

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

УДК 681.5

Камаева Юлия Владимировна

аспирант, Московский государственный строительный университет
(кафедра Информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве), Москва, Россия;
IuliiaKamaeva@yandex.ru

Адамцевич Любовь Андреевна

канд. техн. наук, доцент, Московский государственный строительный университет
(кафедра Информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве), Москва, Россия;
AdamtsevichLA@mgsu.ru

Статья получена: 10.05.2023. Одобрена: 13.06.2023. Опубликовано онлайн: 27.06.2023 © РИОР

Аннотация. В эпоху, когда объем данных растёт в геометрической прогрессии, эффективно обрабатывать их прежними методами становится невозможно. Как следствие, возрастает необходимость внедрения новых технологий обработки и анализа данных во всех сферах деятельности, где строительная отрасль не является исключением. Одним из инновационных способов использования данных выступает предиктивная — прогнозная или предсказательная аналитика. В статье дано представление о проблематике и перспективах применения предиктивной аналитики в строительной отрасли в России. Проведен обзор публикаций, представленных в РИНЦ — библиографической базе данных научных публикаций преимущественно учёных Российской Федерации и стран СНГ, по ключевым словам «предиктивная аналитика»

и «строительство», однако проведенный анализ опубликованных материалов за период с 2011 по 2023 гг. показал, что по указанным ключевым словам зафиксировано всего 7 публикаций, что свидетельствует о том, что исследования в этом направлении пока что носят пионерный характер.

Ключевые слова: предиктивная аналитика, прогнозная аналитика, предсказательная аналитика, искусственный интеллект, машинное обучение, строительство, большие данные, нейросеть

Введение

В эпоху, когда объем данных растёт в геометрической прогрессии, становится невозможно эффективно обрабатывать их прежними методами. Как след-

PROSPECTS FOR THE USE OF PREDICTIVE ANALYTICS IN CONSTRUCTION

Kamaeva Iuliia

graduate student, Moscow State University of Civil Engineering (Department of Information Systems, Technologies and Automation in Construction), Moscow, Russian Federation;
IuliiaKamaeva@yandex.ru

Adamtsevich Lyubov

Ph.D., Associate Professor, Moscow State University of Civil Engineering (Department of Information Systems, Technologies and Automation in Construction), Moscow, Russian Federation;
AdamtsevichLA@mgsu.ru

Abstract. In an era when the amount of data is growing exponentially, it becomes impossible to effectively process them with the old methods. As a result, there is a growing need to introduce new technologies for processing and analyzing data in all areas of activity, where the construction industry is no exception. One of the innovative ways to use data is predictive — predictive or predictive analytics. The article gives an idea of the problems and prospects for the use of predictive analytics in the construction industry in Russia. A review of publications presented in the RSCI — a bibli-

ographic database of scientific publications, mainly by scientists from the Russian Federation and CIS countries, was carried out for the keywords «predictive analytics» and «construction», however, the analysis of published materials for the period from 2011 to 2023 was carried out. showed that only 7 publications were recorded for the specified keywords, which indicates that research in this direction is still of a pioneering nature. At the same time, it should be noted that the publications deal with drilling issues or are related to energy supply processes. Only 1 work seems interesting within the framework of the presented article, where predictive analytics is applied to preventive maintenance. The analytics of the construction industry market by respondent companies (organizations of architecture, engineering and construction) is presented. Analyzed existing services and platforms, including the function of predictive (forecast) analytics. It is noted that the departure of foreign vendors motivated Russian developers to quickly approach the issue of import substitution, and in 2022 a number of domestic companies presented their developments with the functionality of predictive analytics.

Keywords: predictive analytics, artificial intelligence, machine learning, construction, big data, neural network



Рис. 1. Классификация видов аналитики данных

ствие, возрастает необходимость внедрения новых технологий обработки и анализа данных во всех сферах деятельности, где строительная отрасль не является исключением.

