]. Цели науки о данных включают, среди прочего, выявление тенденций и сегментаций на рынке, характеристику и профилирование заинтересованных сторон, а также содействие управлению рисками [29]. Некоторые из возможных методологий для проведения науки о данных: KDD (обнаружение знаний в базах данных), SEMMA (выборка, исследование, изменение, моделирование и доступ), ASUM DM, TDPS и CRISP-DM (межотраслевой стандартный процесс для Сбор данных). Каждый из них имеет свои особенности, преимущества и недостатки [30].

В строительном секторе наука о данных используется в основном для следующего: улучшения жизненного цикла проекта, интегрированного с BIM; повышение качества процессов проектирования и строительства; принятие проектных решений; параметрическая оценка стоимости; отслеживание содержания проекта и управление рисками [31–37]. В этом смысле существует четкая разница между большими данными и наукой о данных. Первый фокусируется на объеме, разнообразии и скорости больших данных, а второй предоставляет методы и приемы для их анализа и извлечения полезной информации.

Другой важной технологией для этого обзора является искусственный интеллект, который представляет собой стратегию, основанную на алгоритмах, которые позволяют машинам (в широком понимании этого определения) выполнять процессы, принимать решения и имитировать человеческий мозг [38–41]. По сути, это алгоритмы, способные обучаться и тренироваться. Одними из наиболее важных применений искусственного интеллекта являются прогнозный анализ процессов, оценка закономерностей и разработка решений, адаптированных к контексту и ограничениям.

Среди наиболее популярных технологий искусственного интеллекта: глубокое обучение, машина опорных векторов (SVM), алгоритм К-ближайших соседей, случайный лес, дерево решений и наивный байесовский классификатор. Генетические алгоритмы, нейронные сети, нечеткая логика, машинное обучение и компьютерное зрение также являются примерами искусственного интеллекта и популярны в индустрии АЕС [38,42,43]. В строительном секторе их использование было отмечено, среди прочего, для автоматического планирования деятельности, оптимизации управления ресурсами, эффективной информационной коммуникации и платформ для совместной работы, а также улучшения управления затратами [44–47].

Этот обзор, в частности, способствует формированию обновленной информации об использовании новых технологий (большие данные, наука о данных и искусственный интеллект) в жизненном цикле проектов, главным образом в сфере архитектуры, проектирования и строительства (АЕС). Он призван стать руководством, подойти к предмету так, чтобы ученые и компании производственного сектора могли распознать и интегрировать эти технологии. Методологически это

предлагает использовать систематический обзор литературы, предложенный в [48], и метод PRISMA. Рукопись организована следующим образом: Методология (Раздел 2), Библиометрический анализ (Раздел 3), Категориальный анализ (Раздел 4), Обсуждение и выводы (Раздел 5), Ограничения и будущие направления исследований (Раздел 6) и Практические последствия. - положения Обзора (раздел 7).

2. Материалы и методы

Эта статья призвана внести вклад в научную литературу, определяя посредством систематического обзора литературы на основе методологии, предложенной [48], использование, присвоение и результаты внедрения больших данных, науки о данных и искусственного интеллекта. - опыт работы в строительной сфере. Этот вклад облегчит тем, кто интересуется этой темой, понимание существующей динамики на глобальном уровне. Эта методология предлагает этап из шести шагов, которые суммируются следующим образом: (1) формулировка исследовательских вопросов для проведения систематического обзора литературы; (2) определение поисковых терминов и уравнений, а также выбор наиболее релевантных баз данных для области знаний; (3) формулировка критериев включения и исключения, что позволяет нам определить дальнейшее и уточнить библиографический поиск; (4) библиометрический анализ статей, полученных по итогам рецензии; (5) оценка научного качества полученных публикаций по заранее определенным критериям качества, включая в финальную категорию анализ только тех, которые прошли эту оценку; и (6) проведение категориального анализа, сосредоточенного на использовании, присвоении и проблемах использования технологий в строительном секторе. Развитие этих шагов представлено ниже: Шаг 1: вопрос исследования (RQ): были рассмотрены следующие вопросы, все

на основе полученных записей:

Вопрос_1: Какие технологии чаще всего используются в статьях обзора?

RQ_2: Какие методологические пути наиболее часто используются?

RQ_3: Каковы наиболее часто используемые конкретные области управления строительными проектами?

(из областей знаний ФМИ)?

RQ_4: Каковы основные рекомендации по внедрению новых технологий в строительном секторе?

Шаг 2. Базы данных и условия поиска: Библиографический обзор проводится в библиографическом индексе Scopus. Использовалось следующее уравнение:

(«управление проектом» ИЛИ «администрирование проекта») И («большие данные» ИЛИ « наука о данных» ИЛИ «искусственный интеллект») И («здания» ИЛИ «гражданское строительство» ИЛИ архитектура ИЛИ «объект». управление» ИЛИ АЕС).

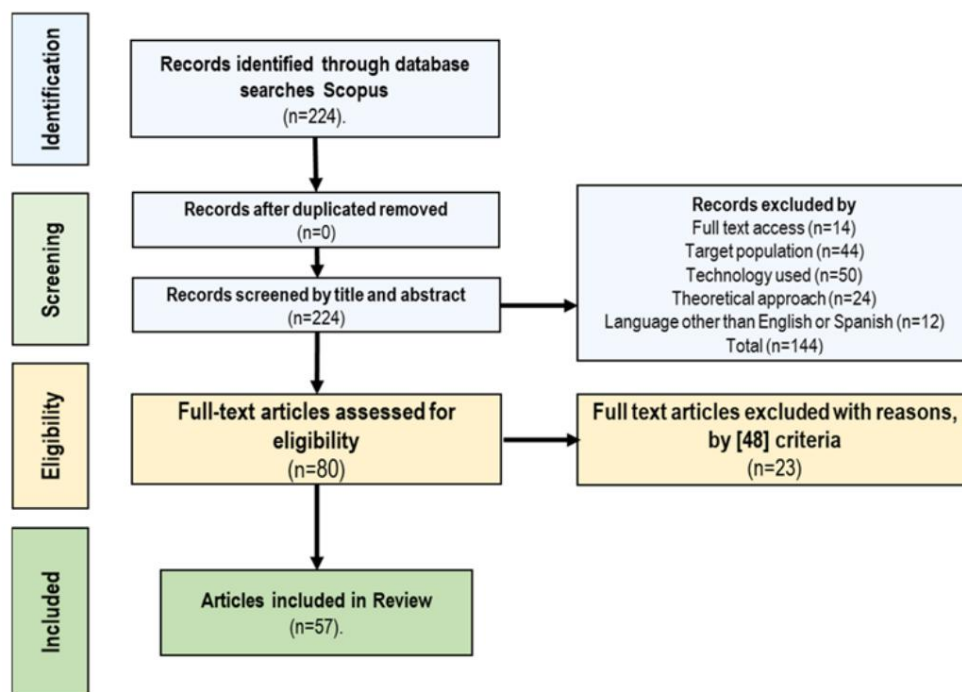
После объединения результатов пяти баз данных данные были очищены (среди прочего, устранение дубликатов, корректировка авторов с несколькими именами и корректировка филиалов с разными именами). Это было выполнено с использованием программного обеспечения VantagePoint 12.

Шаг 3. Формулировка критериев включения и исключения. Первоначальные критерии включения и исключения, предложенные в обзоре, были следующими: (1) период обзора: 2015–2022 гг.; (2) типы документов, включенных в обзор, — это журнальные статьи, доклады конференций и систематические обзоры литературы. На основе этого корпуса знаний был проведен библиометрический анализ данной статьи.

Шаг 4. Библиометрический анализ статей. На этом этапе проводится библиометрический анализ с использованием конкретных показателей для определения тенденций, связанных с областью знаний, и эволюции, которую она претерпела. Инструмент анализа данных Scopus используется после очистки повторяющихся записей для получения: (1) анализа количества публикаций в год, (2) анализа по типу публикации, (3) анализа основные сценарии (журналы), в которых встречаются записи, и (4) анализ публикаций по странам.

Шаг 5. Анализ научного качества публикаций. Для дальнейшего уточнения систематического рассмотрения предлагаемых исследовательских вопросов устанавливаются следующие критерии процесса отбора: (1) документы должны быть в полном тексте, (2) документы должны быть связаны со строительным сектором, (3) документы должны содержать в качестве используемых технологий те, которые представляют интерес в статье, и (4) документы не должны быть просто теоретическими.

Переложиває на вас відповідні принципи і цілі, а сам надає вам базові знання та навички для систематичного обстеження і аналізу випадків педівіж. [\[51-53\]](#)



Однако в таблице 1 указаны идентификатор (ID) для каждой статьи в обзоре, название, библиографическая ссылка, год публикации, количество цитирований, тип документа, использованная методология и основная примененная технология. .

Таблица 1. Полный список статей, вошедших в этот обзор.

	Заголовок	Год	Тип	Метод	Технологии
1	Искусственный интеллект в АЕС-индустрии: наукометрия анализ и визуализация исследовательской деятельности [36].	2020 год	Обзор	Литературный обзор	Искусственный интеллект
2	Соединение BIM и строительства: от обзора литературы к интегрированная концептуальная основа [9].	2015 год	Статья	Количественный	Большие данные/Наука о данных
3	Интеграция семантического НЛП и логических рассуждений в единая система полностью автоматизированной проверки кода [12].	2017 год	Статья	Количественный	Искусственный интеллект/Большой Данные
4	Эффективный подход к разработке программного проекта и оценка продолжительности с помощью машинного обучения алгоритмы [10].	2018 год	Статья	Количественный	Искусственный интеллект/данные Наука
5	Строительство с использованием информационных систем цифровых двойников [11].	2020 год	Статья	Количественный	Искусственный интеллект/Большой Данные/Наука о данных
6	Глубокое обучение в строительной отрасли: обзор нынешнее состояние и будущие инновации [53].	2020 год	Статья	Количественный	Искусственный интеллект/Большой Данные
7	Оптимизация решений в современном производстве сборные изделия: Теоретизирование цепочки поставок конфигурации при внеплощадочном строительстве [8].	2017 год	Статья	Количественный	Наука о данных
8	Сравнение АНР и СВА как методов принятия решений решить проблему выбора при детальном проектировании [54].	2015 год	Статья	Смешанный	Наука о данных
9	Направление исследования применения информации технологии переработки отходов строительства и сноса управление [37].	2020 год	Обзор	Литературный обзор	Искусственный интеллект/Большой Данные
10	Структура информатизации, управляемой данными строительная компания [55].	2019 год	Статья	Качественный	Большие данные/Наука о данных
11	Контроль изменчивости и толерантности на основе производительности Производство и сборка на объекте: оптимизация штраф за низкое качество продукции [56].	2020 год	Статья	Качественный	Искусственный интеллект/данные Наука
12	Семантическое обогащение строительной и городской информации модели: десятилетний обзор [57].	2021 год	Статья	Смешанный	Наука о данных
13	Исследование показателей рентабельности строительства проекты с использованием больших данных: подход к аналитике проектов [58].	2019 год	Статья	Количественный	Большие данные
14	Оценка стратегий промышленной модульности: локальные и локальные. за рубежом [59].	2020 год	Статья	Количественный	Наука о данных
15	Прогнозирование волатильности стоимости строительства автомагистралей Индекс использования долговременной кратковременной памяти [60].	2020 год	Статья	Количественный	Искусственный интеллект
16	Основанная на знаниях система для разрешения противоречий в проектировании построение информационных моделей [61].	2020 год	Статья	Качественный	Искусственный интеллект
17	Обзор применения сенсорных технологий для Строительная техника [62].	2020 год	Статья	Количественный	Большие данные/Наука о данных
18	Построение грубой модели прогнозирования на основе множеств для Классификация крупномасштабных строительных проектов на основе индекс устойчивого успеха [4].	2018 год	Статья	Количественный	Искусственный интеллект/данные Наука
19	Оценка продолжительности строительства мембранной стены использование настроенного Firefly опорного вектора наименьших квадратов машина [63].	2018 год	Статья	Количественный	Искусственный интеллект
20	Варианты и проблемы использования цифровых двойников в области управления строительством [64].	2022 год	Статья	Качественный	Искусственный интеллект/Большой Данные/Наука о данных
21	Статус исследований и проблемы управления данными Управление строительными проектами в больших данных Контекст [47].	2021 год	Обзор	Литературный обзор	Искусственный интеллект/Большой Данные/Наука о данных
22	Автоматизированный мониторинг строительных объектов электроэнергетики Силовые подстанции с использованием глубокого обучения [65].	2021 год	Статья	Смешанный	Искусственный интеллект/данные Наука
23	Трансформаторная языковая модель машинного обучения для автоматическое согласование долгосрочных и краткосрочных планов в конструкция [66].	2021 год	Статья	Качественный	Искусственный интеллект
24	Эффективность управления проектами строительства с интеллектуальным анализом данных и консенсусом блокчейна [67].	2021 год	Статья	Смешанный	Искусственный интеллект/Большой Данные/Наука о данных
25	Глубокое обучение с оптимизацией поиска симбиотических организмов Методика картирования денежных потоков строительства учитывая сложность проекта [68].	2020 год	Статья	Количественный	Искусственный интеллект/данные Наука
26	Анатомия потоков образования отходов в строительстве проекты с использованием пассивных больших данных [69].	2020 год	Статья	Количественный	Большие данные
27	Развитие и применение в промышленности Информация о защите Metro на основе базовых классов Модель [70].	2018 год	Статья	Смешанный	Искусственный интеллект/Большой Данные/Наука о данных
28	Искусственный интеллект и робототехника для сборных и Модульное строительство: систематическая литература Обзор [71].	2022 год	Обзор	Литературный обзор	Искусственный интеллект
29	Внедрение методологий дистанционного зондирования для Строительные исследования: незанятая бортовая система Перспектива [72].	2022 год	Обзор	Литературный обзор	Наука о данных
30	Интеллектуальная гибридная метаэвристика на основе нечеткой логики алгоритмы анализа прочности, энергии и стоимости оптимизация строительных материалов в строительстве управление [73].	2021 год	Статья	Количественный	Искусственный интеллект
31	Инструмент генетического алгоритма для концептуального структурного проектирования. с оптимизацией затрат и встроенного углерода [74].	2022 год	Статья	Количественный	Искусственный интеллект
32	Управление и контроль затрат строительного проекта Система на основе больших данных [75].	2022 год	Статья	Смешанный	Большие данные
33	Исследование интеллектуального управления безопасностью информационная система для атомного строительства проекты [76].	2020 год	Конференция Бумага	Качественный	Искусственный интеллект/Большой Данные/Наука о данных

Таблица 1. Продолжение.

	Заголовок	Год	Тип	Метод	Технологии
34	Строительство интеллектуальной системы проектирования зданий На основе BIM и AI [77].	2020 год	Конференция Бумага	Качественный	Искусственный интеллект/Большой Данные
35	Искусственный интеллект в строительных объектах Менеджмент: обзор нынешнего состояния и проблем и будущие возможности [78].	2022 год	Статья	Количественный	Искусственный интеллект
36	Разработка интегративной модели анализа данных для Оценка стоимости строительства [79].	2022 год	Статья	Качественный	Искусственный интеллект
37	Интеллектуальное управление рисками в строительных проектах: Систематический обзор литературы [80].	2022 год	Статья	Количественный	Искусственный интеллект
38	Автоматизированный мониторинг хода строительных проектов использование машинного обучения и обработки изображений подход [81].	2022 год	Статья	Качественный	Искусственный интеллект/данные Наука
39	Принятие современных технологий по цене Управление строительными проектами [82].	2022 год	Статья	Количественный	Искусственный интеллект/данные Наука
40	Механизм влияния BIM на «зеленое» строительство Управление инженерными проектами на заднем плане больших данных [83].	2022 год	Статья	Смешанный	Наука о данных
41	Изучение применения технологии BIM в Весь процесс управления затратами на строительство с Вычислительный интеллект [84].	2022 год	Обзор	Литературный обзор	Наука о данных
42	Разработка системы экономической оценки Строительный проект на основе компьютерных технологий [85].	2022 год	Статья	Качественный	Искусственный интеллект
43	Технология искусственного интеллекта, основанная на Deep Обучение системе управления строительством зданий Моделирование [86].	2022 год	Статья	Количественный	Искусственный интеллект/данные Наука
44	Управление проектами комплексных работ, улучшенное Цифровые технологии [87].	2022 год	Конференция Бумага	Качественный	Искусственный интеллект/Большой Данные/Наука о данных
45	Исследование рабочего проекта быстровозводимого здания на основе BIM и больших данных [88].	2021 год	Конференция Бумага	Литературный обзор	Большие данные/Наука о данных
46	Исследование ключевых технологий строительства зданий Инженерное дело на фоне больших данных [89].	2021 год	Конференция Бумага	Смешанный	Большие данные/Наука о данных
47	Система ответов на запросы для получения информации о здании Моделирование с использованием алгоритма BERT NN и NLG [90].	2021 год	Конференция Бумага	Качественный	Искусственный интеллект/данные Наука
48	Исследование модели цифрового совместного управления инженерные проекты на основе BIM и IPD [91].	2021 год	Конференция Бумага	Смешанный	Inteligencia искусственный/Большой Данные
49	Метод использования больших данных изображений: автоматизированный Мониторинг прогресса на основе данных изображений для крупных Строительная площадка [92].	2021 год	Конференция Бумага	Смешанный	Большие данные/Наука о данных
50	Разработка метода согласования процесса добычи полезных ископаемых для создание возможностей анализа больших данных [93].	2021 год	Конференция Бумага	Смешанный	Большие данные/Наука о данных
51	Большие данные как инструмент управления рисками проекта [94].	2018 год	Конференция Бумага	Смешанный	Большие данные
52	Озера данных в бизнес-аналитике: отчеты из траншеи [95]	2018 год	Конференция Бумага	Качественный	Большие данные
53	Прикладное исследование технологий больших данных в Управление проектом сборного строительства [96]	2017 год	Конференция Бумага	Качественный	Большие данные/Наука о данных
54	Цифровая трансформация строительного проектирования на основе по информационному моделированию зданий и Интернету вещи [97]	2021 год	Конференция Бумага	Качественный	Большие данные/Наука о данных
55	Проблемы больших данных в эпоху построения информации моделирование: концептуальный конвейер высокого уровня [98]	2015 год	Конференция Бумага	Литературный обзор	Большие данные
56	Цифровые технологии в архитектуре, инженерии и Строительная отрасль (AEC): тенденции исследований и Практический статус строительства 4.0 [22]	2022 год	Конференция Бумага	Количественный	Искусственный интеллект/Большой Данные/Наука о данных
57	Совместная строительная индустрия интегрирована Структура системы управленческих услуг на основе больших Данные [99]	2019 год	Конференция Бумага	Качественный	Большие данные/Наука о данных

Шаг 6. Анализ категорий. Этот анализ выявил элементы, которые позволили нам ответить вопросы исследования. В первом случае (относительно вопроса 1) наиболее используемые в секторе, направленные на управление проектами, были идентифицированы из каждого реестра. Помимо тех, которые определены как исходные категории: большие данные, наука о данных и искусственный интеллект, Интернет вещей (IoT) также был включен в качестве новой категории. Связан с вопрос 1, были рассмотрены различные методологические маршруты каждого реестра с учетом качественный, количественный, смешанный и систематический обзор литературы. В этом случае Также были рассмотрены использованные конкретные исследовательские проекты.

В статье представлен обзор конкретных областей управления проектами. три, проанализированные из областей знаний PMI [100]. На основании обзора выводы и рекомендации статей, методические рекомендации, предложения и будущая работа, предложенная в исследовании, связанная с выбранными записями, анализируется на предмет вопрос 4. Эти элементы отвечают на главный вопрос: как новые технологии

выделение качественного, количественного, смешанного и систематического обзора литературы. В этом В этом случае также были рассмотрены использованные конкретные исследовательские планы.

Обзор конкретных областей управления проектами представлен в третьем вопросе: анализируются из областей знаний PMI [100]. На основании обзора кон- выводы и рекомендации статей, руководящих принципов, предложений и будущих

работа, предложенная в исследовании, связанная с выбранными записями, анализируется по вопросу 4. Эти элементы отвечают на центральный вопрос: как развиваются новые технологии (большие данные, наука о данных и искусственный интеллект) были реализованы в строительных работах и управление строительными проектами?