Сегодня различные компании все больше признают важность данных и их роль для повышения результативности деятельности, а искусственный интеллект и углубленный анализ данных стали одной из самых обсуждаемых тем. Так, одним из инновационных способов использования данных выступает предиктивная — прогнозная или предсказательная аналитика.

Предиктивная аналитика — это ветвь «продвинутой» аналитики, использующей исторические и текущие данные в сочетании со статистическим моделированием машинного обучения, для прогноза будущих тенденций и результатов.

При этом термин «аналитика» достаточно широкий, в котором можно выделить 5 видов (рис. 1).

Описательная аналитика позволяет интерпретировать то, что уже произошло, диагностическая — ответить на вопрос, когда и почему это произошло. Прогнозная же аналитика идет на шаг дальше, чем описательная и диагностическая, она предоставляет ответ на вопрос «Что может произойти?» или «Что произойдет?». Предписывающая аналитика дает рекомендации относительно возможных результатов действий. Также можно выделить в отдельный, относительно новый вид — искусственную аналитику, основанную на технологии искусственного интеллекта.

Таким образом, уже сегодня мы переходим от ретроспективы к предвидению — что произошло (описательная аналитика) и почему (диагностическая аналитика),

к тому, что может произойти (прогнозная аналитика) и что с этим можно сделать (расширенная аналитика и использование искусственного интеллекта).

При этом важно осознавать, что данные направления тесно переплетены между собой, где каждый из видов имеет свой набор методов для визуализации, интерпретации, прогнозирования и формирования лучшего исхода.

Анализ актуальных исследований в области использования предиктивной аналитики в строительстве

Для проведения анализа актуальных исследований в области использования предиктивной аналитики в строительстве было принято решение использовать научные публикации, индексируемые в РИНЦ (Российский индекс научного цитирования) — библиографической базе данных научных публикаций преимущественно учёных Российской Федерации и стран СНГ.

На первом этапе собирались данные по научным публикациям по ключевым словам: «предиктивная аналитика» и «строительство», далее проводился анализ собранных публикаций.

Публикации рассматривались с 2011 г., так как именно в этот год была презентована концепция «Индустрия 4.0», которая считается началом четвертой промышленной революции.

Всего в выборке за период с 2011 по 2023 гг. по указанным ключевым словам отобрано 7 публикаций [1–7], что свидетельствует о том, что исследования в этом направлении пока что носят пионерный характер.

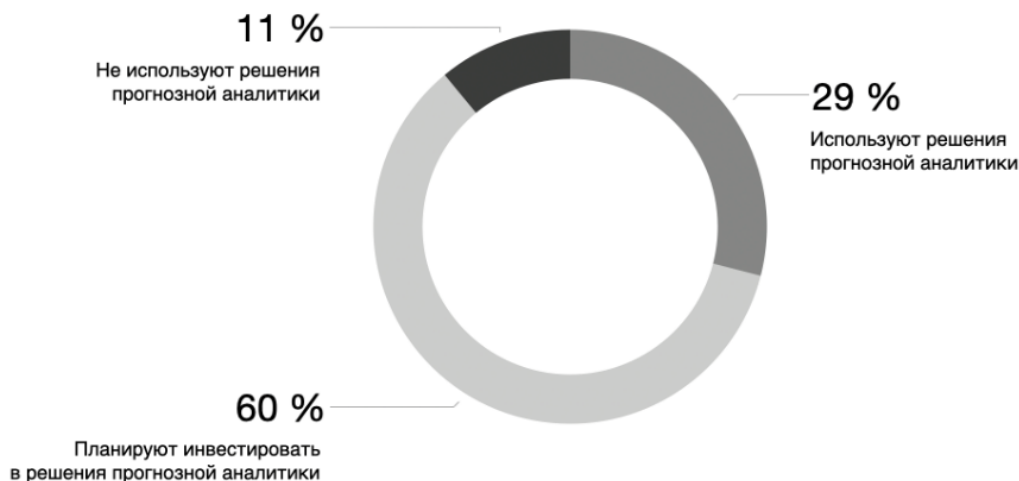


Рис. 2. Результаты опроса респондентов на предмет использования решений предиктивной аналитики, обзор IDC «Состояние информационных стратегий в строительстве», Oracle Construction and Engineering

При этом стоит отметить, что публикации касаются вопросов бурения [1,3,4] или связаны с процессами энергоснабжения [5-7]. Интересной в рамках представленной статье видится работа [2], где предиктивная аналитика применяется к планово-предупредительным ремонтам.