3. Библиометрический анализ

В этом разделе представлен библиометрический анализ, связанный с обзором литературы. В этом разделе представлен библиометрический анализ, связанный с обзором литературы. Первый представленный анализ касается количества публикаций в год. Он ограничен диапазоном с 2015 по 2022 год — временной интервал, использованный в обзоре. Наметилась постепенная тенденция Диапазон от 2015 до 2022 года — временной интервал, использованный в обзоре. Постепенная тенденция имеет наблюдается недавно, с положительным наклоном до 2022 года, как показано на рисунке 2.

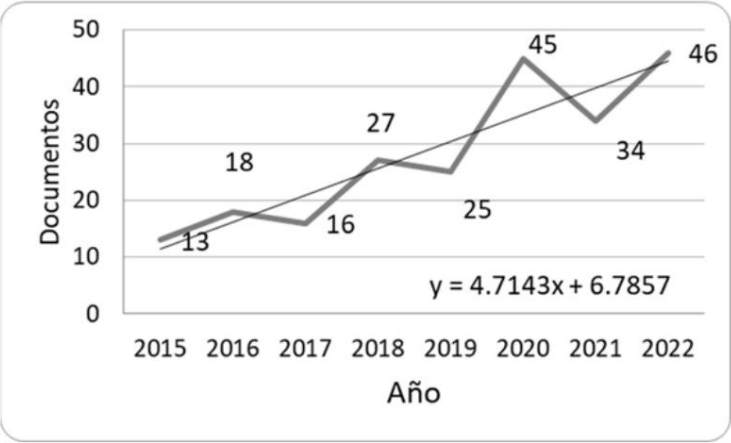


Рисунок 2. Документы по годам.

По типу записей, найденных в обзоре: материалы конференций (55%), научные статьи в индексируемых журналах (31%), обзоры конференций (8%) и обзоры (6%). Касательно рассеивание научной литературы, список публикаций (журналы и конференции) с наибольшим количеством записей представлена в таблице 2.

Таблица 2. Список источников (конференций и журналов) с наибольшим количеством записей.

Тип	Заголовок	ISSN/ISBN	Кварталь (Скопус)	Кварталь Хирша	Количество
Конференция	Международная конференция ACM	Н/Д	н/д 137	(Скопус)	Статьи 11
Серия сборников докладов	Продолжающаяся серия Международной конференции ACM	18770509	Н/Д	137	11
Конференция	Процедия Информатика	18770509	Н/Д	109	11
Журнал	Достижения в области интеллектуальных систем	21945365	4 квартал 21945365	58	8
Журнал и вычислительные достижения в области интеллектуальных систем и вычислений	Автоматизация в строительстве	9265805	1 квартал 9265805	157	7
Журнал	Автоматизация в строительстве	18650937	4 квартал 18650937	62	6
Конференция	Коммуникации в компьютерной и информационной науке	17426588	4 квартал 17426588	91	5

По динамике публикации по странам лидирует Китай. На долю этой страны приходится 34% записей, найденных в обзоре. На втором месте США с 10%. другими странами, такими как Великобритания, Австралия и Гонконг. На рисунке 3 показано эти результаты более подробно.

С другой стороны, что касается сети соавторства, то она представлена при поддержке программного обеспечения VOSviewer 1.6.20. Центральный узел наблюдается в Китае, который поддерживает сеть сотрудничества с Австралией, Гонконгом и Сингапуром. Иран, Ирак, Саудовская Аравия, и Малайзия также являются соавторами. В Европе происходит взаимодействие между Соединенными Королевством, Норвегия и Израиль. Важно отметить, что здесь нет сильного соавторства. сети, и, как видно, по-прежнему существует потребность в расширении обмена и сотрудничества в этой области. на рисунке 4. Наконец, представлена связь между основными ключевыми словами статей. на рисунке 5. Выделяются следующие явления: управление проектами (192), искусственные интеллект (92), архитектурное проектирование (58), большие данные (67) и управление информацией (57).

за ними следуют другие страны, такие как Великобритания, Австралия и Гонконг. На рис. 3 эти результаты показаны более подробно.

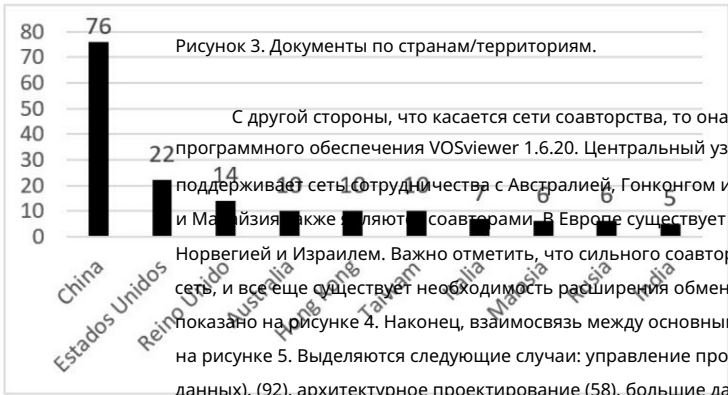


Рисунок 3. Документы по странам/территориям.

С другой стороны, что касается сети соавторства, то она представлена при поддержке программного обеспечения VOSviewer 1.6.20. Центральный узел наблюдается в Китае, который поддерживает сеть сотрудничества с Австралией, Гонконгом и Сингапуром. Иран, Ирак, Саудовская Аравия, и Малайзия также являются соавторами. В Европе происходит взаимодействие между Королевством, Норвегией и Израилем. Важно отметить, что здесь нет сильного соавторства.

Рисунок 4. Сопоставление соавторства по странам с помощью VOSviewer.

Рисунок 4. Карта соавторства VOSviewer по странам. официальный интеллект (92), архитектурное проектирование (58), большие данные (67) и управление информацией (57).

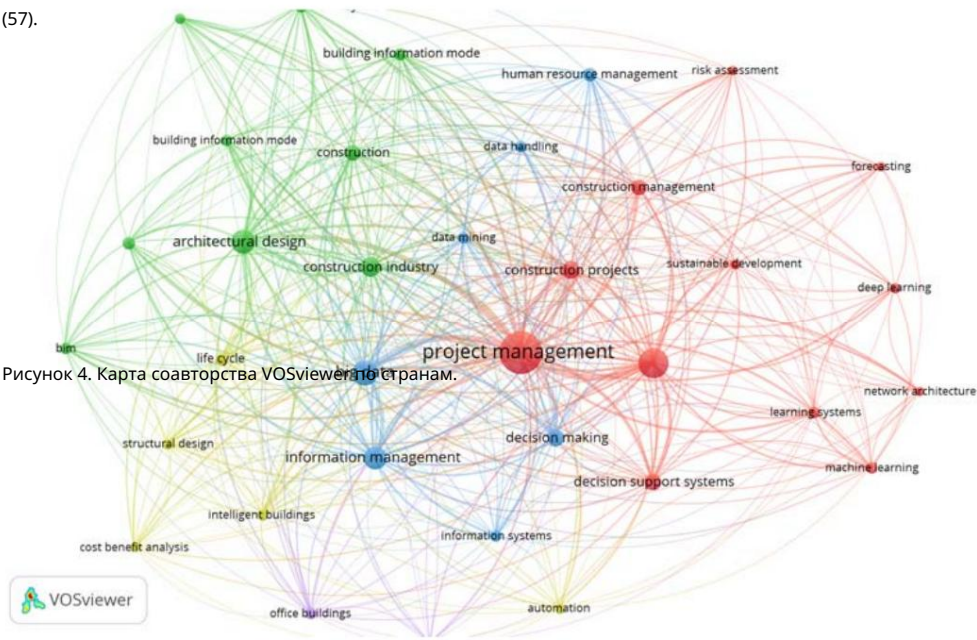


Рисунок 5. Сопоставление совпадений VOSviewer по ключевому слову.

4. Категориальный анализ

В этом разделе представлены результаты, которые позволяют нам ответить на вопросы исследования. Этот анализ проводился после шага 6, представленного в методологии. Номенклатура позиций, представленная в таблицах 3–5, связана с номенклатурой, установленной в ИД таблицы 1. Клавиатура, представленная в таблицах 3–5, связана с той, которая установлена в идентификаторе таблицы 1.

4.1. Вопрос 1. Какие технологии чаще всего используются в статьях обзора?

Потому что в записях представлен не конкретный тип техники, а наоборот, некоторые из них сочетают в себе два или более из них, было решено классифицировать их по категориям, показанное в таблице 3.

Таблица 3. Сводка статей по использованным технологиям.

Тип технологии	Количество статей	Статьи
Искусственный интеллект	12	1, 15, 16, 19, 23, 28, 30, 31, 35, 36, 37, 42.

Таблица 3. Сводка статей по использованным технологиям.

Тип технологии	Количество статей	Статьи
Искусственный интеллект	12	1, 15, 16, 19, 23, 28, 30, 31, 35, 36, 37, 42.
Большие данные/Наука о данных	9	2, 10, 17, 45, 46, 49, 50, 54, 57.
Искусственный интеллект/Наука о данных	9	4, 11, 18, 22, 25, 38, 39, 43, 47.
Искусственный интеллект/большие данные/наука о данных	8	5, 20, 21, 24, 27, 33, 44, 56.
Наука о данных	7	7, 8, 12, 14, 29, 40, 41.
Большие данные	7	13, 26, 32, 51, 52, 53, 55.
Искусственный интеллект/большие данные	5	3, 6, 9, 34, 48.

Первой технологией, которую следует учитывать с точки зрения количества публикаций, является искусственная технология. интеллект, который считается парадигмой, основанной на алгоритмах, позволяющих машинам (из широкого понимания этого определения) для проведения процессов, принятия решений и в целом имитируют человеческий мозг [39,41]. Различные подходы к искусственному интеллекту и приложения включают обработку естественного языка, компьютерное зрение, экспертные системы, робототехника и распознавание голоса. Эти системы могут выполнять такие задачи, как анализ строительных проектов [36,71,74], оптимизация использования материалов [60,71], график и управление критическими маршрутами [63,66,78], анализ рисков и экономические оценки проекты [36,61,80] и другие. Что касается конкретных методов, мы обнаружили, что искусственные нейронные сети (BPNN) использовались для анализа шаблонов, а опорный вектор наименьших квадратов машина (LS-SVM) была включена для прогнозирования времени и планирования расписания. Также, интеграция искусственного интеллекта и робототехники (AIR) для крупномасштабной модульности В обзоре рассматриваются процессы, а также анализ Монте-Карло и системная динамика для выявление и управление рисками. Также используется машинное обучение для тайм-менеджмента. в нескольких публикациях.

Одним из преимуществ искусственного интеллекта в управлении проектами является возможность обрабатывать большие объемы данных и извлекать ценную информацию. Алгоритмы могут анализировать исторические закономерности, выявлять тенденции и прогнозировать эффективность проекта. Это помогает проекту менеджерам принимать обоснованные решения и корректировать планирование и распределение ресурсов в реальном времени [60,61,101].

Вторая концепция, которую следует рассмотреть, — это большие данные, понимаемые как использование больших данных. наборы для анализа закономерностей, тенденций и поведения [13,15]. Большие данные обычно связаны, по некоторым мнемотехническим ресурсам, с 7 Вс, то есть объемом (количеством данные), скорость (взаимосвязь и скорость создания, хранения и обработки данных), разнообразие (разные форматы, типы и источники), достоверность (связанная с неопределенностью данных, иными словами, степень достоверности), жизнеспособность (эффективное использование, которое можно данные), визуализация (как данные представлены) и ценность (данные, которые преобразуются в информация, которая становится знанием). Развитие больших данных требует распределенных системы хранения и обработки, алгоритмы анализа данных и методы интеллектуального анализа данных, среди прочего [16].

Большие данные стали необходимы для разработки BIM (информационной модели здания). методология, поскольку она позволяет получать синхронизированную информацию для принятия решений в режиме реального времени. и возможность создания пространств для взаимодействия между системами [55]. Расходы контроль, оптимизация ресурсов, прогнозирование на основе синхронизированной информации и контракт Управление в проектах АЭК также представляет собой процессы, которые можно оптимизировать с помощью больших данных [75]. Метод интеллектуального анализа данных и управления ресурсами в управлении проектами, основанный на больших данных, предлагается в качестве стратегии оптимизации организационных процессов [93].

С другой стороны, концепция науки о данных является частью найденных технологий. Эта стратегия представляет собой дисциплину, отвечающую за извлечение ценной информации из больших объемов информации. наборы данных. Наука о данных сочетает в себе статистику, математику, программирование и предметную область. элементы для извлечения ценной информации и получения знаний из данных [26]. Процесс обработки данных включает в себя несколько этапов, включая сбор и очистку. данных, исследование и визуализация данных, моделирование и статистический анализ, а также интерпретация и сообщение результатов. В науке о данных используются передовые

инструменты и методы, такие как машинное обучение, интеллектуальный анализ данных, визуализация данных и искусственный интеллект для извлечения соответствующей информации из наборов данных. Эта технология также широко используется для управления устойчивыми проектами с высокими экологическими и экологически чистый компонент, особенно если он разработан совместно с Стратегия BIM [54,72,84]. Статьи в основном включают использование SEMMA (Sample, Explore, Модификация, моделирование и оценка) для облегчения принятия решений в проектах, использование блокчейна для поддержки неизменяемости данных, интеграция методологии BIM с городом информационные модели для усиления интеграции проектов и реализации MAI (процесс аналитической иерархии) для поддержки методов принятия решений.

Цели этой технологии включают выявление тенденций и сегментаций на рынке, характеристика и профилирование заинтересованных сторон, а также содействие управлению рисками, среди прочего [29]. В записях, выбранных для этого обзора, есть опыт использования данных наука позволяет оптимизировать решения о закупках, стратегические предпочтения, управление затратами и финансовое моделирование [56,84]. Наука о данных также рассматривается как конструктивная анализ (оптимизация) и устойчивое (зеленое) строительство, связанное с BIM [54,83].

Другими технологиями, выявленными в ходе обзора, являются Интернет вещей (IoT) и беспроводные сенсорные сети (WSN), определяемые как соединение устройств мониторинга, позволяя собирать и распространять данные. Сбор осуществляется посредством электронных устройства с датчиками, информация которых передается беспроводным способом, автоматически, эффективно, и без прямого вмешательства человека [102–104]. В архитектуре, технике и строительная отрасль (АЕС), используя датчики для мониторинга переменных, которые позволяют записывать ход проектов и статус работников в них является темой широко распространённых интерес [62]. Еще одна важная тема – использование беспроводных датчиков для мониторинга выбросов, углеродного следа и в целом воздействия на окружающую среду, которое строительный сектор влияет на окружающую среду, а также определение стратегии моделирование и смягчение этого воздействия [76,78,82].

Наконец, в нескольких статьях представлена концепция цифрового двойника. Это виртуальный представление реальной системы. Он создается путем сбора данных о процессе и позволяет создание точной копии для облегчения понимания, анализа и моделирования, а также принятие решения о системе или объекте [11,47,64,78,80].

4.2. Вопрос 2. Каковы наиболее часто используемые методологические пути и с каким распространением?

В сфере новых технологий (большие данные, наука о данных и искусственный интеллект) в области управления проектами в сфере архитектуры, машиностроения и строительства (АЕС), Основной используемый методологический путь – количественный (22 записи). Качественный и смешанный Маршруты имеют по 15 записей каждый, а в методе обзора литературы — 7 записей. Видеть Таблица 4.

Более 80% публикаций, относящихся к этому обзору, сообщают о разработке и проверке конкретных моделей управления проектами, как при реализации на местах, так и при их реализации. разработка тематических исследований или проверка экспертами.

Таблица 4. Краткое описание исследований по использованным методам.

Метод исследования	Количество статей	Статьи
Количественный	22	2, 3, 4, 5, 6, 7, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 25, 26, 30, 31, 35, 37, 39, 43, 56.
Качественный	15	10, 11, 16, 20, 23, 33, 34, 36, 38, 42, 44, 47, 52, 54, 57.
Смешанный	12	8, 12, 22, 24, 27, 32, 40, 46, 48, 49, 50, 51.
Литературный обзор	8	1, 9, 21, 28, 29,41, 44, 55.

4.3. Вопрос 3. Каковы наиболее часто используемые области управления строительными проектами? (из Областей знаний PMI)?

Согласно структуре PMI [100], доступны следующие области знаний : интеграция, объем, время, затраты, качество, риски, приобретения, коммуникации, человеческие ресурсы. ресурсы и заинтересованные стороны. По этому вопросу важно уточнить, что разные

регистры обычно не содержат единой области знаний PMI. Эта информация представлена в Таблице 5.

Управление стоимостью проекта (22 записи) в основном предполагает использование новых технологий для прогнозирования и прогнозирования бюджета [77,79,85], а также раннее обнаружение аномалий в финансовых и операционных данных [8,53,58]. Наука о данных также используется для моделирования различных сценариев и оценки влияния решений на окончательный бюджет проекта [64,68,74]. Генерация информации о финансовом состоянии проекта в режиме реального времени также является вкладом науки о данных [55,59,84]. Это способствует быстрому принятию решений и корректировке затрат в случае необходимости.

Об анализе управления качеством (19 статей) освещается использование больших данных и науки о данных в качестве стратегии сбора данных, связанных с качеством проекта, для выявления тенденций и областей для улучшения. Это включает в себя прогнозирование потенциальных проблем с помощью искусственного интеллекта посредством анализа исторических и текущих данных [4,10,12,77]. Это позволяет принять превентивные меры во избежание ошибок. Это также связано с обнаружением аномалий в режиме реального времени для формирования оповещений. Другой аспект заключается в том, что наука о данных облегчает управление и анализ качества информации, гарантируя, что она будет более точной и полезной для проекта [53,61,64,73].

Что касается управления временем (17 записей), то основными аспектами являются автоматическое планирование расписания на основе исторических данных аналогичных проектов, включая последовательность действий и продолжительность действий [10,60,62,64]. Прогнозирование отклонений или изменений может быть достигнуто с использованием больших данных, что позволяет вносить корректировки в режиме реального времени, чтобы избежать задержек. Искусственный интеллект позволяет эффективно управлять ресурсами и распределять задачи в зависимости от доступности [69,82,85,86]. Также возможность моделирования различных сценариев для оценки влияния на график различных решений может быть достигнута с использованием новых технологий [58,59].

Что касается управления объемом (15 статей), одним из основных вкладов является использование науки о данных для анализа исторических данных и, таким образом, облегчения определения целей и планирования проекта в целом [9,11,57,59]. Также есть примеры использования искусственного интеллекта, который с помощью прогнозных моделей позволяет предвидеть отклонения в объемах проекта, облегчая принятие решений. В других статьях рассказывается, как искусственный интеллект используется для адаптации стратегий управления объемом к конкретным потребностям каждого проекта [80,81,87,88].

В управлении рисками (13 статей) наиболее распространенным применением является прогнозный анализ на основе больших объемов данных, позволяющий прогнозировать потенциальные риски. Эта стратегия периодически используется, чтобы избежать ожидаемых потенциальных проблем. Еще одно представленное приложение — оптимизация стратегий снижения рисков на основе данных, собранных в проектах [53,55,61]. Есть несколько статей, в которых предлагается настройка стратегий управления рисками на основе искусственного интеллекта, чтобы идентификация и планирование рисков основывались на контексте, целях и ограничениях каждого проекта [70,76,87].

Очень важное направление, которое также развивается в статьях, — интеграция (координация) проектов. Особое внимание уделяется прогнозному анализу производительности, проводимому с использованием сочетания искусственного интеллекта и больших данных, что позволяет принимать превентивные меры. [54,71,78] Также доказано использование этих технологий для интеграции данных из нескольких источников и облегчения управления проектами и командами. Наконец, появилось использование искусственного интеллекта как способа моделирования и анализа сценариев координации и, таким образом, оценки их влияния на проект [88,89,92,93].

В управлении закупками наиболее частым примером использования этих технологий является использование искусственного интеллекта для автоматизации процессов, от управления предложениями до выбора поставщиков и закупок. Авторское право в настоящее время также поддерживается новыми технологиями [8,62,74,83]. Заинтересованные стороны, коммуникации и человеческие ресурсы задействованы в меньшей степени, уделяя особое внимание оптимизации процессов в этих областях, а также лучшим практикам представления результатов заинтересованным сторонам [9,55,92].

Таблица 5. Краткое описание используемых областей знаний PMI в области управления проектами.