В тоже время, по ключевому словосочетанию «предиктивная аналитика» в РИНЦ отображается 6599 публикаций (на момент обращения — июнь 2020 года). Данный факт свидетельствует о том, что данное направление в целом развивается, но в других сферах жизнедеятельности человека: при цифровой трансформации организаций [8-9], организации образовательного процесса [10-14], а также в энергетическом секторе [15-19]. Много обзорных работ [20-21 и др.]

Предиктивная аналитика в строительстве: проблематика и перспективы использования

Предиктивная аналитика использует исторические и текущие данные для построения моделей, которые выявляют тенденции и закономерности для прогнозирования будущих результатов. Таким образом, она применима в любой отрасли, где имеются доступные данные.

Так, предиктивная аналитика в строительстве набирает все большую популярность и продолжает развиваться по мере того, как цифровая трансформация в строительной отрасли становится приоритетной.

Огромный массив данных, сложность финансирования и масштабность строительных проектов, особенно в эпоху социального дистанцирования и растущего числа удаленных рабочих мест, подталки-

вают строительные компании к применению инструментов и методов, которые могут учесть всю доступную информацию и направить ЛПР (лицо, принимающее решение) к принятию важного и главного стратегически верного управленческого решения.

При этом в большинстве случаев реализация проектов генерирует огромные объемы данных, но лишь небольшая их часть используется для принятия обоснованных решений.

Подтверждением того, что строительные организации все чаще задумываются о более эффективном использовании данных, в том числе для повышения производительности проектов и операций, служат результаты информационного обзора IDC «Состояние информационных стратегий в строительстве». В рамках обзора было опрошено 405 руководителей бизнеса, проектов и ИТ-служб, респондентами стали генеральные подрядчики, субподрядчики и сервисные компании по проектированию, закупкам и строительству в Соединенных Штатах, Соединенном Королевстве, Объединенных Арабских Эмиратах, Австралии и Новой Зеландии.

Так, согласно обзору, 29% респондентов в настоящее время используют решение прогнозной аналитики, в то время как еще 60% планируют инвестировать в решение в течение следующих 24 месяцев, рис. 2.

Опрошенные компании (организации архитектуры, инжиниринга и строительства) рассматривают прогностический подход к проектам как ключ к предвидению и уменьшению задержек по сроку сдачи объектов, созданию более точных прогнозов по финансированию и более эффективному управлению рисками в области безопасности труда и охраны здоровья.



Рис. 3. Перечень строительных рисков, которые минимизирует применение предиктивной аналитики

Ключевым вектором применения предиктивной аналитики в отрасли является снижение строительных рисков. Респонденты отметили безопасность труда и охрану здоровья (29%), работоспособность цепочки поставок (28%), доступность материалов (27%), доступность работников (27%) и перерасход бюджета (25%) в качестве пяти основных областей, где более эффективная стратегия сбора и анализа данных могла бы помочь снизить риски, рис. 3.

Тремя основными направлениями деятельности строительных организаций, когда речь заходит об их стратегии обработки данных, являются качество (45%), производительность (41%) и улучшение бюджета/финансовых показателей (38%), поскольку компании стремятся повысить эффективность принятия решений и улучшить свои операции и результаты проектов.

Кроме того, популярность прогнозной аналитики на глобальном и российском рынках демонстрирует диаграмма Google Trends, рис. 4.

Диаграмма Google Trends демонстрирует популярность того или иного запроса в поисковой системе. Так, согласно данным диаграммы мы можем наблюдать динамику фразы predictive analytics (предиктивная аналитика) с таргетингом «весь мир» за последние 5 лет в категории «бизнес и промышленность».

Начиная с июня 2018 года запрос имеет высокий уровень интереса. За данный период минимальное значение уровня популярности составляло 37 баллов и было зафиксировано в январе 2022 года, а самый пик популярности пришелся на октябрь 2019 года и составил 100 баллов.

В целом, мы видим устойчивый интерес к такому виду аналитики, который сохраняет высокие показатели на протяжении 5 лет.

Обзор ИТ-решений с технологией предиктивной аналитики

Предиктивная аналитика призвана стать важной частью будущего строительной отрасли. На рынке уже существуют разработки и решения, включающие технологии прогнозной аналитики, машинного обучения, анализа больших данных и искусственного интеллекта.

Безусловно для поиска эффективного решения строительным компаниям до момента внедрения необходимо определить область применения, ведь слишком широкая интеграция может не принести должных результатов.

Как упоминалось ранее, ключевой проблематикой при реализации строительных проектов выступает наличие большого количества данных, при этом в редких случаях данный массив служит подспорьем для анализа и последующего принятия обоснованных управленческих решений.

Рассмотрим текущие разработки и ИТ-решения с функцией предиктивной аналитики, применяющиеся в строительной отрасли.

В 2019 году компания Autodesk, Inc. — поставщик программного обеспечения (САПР) для промышленного и гражданского строительства объявила о полномасштабном выходе продукта BIM 360 Construction IQ — программное обеспечение для прогнозной ана-