Знания в области управления проектами Область	Количество статей	Статьи
Расходы	22	1, 6, 7, 10, 11, 13, 14, 15, 18, 20, 21, 22, 25, 30, 31, 32, 34, 36, 39, 41, 42, 55.
Качество	19	3, 4, 5, 6, 9, 11, 16, 17, 18, 20, 22, 29, 30, 33, 34, 41, 47, 53, 54.
Время	17	4, 13, 14, 15, 17, 19, 20, 22, 23, 26, 27, 28, 32, 38, 39, 43, 57.
Объем	15	2, 5, 12, 14, 28, 29, 32, 35, 37, 38, 40, 43, 44, 53, 55
Риск	13	1, 2, 6, 10, 16, 20, 25, 27, 33, 37, 42, 51, 57.
Интеграция	10	8, 35, 43, 45, 46, 48, 49, 50, 52, 54.
Приобретение	6	7, 9, 17, 21, 31, 40.
Акционер	4	2, 18, 24, 55.
Коммуникации	2	10, 24
Человеческие ресурсы	1	1

4.4. Вопрос 4. Каковы основные рекомендации по реализации новых
Технологии в строительном секторе (СКС)?

Эти рекомендации разбиты на каждую из трех технологий; однако, важно отметить, что некоторые результаты перекрываются и усиливают друг друга.

Что касается больших данных, они вносят важный вклад в сектор. Следующее
выделены [\[62,69,76,85\]](#):

- Сбор, обработка, хранение и анализ больших объемов данных, генерируемых в отрасли, предоставляя менеджерам проектов фундаментальные элементы для информирования решения. В записях подчеркивается использование исторических записей, данных в реальном времени, датчиков. информация и комментарии заинтересованных сторон.
- Улучшенное управление рисками, основанное на широком спектре данных, позволяет выявлять , управлять и смягчать риски. Этот инструмент позволяет облегчить принятие решений относительно рисков и снижения их негативных последствий.
- Большие данные позволяют проводить прогнозный анализ, обнаружение закономерностей, выявление тенденций и корреляционный анализ для прогнозирования будущих событий и оптимизации производительности.
- Повышение качества и удовлетворенности клиентов на основе анализа обратной связи от тех, кто заинтересован в проекте. В исследовании особое внимание уделяется анализу опросов, публикаций в социальных сетях и других каналах. Это способствует удовлетворению клиентов и улучшает репутацию проекта.
- Большие данные предоставляют инструменты и платформы для обмена информацией, отслеживания прогресса и содействия общение и сотрудничество между членами проектной команды.

Что касается науки о данных, эта концепция явно способствует большим данным в следующих областях:
аспекты [\[54,56,83,84\]](#):

- Это облегчает принятие решений, позволяя собирать, анализировать и визуализировать большие объемы данных, связанных с проектом.
- Оптимизация планирования и распределения ресурсов: посредством анализа исторических данных и используя алгоритмы оптимизации, наука о данных может помочь менеджерам проектов оптимизировать планирование и распределение ресурсов.
- Повышение производительности и эффективности. Используя методы обработки данных, менеджеры проектов могут определить области для улучшения и оптимизации рабочего процесса. К анализ данных о производительности, таких как продолжительность задачи, использование ресурсов и узкие места, неэффективности можно выявить и устранить, что приведет к повышению производительности и эффективность реализации проекта.
- Управление содержанием и контроль изменений. Наука о данных может помочь в управлении содержанием проекта и контроле за изменениями. Анализируя данные, связанные с изменениями объема, запросы на изменения и влияние этих изменений на проект, менеджеры могут оценить риски и преимущества предлагаемых изменений и принимать обоснованные решения об их одобрении или отказ.

Наконец, что касается искусственного интеллекта (технология, наиболее упоминаемая в обзоре записей) выделяются следующие элементы [\[10,56,63,65\]](#):

- Оптимизация планирования и составления графиков проектов с использованием алгоритмов искусственного интеллекта. ритмы из разных источников.

- Определение наиболее важных задач и, возможно, распределение ресурсов с использованием алгоритмов искусственного интеллекта. • Раннее обнаружение

проблем, которые могут быть преобразованы в риски, посредством анализа данных и использования алгоритмов

прогнозирования. • Улучшение процесса принятия

решений, позволяющее выявлять закономерности и тенденции проекта.

Это отличная поддержка для менеджеров проектов при выборе маршрутов на основе подробной информации.

- Автоматизация разработки повторяющихся задач для повышения эффективности и сокращения человеческих ошибок.

Это связано с выполнением более подходящего стратегического планирования и экономит время и усилия.

- Коммуникация между членами команды, предоставление инструментов и платформ для обмена информацией, управления задачами и поощрения эффективного общения. Похоже, что это также тенденция к созданию проектных групп в разных местах.

5. Обсуждение и выводы.

В отрасли архитектуры, проектирования и строительства (АЕС) существует множество серьезных проблем в управлении проектами, как на этапах проектирования, так и на этапах строительства. Обзор показывает, что в последние годы использование больших данных, науки о данных и искусственного интеллекта продемонстрировало свою ценность и существенно повлияло на эффективность и результативность управления проектами в этом секторе.

Результаты контрастируют с тем, что было показано в предыдущих обзорах, таких как ссылки [36,37,84], показывающие, что существует растущая тенденция исследований по этому вопросу. В данном обзоре представлена классификация найденных статей по областям знаний PMI (Project Management Institute 2017), сделана вывод о том, что наибольший интерес академического сообщества вызывает управление затратами [53,58,64,74,79], управление качеством [53,58,64,74,79]. 12,73,77], управление временем [57,60,62,82] и, наконец, управление объемом [11,81,87]. Существует пробел в знаниях в использовании новых технологий (больших данных, науки о данных и искусственного интеллекта) в областях управления заинтересованными сторонами, коммуникаций и человеческих ресурсов, по крайней мере, в секторе строительства.

Большие данные позволяют собирать, обрабатывать и анализировать данные, полученные в ходе строительных проектов, тем самым представляя собой очень важный источник информации для принятия решений. Анализируя структурированные и неструктурированные данные, такие как исторические записи, отчеты датчиков, данные в реальном времени и отзывы клиентов, можно выявить закономерности, тенденции и корреляции, которые обеспечивают полное понимание состояния и эффективности проекта. Эти результаты представлены в соответствии с результатами, представленными несколькими авторами, в том числе [89,90,93]. Еще один аспект, который следует учитывать, заключается в том, что большие данные требуют значительной осторожности при обращении с информацией, что в первую очередь связано с кибербезопасностью. Существуют потенциальные риски потери информации, кражи конфиденциальных данных или возможных неправомерных изменений данных.

С другой стороны, наука о данных также предоставляет стратегии прогнозного анализа и обнаружение закономерностей для прогнозирования будущих событий проекта. Обладая этой информацией, руководители проектов в строительном секторе могут активно принимать превентивные или корректирующие меры, сводя к минимуму негативное воздействие на проект. Кроме того, планирование и распределение ресурсов оптимизируются за счет анализа исторических данных и учета таких факторов, как мощность ресурсов, затраты и ограничения. Процессы оптимизации становятся ключевым результатом вклада науки о данных в управление проектами отрасли АЕС, что соответствует [54,56,59]. Это повышает операционную эффективность, снижает ненужные затраты и позволяет более эффективно распределять доступные ресурсы.

Кроме того, искусственный интеллект (ИИ) сыграл фундаментальную роль в управлении проектами в строительном секторе. Результаты этого обзора показывают частое использование этой технологии, как видно из [12,53,60]. С помощью алгоритмов искусственного интеллекта была достигнута автоматизация рутинных и повторяющихся задач, что позволило сэкономить время и ресурсы. Кроме того, ИИ улучшает процесс принятия решений.

обрабатывая большие объемы данных и генерируя ценную информацию. ИИ также улучшил сотрудничество и общение между членами проектной команды, предоставляя инструменты и платформы для обмена информацией, отслеживания прогресса и поощрения эффективного общения, даже если члены команды находятся в разных географических точках [61,66,91].

В качестве недостатка можно выделить техническую сложность внедрения данной технологии, первоначальные затраты и обслуживание для организаций, интеграцию с существующими системами в организации, организационное сопротивление и чрезмерную зависимость от технологии.

Наконец, в отрасли архитектуры, проектирования и строительства (АЕС) преимущества включают принятие решений на основе данных, упреждающее выявление и смягчение рисков, планирование и оптимизацию распределения ресурсов, а также более тесное сотрудничество и общение внутри проектной группы. Эти технологии продемонстрировали свою способность повысить эффективность, производительность и качество строительного сектора. Одной из наиболее важных задач является интеграция этих технологий в существующие процессы. Надлежащее управление конфиденциальностью и безопасностью данных, а также обучение специалистов — это жизненно важные области, которые необходимо решать, чтобы максимизировать преимущества и преодолеть ограничения. В заключение, использование больших данных, науки о данных и искусственного интеллекта меняет способы управления проектами в строительном секторе. Эти технологии дают менеджерам проектов более полное и точное представление о проектах, улучшая процесс принятия решений, операционную эффективность и удовлетворенность клиентов.

6. Конкретный вклад в литературу

Этот систематический обзор литературы развивает тему, вызывающую недавний интерес в академическом сообществе, а именно использование новейших технологий (большие данные, наука о данных и искусственный интеллект) в управлении проектами, особенно в секторе строительства. Несмотря на то, что существуют предшествующие обзоры, которые вносят вклад в эту тему, эта статья фокусируется на определении основного вклада научной литературы в управление проектами из различных областей, включенных в его жизненный цикл, принимая в качестве справочных материалов десять областей PMI и использование новых технологий. технологии в каждом из них. Этот вклад также позволил классифицировать статьи по типу технологии (индивидуальные или комбинированные), а также по наиболее распространенным исследовательским маршрутам, использованным в исследованиях, опубликованных в Scopus за последние 7 лет.

7. Ограничения и будущие направления исследований.

С точки зрения ограничений, при проверке только статей, проиндексированных в Scopus в период с 2015 по 2022 год, возможно, что соответствующие ссылки на использование новых технологий в управлении проектами были опущены. В качестве ограничения этой статьи также отмечается, что необходимо глубже вникать в другие сектора, помимо строительства и строительных работ, чтобы получить более полное представление об использовании больших данных, науки о данных и искусственного интеллекта при оптимизации проектов. К этим секторам относятся финансы, банковское дело, здравоохранение и транспорт.