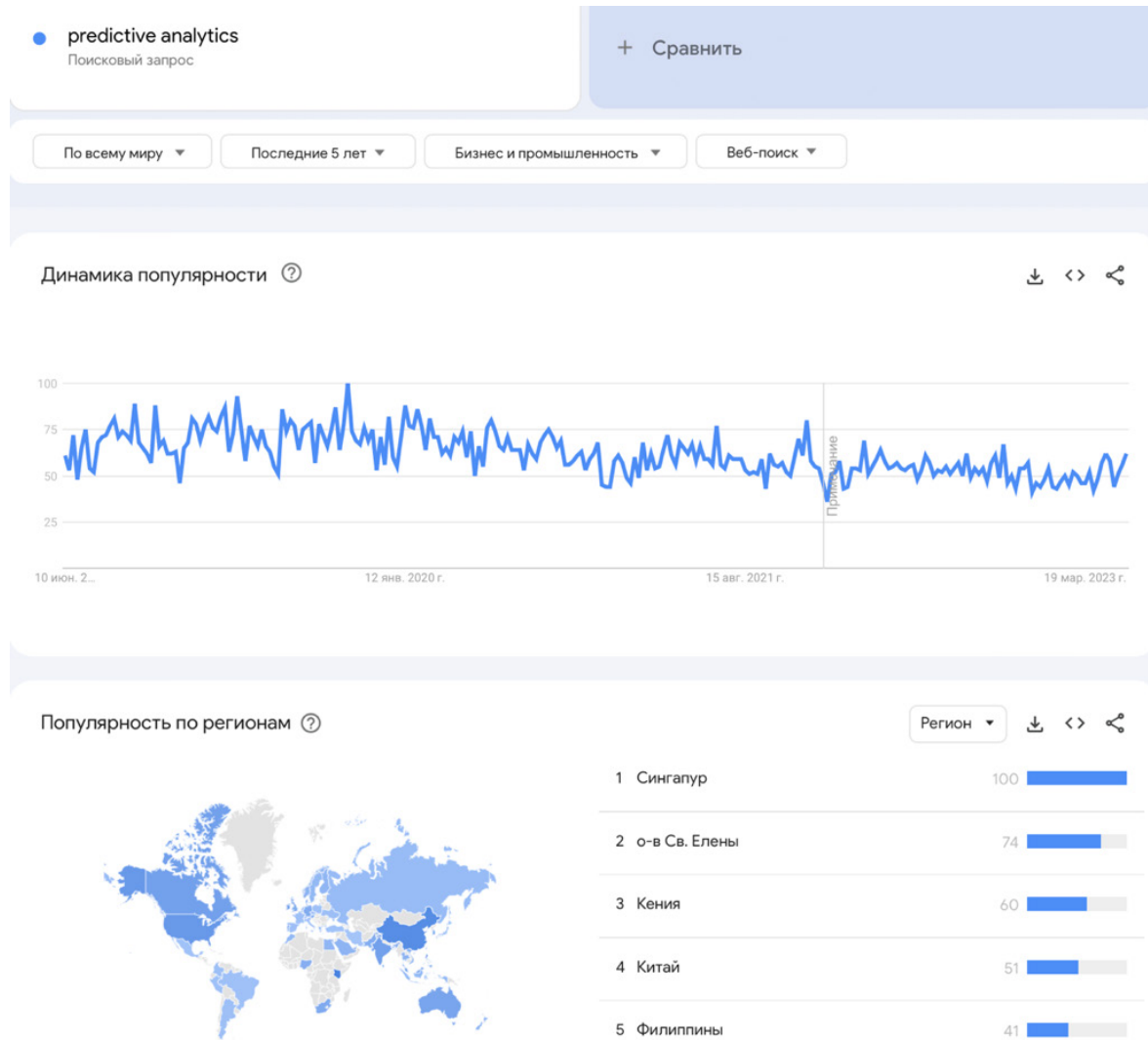


Рис. 4. Результаты диаграммы Google Trends

литики для строительной отрасли для управления рисками и оптимизации рабочих процессов. Используя массив данных, решение позволяет провести тщательный анализ зон риска и предсказать наиболее вероятные проблемы на строительной площадке: соблюдение графика работ, стоимость ущерба, производительность и т.п. Кроме того система анализирует уровень травматизма на строительной площадке, в частности в результате падения с высоты, поскольку они являются основной причиной смерти сотрудников на стройках. Интерфейс решения представлен на рисунке 5.

Уход зарубежных вендоров мотивировал российских разработчиков в ускоренном режиме подойти к вопросу импортозамещения, и в 2022 году ряд отечественных компаний представили свои разработки, обладающие функционалом предиктивной аналитики.

Так компания «Прага» — один из ведущих разработчиков ИТ-решений в области управления инвестиционно-строительными проектами в своей платформе Pragmascore представила функцию предиктивной аналитики по обеспеченности проекта материалами и оборудованием для строительных организаций. Такой функционал стал доступен пользователям платформы, в частности в модуле Pragmascore. Дашборд. Данная функция позволяет пользователю отслеживать, какие строительные работы будут обеспечены материалами и оборудованием, предотвращать риски срыва сроков поставок и своевременные корректирующие действия, рис. 6.

Еще одна разработка — система предиктивной аналитики монолитных работ S.Monitoring (для внешнего рынка название Viju), от Группы компаний «Самолет».

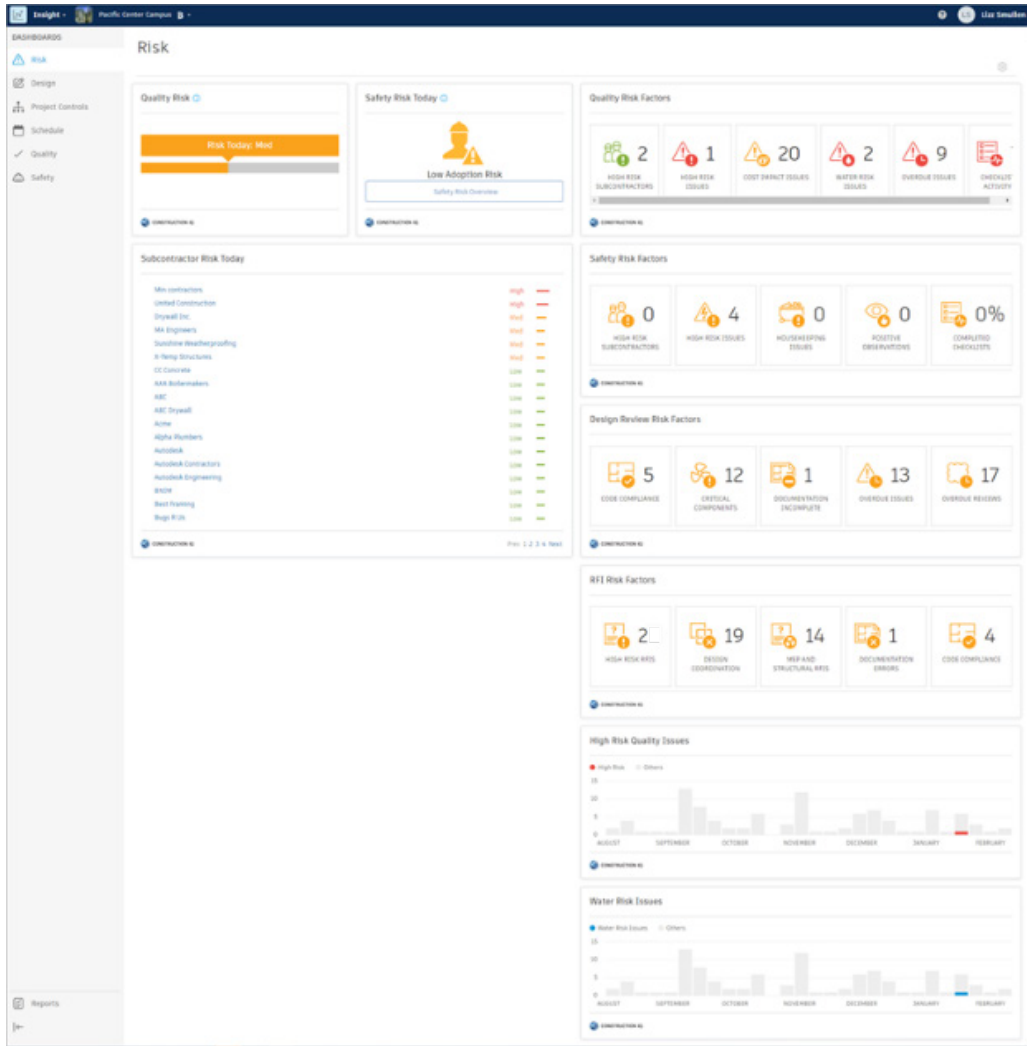


Рис. 5. Интерфейс BIM 360 Construction IQ

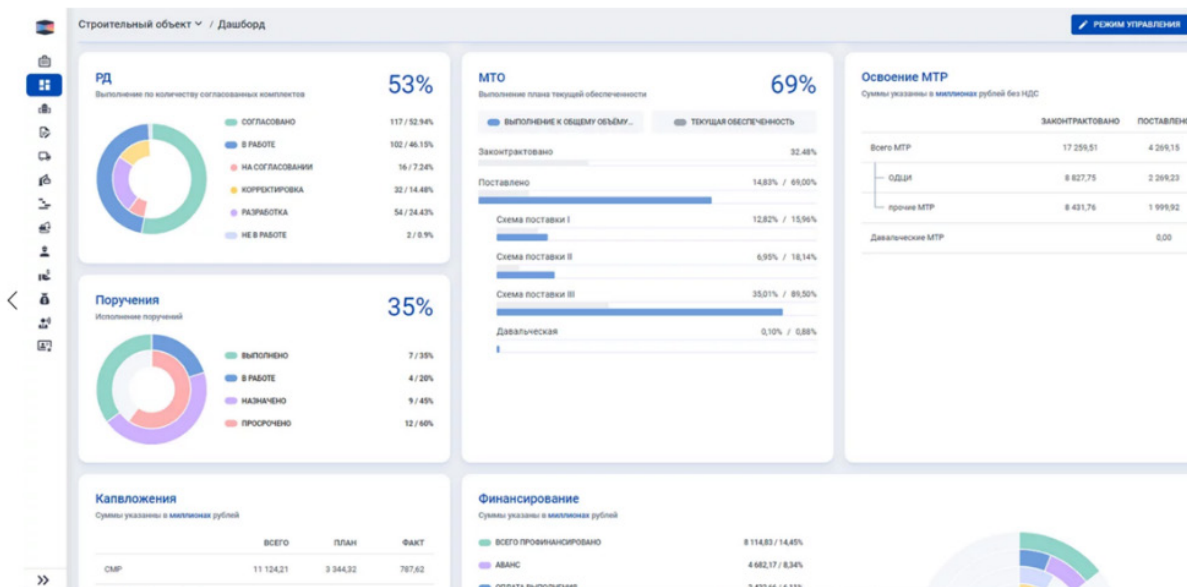


Рис. 6. Интерфейс платформы PragmaSage



Рис. 7. Интерфейс системы Viju/ S.Monitoring

Эта система в онлайн-режиме предоставляет возможность производить подсчет объема выполненных работ, сигнализировать о простоях и определять их причины, прогнозировать срок завершения работ, прогнозировать риски, фиксировать нарушения техники безопасности и идентифицировать нарушителя.

Нейросеть сверяет количество рабочих и отработанное ими время с нормами выработки, которые были обозначены в планах, фиксировать нарушения на объектах, а также в целом предиктивный анализ ключевых показателей строительно-монтажных работ, позволяет влиять на сокращение цикла монолитных работ, увеличение производительности труда и сокращения простоев, что в итоге положительно сказывается финансовой составляющей проекта. Интерфейс системы представлен на рис. 7.

Выводы

Технологии прогнозной аналитики, машинного обучения, анализа больших данных и искусственного интеллекта уже произвели революцию во многих сферах экономики и также в строительстве.

В основе предиктивной аналитики лежит возможность использовать текущие и исторические данные для прогнозирования будущих результатов. Другими словами, эти инструменты позволяют сделать деятельность более предсказуемой.

Строительные компании используют данные для принятия более обоснованных решений, повыше-

ния производительности, безопасности на строительной площадке и снижения рисков. Благодаря таким технологиям сотрудники могут получать критически важную информацию, которая ускоряет принятие управленческих решений и в итоге повышает их качество.

Так, одним из примеров прогностической аналитики в строительстве является возможность составлять бюджеты, учитывающие все возможные факторы, которые могут возникнуть в ходе реализации проекта. Также она может помочь компаниям спрогнозировать количество материала, оценить сезонные потребности в денежных потоках на основе исторических данных и многое другое.

Со временем решения в области прогнозной аналитики, машинного обучения и искусственного интеллекта, вероятно, приведут к более серьезным изменениям и возможностям применения в организациях архитектуры, инжиниринга и строительства.

Уже сейчас компании, которые внедряют действующие инструменты и решения одновременно закладывают основу для более амбициозных инициатив в будущем.

В области научно-исследовательской деятельности работ по рассматриваемому направлению мало и носят они пока пионерный характер.

В то же время основной интерес применения предиктивной аналитики отмечается в нефтегазовой промышленности и в энергетическом секторе.