Что касается пробелов в знаниях, то можно выделить следующее: Отсутствуют дальнейшие исследования по использованию технологий для динамизации проектов, особенно в области мониторинга и контроля проектов. Еще одним важным пробелом является анализ рисков, в основном касающийся их количественной идентификации. Системы принятия решений и методология BIM четко не интегрированы в рассмотренной литературе. Существует также несколько исследований, которые создают полные модели использования технологий в секторе, выходящие за рамки пилотного тестирования или тематического исследования. Это прекрасная возможность для сектора провести дополнительные исследования по использованию новых технологий в управлении заинтересованными сторонами, коммуникациях и человеческих ресурсов. Что касается последнего, авторы считают, что здесь наблюдается недостаток развития и что это имеет огромную актуальность.

Для будущих исследований рекомендуется тщательно изучить новые технологии (большие данные, наука о данных и искусственный интеллект) в рамках жизненного цикла проекта, главным образом в тех аспектах, которые позволяют оптимизировать управление проектом и принятие организационных решений. Читателям, интересующимся этой темой, предлагается изучить и построить модели использования этих ТЕ на этапах мониторинга, контроля и закрытия. Использование ТЕ для исторических

управление и содействие извлечению уроков не так широко распространены. Тем, кто заинтересован, также рекомендуется не ограничивать область исследований только включением технологий в процессы, а очень тщательно проанализировать контекст развития, этические и социальные последствия новых стратегий, а также потенциальные риски, которые эти технологии несут.

8. Практические последствия обзора

Настоящее исследование позволяет практически заметить, что внедрение новых технологий (больших данных, науки о данных и искусственного интеллекта) в управлении проектами все чаще осуществляется в областях, представляющих интерес для исследования. Также можно отметить, что существуют дополнительные ключевые концепции, связанные с вышеизложенным, такие как цифровые двойники и Интернет вещей, которые могут усилить эффект от оптимизации проекта.

Внедрение этих технологий не фокусируется на исключительно технологических вопросах, а требует от членов организаций более глубоких компетенций и навыков. Понимание концепций цифровой трансформации, Индустрии 4.0, взаимосвязанных процессов и децентрализованных структур, среди прочего, имеет основополагающее значение для постоянных процессов обучения менеджеров и членов проектных групп организаций.

Вклад автора: Концептуализация, СЗ-В. и MJ-Q.; методика, СЗ-В. и MJ-Q.; программное обеспечение MJ-Q. и МНЖ-Б.; валидация, СЗ-В., MJ-Q. и МНЖ-Б.; формальный анализ, СЗ-В.; расследование, СЗ-В. и MJ-Q.; ресурсы, МНЖ-В.; курирование данных, SZ-V., MJ-Q. и МНЖ-Б.; письмо — подготовка оригинального черновика, SZ-V., MJ-Q. и МНЖ-Б.; написание-обзор и редактирование, МНЖ-В.; визуализация, СЗ-В.; надзор, СЗ-В.; администрация проекта, СЗ-В. Все авторы прочитали и согласились с опубликованной версией рукописи.

Финансирование: Данное исследование не получило внешнего финансирования.

Заявление о доступности данных: Не применимо.

Конфликты интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Рекомендации

1. Оксфордская экономика. Будущее строительства; Oxford Economics: Лондон, Великобритания, 2021 г.; п. 62.
2. Кук, Б.; Уильямс, П. Планирование строительства, программирование и контроль; John Wiley & Sons: Хобокен, Нью-Джерси, США, 2013 г.; ISBN 1-118-65867-1.
3. Зальц, Дж. С. Потребность в новых процессах, методологиях и инструментах для поддержки групп, работающих с большими данными, и повышения эффективности проектов, связанных с большими данными. В материалах Международной конференции IEEE по большим данным (Big Data) 2015 г., Санта-Клара, Калифорния, США, 29 октября – 1 ноября 2015 г.; стр. 2066–2071.
4. Акбари, С.; Ханзади, М.; Голамян, М.Р. Построение грубой модели прогнозирования на основе множеств для классификации крупномасштабных конструкций. Проекты на основе индекса устойчивого успеха. ЭКАМ 2018, 25, 534–558. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
5. Ларсон Э.; Грей, К. Управление проектами: процесс управления 6е; Макгроу Хилл: Нью-Йорк, США, 2014 г.; ISBN 0-07-717006-7.
Лестер, А. Управление проектами, планирование и контроль: управление инженерными, строительными и производственными проектами в соответствии со стандартами PMI, APM 6. и BSI; Elsevier Science: Амстердам, Нидерланды, 2013 г.; п. 24.
7. Нетчер П. Успешное управление строительными проектами: Практическое руководство; Публикации Панета: Нью-Йорк, Нью-Йорк, США, 2014 г.; ISBN 1-4973-4441-7.
8. Арашпур, М.; Бай, Ю.; Аранда-мена, Г.; Баб-Хадияшар, А.; Хоссейни, Р.; Калутара, П. Оптимизация решений в передовом производстве сборных изделий: теоретизирование конфигураций цепочки поставок при строительстве за пределами площадки. Автомат. Констр. 2017, 84, 146–153. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
9. Чен, К.; Лу, В.; Пэн, Ю.; Роулинсон, С.; Хуанг, GQ: Соединение BIM и строительства: от обзора литературы к интегрированному проекту. Концептуальная основа. Межд. Дж. Менеджер. 2015, 33, 1405–1416. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
10. Поспешный, П.; Чарнацка-Хробот, Б.; Кобылински А. Эффективный подход к оценке усилий и продолжительности программного проекта с помощью алгоритмов машинного обучения. Дж. Сист. Программное обеспечение 2018, 137, 184–196. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
11. Сакс Р.; Брилакис, И.; Пикас, Э.; Се, HS; Джиролами, М. Строительство с использованием информационных систем цифровых двойников. Дата-ориентированный англ. 2020, 1, e14. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
12. Чжан Дж.; Эль-Гохари, Н.М. Интеграция семантического НЛП и логического рассуждения в единую систему для полностью автоматизированной проверки кода. Автомат. Констр. 2017, 73, 45–57. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
13. Гупта Д.; Рани, Р. Исследование эволюции больших данных и исследовательских проблем. Ж. Инф. наук. 2019, 45, 322–340. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
14. Чанг, В.; Грейди, Н. Структура взаимодействия больших данных NIST: Том 1, Определения; Национальный институт стандартов и Технологии: Гейтерсберг, Мэриленд, США, 2019 г.

15. Международная корпорация данных. Всемирная таксономия программного обеспечения IDC; Международная корпорация данных: Сан-Матео, Калифорния, США, 2020 г.; стр. 1–95.
16. Майер-Шенбергер В.; Кукиер, К. Большие данные: революция, которая изменит то, как мы живем, работаем и думаем; Хоутон Миффлин Харкорт: Бостон, Массачусетс, США, 2013 г.; ISBN 0-544-00269-5.
17. Мотоа-Грайлес, К.; Гомес-Пенья, М.; Забала-Варгас, С. Новые технологии (большие данные, наука о данных и искусственный интеллект) в управлении проектами. Первоначальный обзор; Университет Франсиско де Паулы Сантандер: Сан-Франциско, Калифорния, США, 2023 г.
18. Гарсия, С.; Рамирес-Гальего, С.; Луенго, Дж.; Бенитес, Х.М.; Эррера Ф. Предварительная обработка больших данных: методы и перспективы. Анал с большими данными . 2016, 1, 9. [\[CrossRef\]](#)
19. Вс, А.Ю.; Скэнлон, Б. Р. Как большие данные и машинное обучение могут принести пользу окружающей среде и управлению водными ресурсами: обзор методов, приложений и будущих направлений. Окружающая среда. Рез. Летт. 2019, 14, 073001. [\[CrossRef\]](#)
20. Давила Дельгадо, Ж.М.; Ойедел, Л.; Билал, М.; Аджайи, А.; Аканби, Л.; Акинаде, О. Система анализа больших данных для расчета мощности Проекты передачи. Дж. Констр. англ. Менеджер. 2020, 146, 05019017. [\[CrossRef\]](#)
21. Омран, бакалавр; Чен, К. Тенденции по внедрению аналитических методов обработки больших данных в строительных исследованиях (2000–2014 гг.). Конгресс строительных исследований; ASCE: Рестон, Вирджиния, 2016 г.; стр. 990–999.
22. Ван, К.; Го, Ф.; Чжан, К.; Хао, Дж.; Шефер, Д. Цифровые технологии в архитектуре, проектировании и строительстве (АЕС) Промышленность: тенденции исследований и практический статус строительства 4.0. Конгресс строительных исследований; ASCE: Рестон, Вирджиния, 2022 г.; стр. 983–992.
23. Аль-Хаер, Э.; Исса, К. Затраты и выгоды от измерения эффективности для отрасли АЕС. В области вычислений в гражданском строительстве; ASCE: Рестон, Вирджиния, 2021 г.; стр. 851–858.
24. Ху, З.; Ван, Ф.; Тан, Ю. Оптимизация планирования повторяющихся проектов, ориентированная на сценарии. Вычислить. -Помощь цивилизации. Инфраструктура. англ. 2023, 38, 1239–1273. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
25. Тао, С.; Ву, К.; Ху, С.; Сюй Ф. Планирование строительных проектов в условиях помех на рабочем месте. Вычислить. -Помощь цивилизации. Инфраструктура. англ. 2020, 35, 923–946. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
26. Хайдер, М. Начало работы с наукой о данных: осмысление данных с помощью аналитики; IBM Press: Нью-Йорк, штат Нью-Йорк, США, 2015 г.; ISBN 0-13-399123-7.
27. Харири, Р.Х.; Фредерикс, Э.М.; Бауэрс, К.М. Неопределенность в аналитике больших данных: исследование, возможности и проблемы. J. Большие данные 2019, 6, 44. [\[CrossRef\]](#)
28. Мишиц В.В.; Перакис, Г. Аналитика данных в управлении операциями: обзор. Производитель Серв. Опер. Менеджер. 2020, 22, 158–169. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
29. Келлехер, доктор медицинских наук; Тирни, Б. Наука о данных; MIT Press: Кембридж, Массачусетс, США, 2018 г.; ISBN 0-262-34703-2.
30. Саура, Дж.Р. Использование науки о данных в цифровом маркетинге: структура, методы и показатели эффективности. Дж. Иннов. Знать. 2021, 6, 92–102. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
31. Санг, Л.; Ю, М.; Лин, Х.; Чжан, З.; Джин, Р. Большие данные, технологические возможности и качество строительных проектов: межуровневый анализ Расследование. англ. Констр. Архит. Менеджер. 2021, 28, 706–727. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
32. Мэн, К.; Чжан, Ю.; Ли, З.; Ши, В.; Ван, Дж.; Сан, Ю.; Сюй, Л.; Ван, Х. Обзор интегрированных приложений BIM и связанных с ним технологий. Технологии всего жизненного цикла здания. англ. Констр. Архит. Менеджер. 2020, 27, 1647–1677. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
33. Соман, РК; Уайт, Дж. К. Проблемы кодификации для науки о данных в строительстве. Дж. Констр. англ. Менеджер. 2020, 146, 04020072. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
34. Максум, А.; Али, У.; ул Башарат, М.; Наим, Миннесота; Ирфан М. Влияние критериев отбора проектов на эффективность работы организации: Подход машинного обучения. В ASCE Inspire; ASCE: Рестон, Вирджиния, 2023 г.; стр. 133–142.
35. Грансберг, Нью-Джерси; Марака, С. Использование преимуществ роста масштабов проекта за счет реализации проекта менеджером по строительству, подверженным риску. Проекты капитального ремонта государственных университетов. Дж. Лег. Аф. Спор. Решительно. англ. Констр. 2022, 14, 04521042. [\[CrossRef\]](#)
36. Дарко А.; Чан, APC; Адабре, Массачусетс; Эдвардс, диджей; Хоссейни, MR; Амейо, Э.Э. Искусственный интеллект в сфере строительства и строительства: наукометрический анализ и визуализация исследовательской деятельности. Автомат. Констр. 2020, 112, 103081. [\[CrossRef\]](#)
37. Ли, Чехия; Чжао, Ю.; Сяо, Б.; Ю, Б.; Тэм, VWY; Чен, З.; Я, Ю. Направление исследований применения информационных технологий в управлении отходами строительства и сноса. Дж. Чистый. Прод. 2020, 263, 121458. [\[CrossRef\]](#)
38. Ангелов, П.П.; Соарес, Э.А.; Цзян, Р.; Арнольд, Нью-Йорк; Аткинсон, П.М. Объяснимый искусственный интеллект: аналитический обзор. Уайли Междисциплин. Данные мин. Знать. Дисков. 2021, 11, e1424. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
39. Боден, М.А. Inteligencia Artificial; Тернер: Сидней, Австралия, 2017 г.; ISBN 84-16714-90-8.
40. Халсен Т. Объяснимый искусственный интеллект (XAI): концепции и проблемы в здравоохранении. AI 2023, 4, 652–666. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
41. Роухияйнен, Л. Inteligencia Artificial; Редакционная статья Alenta: Мадрид, Испания, 2018 г.
42. Чжан, К.; Лу, Ю. Исследование искусственного интеллекта: современное состояние и перспективы. Ж. инд. инф. Интегр. 2021, 23, 100224. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
43. Абиойе, СО; Ойеделе, Лоу; Аканби, Л.; Аджайи, А.; Дельгадо, JMD; Билал, М.; Акинаде, ОО; Ахмед, А. Искусственный интеллект в строительной отрасли: обзор нынешнего состояния, возможностей и будущих проблем. Дж. Билд. англ. 2021, 44, 103299. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
44. Мартинес-Рохас, М.; Марин, Н.; Вила, Массачусетс. Роль информационных технологий в обработке данных в строительном проекте. Управление. Дж. Компьютер. Гражданский. англ. 2016, 30, 04015064. [\[CrossRef\]](#)

45. Эльмусалами, Х. Х. Искусственный интеллект и параметрическое моделирование сметы строительства: обзор современного состояния. Дж. Констр. англ. Менеджер. 2020, 146, 03119008. [\[CrossRef\]](#)
46. Ву, К.; Ли, Х.; Цзян, Р.; Го, Ю.; Ван, Дж.; Ян, З. Модель глубокого обучения на основе графов для заполнения базы знаний при управлении ограничениями строительных проектов. Вычислитель. -Помощь цивилизации. Инфраструктура. англ. 2023, 38, 702–719. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
47. Хуан Ю.; Ши, К.; Цзо, Дж.; Пенья-Мора, Ф.; Чен, Дж. Статус исследований и проблемы строительного проекта, управляемого данными Управление в контексте больших данных. Адв. Гражданский. англ. 2021, 2021, 6674980. [\[CrossRef\]](#)
48. Петтикур, М.; Робертс, Х. Систематические обзоры социальных наук: Практическое руководство; Уайли-Блэквелл: Оксфорд, Великобритания, 2006 г.; п. 352. ISBN 978-1-4051-2110-1.
49. Забала-Варгас, Ю.А.; Ардила-Сеговия, ДА; Гарсиа-Мора, ЛН; Бенито-Крозетти, Б.Л. Об обучении на основе игр (GBL) применительно к преподаванию математики в высшем образовании. Систематический обзор литературы. Форма. унив. 2020, 13, 13–26. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
50. Гаст И.; Шильдкамп, К.; Вин, Дж.Т. ван дер. Командные мероприятия по профессиональному развитию в высшем образовании: систематический подход. Обзор. Преподобный Образователь. Рез. 2017, 87, 736–767. [\[Перекрестная ссылка\]](#) [\[ПабМед\]](#)
51. Андрони, М.; Лазаройу, Г.; С., Тефанеску, Р.; Ионеску, Л.; Кокос, Ату, М. Нейроуправленческие процессы принятия решений и когнитивные алгоритмические процессы при технологическом внедрении мобильных коммерческих приложений. Экономика Коперника. 2021, 12, 1033–1062. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
52. Бальцержак, А.П.; Ника, Э.; Рогальска, Э.; Поляк, М.; Клиештик, Т.; Саби, О.-М. Технология блокчейн и смарт-контракты в Децентрализованные системы управления. Адм. наук. 2022, 12, 96. [\[CrossRef\]](#)
53. Акиносё, Т.Д.; Ойеделе, Лоу; Билал, М.; Аджайи, АО; Дельгадо, доктор медицины; Акинадэ, ОО; Ахмед, А.А. Глубокое обучение в Строительная отрасль: обзор нынешнего состояния и будущих инноваций. Дж. Билд. англ. 2020, 32, 101827. [\[CrossRef\]](#)
54. Арройо, П.; Томмелейн, ID; Баллард, Г. Сравнение АНР и СВА как методов принятия решений для решения проблемы выбора в Детальный дизайн. Дж. Констр. англ. Менеджер. 2015, 141, 04014063. [\[CrossRef\]](#)
55. Ты, З.; Ву, К. Структура информатизации строительной компании, основанная на данных. Адв. англ. Поставить в известность. 2019, 39, 269–277. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
56. Арашпур, М.; Хейдарпур, А.; Акбар Нежад, А.; Хоссейнифард, З.; Чилише, Н.; Хоссейни, Р. Управление изменчивостью и допуском на основе производительности при производстве и сборке за пределами площадки: оптимизация штрафов за низкое качество продукции. Констр. Менеджер. Экон. 2020, 38, 502–514. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
57. Сюэ, Ф.; Ву, Л.; Лу, В. Семантическое обогащение информационных моделей зданий и городов: десятилетний обзор. Адв. англ. Поставить в известность. 2021, 47, 101245. [\[CrossRef\]](#)
58. Билал, М.; Ойеделе, Лоу; Кусимо, ХО; Оволаби, штат Ха; Аканби, Луизиана; Аджайи, АО; Акинадэ, ОО; Давила Дельгадо, JM. Исследование рентабельности строительных проектов с использованием больших данных: подход к аналитике проектов. Дж. Билд. англ. 2019, 26, 100850. [\[CrossRef\]](#)
59. Некувахт Так, А.; Тагаддос, Х.; Мусаи, А.; Герман, У. (Рик) Оценка стратегий промышленной модульзации: локальные и локальные. Производство за рубежом. Автомат. Констр. 2020, 114, 103175. [\[CrossRef\]](#)
60. Цао, Ю.; Ашури, Б. Прогнозирование волатильности индекса затрат на строительство автомагистралей с использованием долговременной краткосрочной памяти. Дж. Манаг. англ. 2020, 36, 04020020. [\[CrossRef\]](#)
61. Сюй, Х.-К.; Чанг, С.; Чен, К.-К.; У, И.-С. Основанная на знаниях система разрешения противоречий в проектировании при построении информационных моделей. Автомат. Констр. 2020, 110, 103001. [\[CrossRef\]](#)
62. Цзян Ю.; Он, Х. Обзор применения сенсорных технологий в строительной технике. IEEE Access 2020, 8, 110324–110335. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
63. Ченг, М.-Ю.; Хоанг, Н.-Д. Оценка продолжительности строительства мембранной стены с использованием метода наименьших квадратов, настроенного Firefly Векторная машина. Нейронный компьютер. Приложение 2018, 30, 2489–2497. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
64. Салем, Т.; Драгомир М. Возможности и проблемы использования цифровых двойников в управлении строительством. Прил. наук. 2022, 12, 2928. [\[ПерекрестнаяСсылка\]](#)
65. Оливейра, БАС; Нето, APDF; Фернандино, RMA; Карвальо, РФ; Фернандес, Алабама; Гимарайнш, Ф.Г. Гимарайнш Автоматизированный мониторинг строительных площадок электроэнергетических подстанций с использованием глубокого обучения. IEEE Access 2021, 9, 19195–19207. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
66. Амер, Ф.; Юнг, Ю.; Голпарвар-Фард, М. Трансформаторная языковая модель машинного обучения для автоматического согласования долгосрочных и Краткосрочные планы в строительстве. Автомат. Констр. 2021, 132, 103929. [\[CrossRef\]](#)
67. Ли, В.; Дуань, П.; Су, Дж. Эффективность построения управления проектами с помощью интеллектуального анализа данных и консенсуса в области блокчейна. Дж. Эмбиент. Интел. Гуманиз. Вычислитель. 2021, 1, 1–10. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
68. Ченг, М.-Ю.; Цао, М.-Т.; Херианто, Дж. Г. Симбиотические организмы. Оптимизированный для поиска метод глубокого обучения для составления карты денежного потока при строительстве с учетом сложности проекта. Фракталы солитонов хаоса 2020, 138, 109869. [\[CrossRef\]](#)
69. Сюй, Дж.; Лу, В.; Йе, М.; Вебстер, К.; Сюэ, Ф. Анатомия потоков образования отходов в строительных проектах с использованием пассивных больших данных. Управление отходами. 2020, 106, 162–172. [\[Перекрестная ссылка\]](#) [\[ПабМед\]](#)
70. Чжоу, Ю.; Ху, З.-З.; Чжан, В.-З. Разработка и применение защиты метрополитена на основе классов Industry Foundation Информационная модель. Математика. Пробл. англ. 2018, 2018, 1820631. [\[CrossRef\]](#)
71. Пан, М.; Ян, Ю.; Чжэн, З.; Пэн, В. Искусственный интеллект и робототехника для сборных и модульных конструкций: систематический анализ Литературный обзор. Дж. Констр. англ. Менеджер. 2022, 148, 03122004. [\[CrossRef\]](#)
72. Чжан С.; Богус, С.М.; Липпигт, CD; Камат, В.; Ли, С. Внедрение методологий дистанционного зондирования для строительных исследований: Перспектива незанятой воздушно-десантной системы. Дж. Констр. англ. Менеджер. 2022, 148, 03122005. [\[CrossRef\]](#)

73. Жунхуэй, С.; Лиангронг, Н. Интеллектуальный гибридный метаэвристический алгоритм на основе нечеткой логики для анализа прочности, энергии и оптимизации затрат строительных материалов в управлении строительством. *англ. Вычислить*. 2022, 38, 2663–2680. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
74. Каньылмаз А.; Тичелл, PRN; Лойаконо, Д. Инструмент генетического алгоритма для концептуального проектирования конструкций со стоимостью и воплощением Углеродная оптимизация. *англ. Прил. Артиф. Интел.* 2022, 112, 104711. [\[CrossRef\]](#)
75. Чен С. Система управления и контроля стоимости строительных проектов на основе больших данных. *Моб. Инф. Сист.* 2022, 2022, 7908649. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
76. Фанг, Л.; Мэй, Б.; Цзян, Л.; Сан, Дж. Исследование интеллектуальной информационной системы управления безопасностью проектов строительства атомных электростанций. В материалах 3-й Международной конференции по информационным технологиям и электротехнике, Хунань, Китай, 3–5 декабря 2020 г.; стр. 607–611.
77. Цзяньфэн, З.; Йечао, Дж.; Фанг Л. Создание интеллектуальной системы проектирования зданий на основе BIM и искусственного интеллекта. В материалах 5-й Международной конференции по интеллектуальным сетям и электроавтоматизации (ICSGEA) 2020 г., Чжанцзяцзе, Китай, 13–14 июня 2020 г.; стр. 277–280.
78. Рампини, Л.; Ре Чеккони, Ф. Искусственный интеллект в управлении строительными активами: обзор нынешнего состояния, проблем и Будущие возможности. *Ж. Инф. Технол. Констр.* 2022, 27, 884–913. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
79. Али, З.; Бурхан, А.; Кассим, М.; Аль-Хафаджи, З. Разработка интегративной модели анализа данных для оценки стоимости строительства. *Сложность* 2022, 2022, 4285328. [\[CrossRef\]](#)
80. Ченя, Л.; Аминудин Э.; Мохд, С.; Яп, Л.С. Интеллектуальное управление рисками в строительных проектах: систематический обзор литературы. *IEEE Access* 2022, 10, 72936–72954. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
81. Эдаядил, Дж.Б.; Гришма, А.С. Автоматизированный мониторинг хода строительных проектов с использованием машинного обучения и изображений Подход к обработке. *Матер. Сегодня: Учеб.* 2022, 65, 554–563. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
82. Игве, США; Мохамед, Сан-Франциско; Дзахир Азвари, MBM; Угулу, РА; Аджайи О. Принятие современных технологий за разумные деньги Управление строительными проектами. *Ж. Инф. Технол. Констр.* 2022, 27, 864–883. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
83. Фэн, Н. Механизм влияния BIM на управление инженерными проектами зеленого строительства на фоне больших Данные. *Прил. Бионика Биомеханика.* 2022, 2022, 8227930. [\[CrossRef\]](#)
84. Тан, Д.; Лю, К. Изучение применения технологии BIM во всем процессе управления затратами на строительство с Вычислительный интеллект. *Вычислить. Интел. Неврология.* 2022, 2022, 4080879. [\[CrossRef\]](#)
85. Чен, С.; Цюи, Ю.; Чжу, Ю.; Песня, Г.; Ши, Ю. Разработка системы экономической оценки строительного проекта на основе компьютерных технологий. *Моб. Инф. Сист.* 2022, 2022, 2363669. [\[CrossRef\]](#)
86. Ван, Х.; Ху, Ю. Технология искусственного интеллекта, основанная на глубоком обучении при моделировании системы управления строительством зданий . *Адв. Мультимед.* 2022, 2022, 5602842. [\[CrossRef\]](#)
87. Руперто, Ф.; Страппини, С. Управление проектами комплексных работ, улучшенное цифровыми технологиями. *Строить. Инф. Модель. (БИМ) Дез. Констр. Опер.* IV 2021, 205, 235.
88. Ван, Т. Исследование детального проектирования сборных зданий на основе BIM и больших данных; Издательство IOP: Бристоль, Великобритания, 2021 г.; Объем 2037, с. 012133.
89. Цянь, З.; Ян, Х.; Сюй, З.; Цай, В. Исследование ключевых технологий строительства зданий на фоне больших данных; Издательство IOP: Бристоль, Великобритания, 2021 г.; Том 1802, с. 032003.
90. Ван, Н.; Исса, Р.; Анумба, К. Система ответов на запросы для построения информационного моделирования с использованием алгоритма BERT NN и НЛГ. В области вычислений в гражданском строительстве; ACSE: Рестон, Вирджиния, США, 2022 г.; п. 432.
91. Пан, Дж.; Рао, Ю. Исследование цифровой модели совместного управления инженерными проектами на основе BIM и IPD. В материалах 2-й Международной конференции по экономике больших данных и управлению информацией (BDEIM) 2021 г., Сянь, Китай, 3–5 декабря 2021 г.; стр. 52–58.
92. Ли, К.; Чен, Л.; Ван, Дж.; Ся, Т. Метод использования больших данных изображений: автоматизированный мониторинг прогресса на основе данных изображений для большой строительной площадки. В трудах больших данных и безопасности; Тиан Ю., Ма Т., Хан М.К., ред.; Спрингер: Сингапур, 2021 г.; стр. 299–313.
93. Фальсбергер, Л.; Мендлинг, Дж. Разработка метода согласования Process Mining для создания возможностей анализа больших данных. В материалах 54-й ежегодной Гавайской международной конференции по системным наукам, HICSS, остров Кауаи, Гавайи, США, 5–8 января 2021 г.
94. Гурецкий, Дж. Большие данные как инструмент управления рисками проекта. В «Трактате по управлению рисками для инженеров-практиков»; ИнтехОткрыть: Риека, Хорватия, 2018 г.; ISBN 978-1-78984-600-3.
95. Ллаве, М.Р. Озера данных в бизнес-аналитике: репортажи из окопов. *Процессия Компьютер. наук.* 2018, 138, 516–524. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
96. Хан, З.; Ван, Ю. Прикладное исследование технологий больших данных в управлении проектами сборных строительных конструкций. В ИККРЕМ; Американское общество инженеров-строителей: Гуанчжоу, Китай, 2017 г.; стр. 71–78.
97. Гончаренко Т.; Киевская, К.; Серпинская, О.; Савенко В.; Кислюк Д.; Орлик Ю. Цифровая трансформация строительного проектирования на основе информационного моделирования зданий и Интернета вещей. В материалах ИТАР, Тернополь, Украина, 16–18 ноября 2021 г.; стр. 267–279.
98. Ботон, К.; Халин, Г.; Кубицкий, С.; Форгес, Д. Проблемы больших данных в эпоху информационного моделирования зданий: концептуальный конвейер высокого уровня. В материалах совместного проектирования, визуализации и проектирования: 12-я Международная конференция, CDVE 2015, Майорка, Испания, 20–23 сентября 2015 г.; стр. 48–56.

99. Юань, Х.; Чен, Ю.-В.; Фан, Х.; Он, В.-Х.; Мин, ХГ Совместная структура интегрированной системы управления услугами строительной отрасли на основе больших данных. В материалах Международной конференции IEEE по промышленному проектированию и инженерному менеджменту (IEEM) 2019 г., Макао, Китай, 15–18 декабря 2019 г.; стр. 1521–1525.
100. Институт управления проектами. Guía de Los Fundamentos Para La Dirección de Proyectos (Guía Del Pmbok), 6-е изд.; Управление проектом Институт: Ньютаун-Сквер, Пенсильвания, США, 2017 г.; п. 589.
101. Занди, Ю.; Исахов А.; Роко Видела, А.; Вакил, К.; Ван, К.; Цао, Ю.; Сельми, А.; Агдас, А.С.; Фу, Л.; Цянь, Х. Обзорное исследование применения искусственного интеллекта в управлении строительством и композитных балках; Калифорнийский университет в Санта-Крус: Санта-Крус, Калифорния, США, 2021 г.
102. Флетчер Д. Интернет вещей. В Интернете вещей (IoT) — основное бизнес-руководство по Интернету вещей; Springer: Берлин/Гейдельберг, Германия, 2015 г.; стр. 19–32. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
103. Шен, Х.; Лин, Х.; Чжан К. (ред.) Беспроводная сенсорная сеть. В Энциклопедии беспроводных сетей; Springer International Publishing: Чам, Швейцария, 2020 г.; п. 1496; ISBN 978-3-319-78262-1.
104. Яо, Х.; Гуизани, М. Интеллектуальная сетевая архитектура Интернета вещей. В интеллектуальных сетях Интернета вещей; Спрингер: Берлин/Гейдельберг, Германия, 2023 г.; стр. 23–35.

Отказ от ответственности/Примечание издателя: Заявления, мнения и данные, содержащиеся во всех публикациях, принадлежат исключительно отдельному автору(ам) и участникам(ам), а не MDPI и/или редактору(ам). MDPI и/или редактор(ы) не несут ответственности за любой вред людям или имуществу, возникший в результате любых идей, методов, инструкций или продуктов, упомянутых в контенте.