Список литературы

1. Стищенко С.И., Соболев А.Е., Петраков Ю.А. Удаленный мониторинг бурения 4.0..Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2021611808, 05.02.2021. Заявка № 2021611122 от 05.02.2021.
2. Репин А.А., Буланкин А.В., Дрогомирецкий А.В., Мильяев С.А., Макаров М.В., Исаев И.С., Овчинников Р.В. Программа управления жизненным циклом объекта, на основе BIM цифрового двойника. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2021664711, 10.09.2021. Заявка № 2021663765 от 03.09.2021. 0
3. Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А., Ложников П.С., Клиновенко С.А., Столяров В.Е., Сафарова Е.А. Интеллектуальные инновационные технологии при строительстве скважин и эксплуатации нефтегазовых месторождений // Газовая промышленность. 2021. № 3 (813). С. 96-104. 6
4. Никитин В.И., Леонтьев М.В. Обзор успешных практик применения методов предиктивной аналитики для моделирования процесса бурения// Ашировские чтения. 2022. Т. 2. № 1 (14). С. 90-94
5. Готов А.В., Зайцев Н.Н. Цифровая эволюция мобильных ГТЭС // Энергия единой сети. 2018. № 3 (38). С. 6-10.
6. Камко Ю.А. Ключевые аспекты повышения эффективности управления техобслуживанием и ремонтами оборудования в компаниях топливно-энергетического комплекса // Надежность и безопасность энергетики. 2018. Т. 11. № 2. С. 103-108.
7. Николаев М.Ю., Макаров В.В., Кропотин В.О., Грицай А.С., Гаак А.В. Повышение качества электроэнергии путем регулирования вентильных генераторов // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. 2019. № 4 (77). С. 161-176.
8. Носырева А.А., Абрамов В.И. Предиктивная аналитика — основа для цифровой трансформации компаний // В сборнике: Актуальные проблемы экономики, учета, аудита и анализа в современных условиях. Сборник научных статей Международной научно-практической конференции. Научное издание. Курск, 2021. С. 179-182.
9. Павлюченко К.И., Панфилов П.Б., Горшков Г.С. Изучение возможностей предиктивной аналитики данных для цифровой трансформации бизнеса FMCG // Промышленные АСУ и контроллеры. 2021. № 12. С. 37-47.
10. Складов В.П., Николаев А.А., Масленников А.Г. BIG DATA в образовании как ресурс построения системы предиктивной аналитики // Педагогический вестник. 2022. № 22. С. 77-79.
11. Франтасов Д.Н., Балановская А.В., Репина Е.Г., Воронина Е.В. Разработка модели предиктивной аналитики финансовых поступлений от образовательной деятельности на основе цифрового следа обучающегося // Вестник Самарского государственного экономического университета. 2022. № 5 (211). С. 52-59.
12. Попов С.С., Якименко В.А. Предиктивная аналитика как основа повышения качества образования. Мониторинг публикационной активности преподавателей //СТИН. 2022. № 4. С. 33-37.
13. Политов А.Ю., Акжигитов Р.Р., Судариков К.А. Анализ моделей и инструментов предиктивной аналитики для анализа образовательных данных // Инновации. Наука. Образование. 2021. № 28. С. 1055-1065.
14. Токтарова В.И., Пашкова Ю.А. Предиктивная аналитика в цифровом образовании: анализ и оценка успешности обучения студентов//Сибирский педагогический журнал. 2022. № 1. С. 97-106.
15. Цуриков Г.Н. Информационная безопасность системы предиктивной аналитики для объектов тепловой энергетики // В книге: Радиоэлектроника, электротехника и энергетика. Тезисы докладов. 2020. С. 914.
16. Липатов М. Первый в России комплекс предиктивной аналитики для энергетического и промышленного оборудования // Экспозиция Нефть Газ. 2016. № 3 (49). С. 82-83.
17. Щербатов И.А., Назаренко А.С., Дмитриева М.А. Анализ объектов энергетики для создания систем предиктивной аналитики// Новое в российской электроэнергетике. 2021. № 8. С. 14-23.
18. Андрушин А.В., Щербатов И.А., Цуриков Г.Н., Титов Ф.М. Создание систем предиктивной аналитики для энергетических объектов // В сборнике: Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2019). Материалы двенадцатой международной конференции. Под общей редакцией С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. 2019. С. 452-460.
19. Андрушин А.В., Щербатов И.А., Цуриков Г.Н. Обнаружение выбросов данных в системах предиктивной аналитики для оборудования энергетики // Математические методы в технике и технологиях — ММТТ. 2019. Т. 10. С. 112-115.
20. Ильин И.В., Зайченко И.М., Яковлева М.А. Современные тенденции ИГ-аналитики: предиктивная ИГ-аналитика // В сборнике: Фундаментальные и прикладные исследования в области управления, экономики и торговли. Сборник трудов научно-практической и учебной конференции. 2019. С. 267-271.
21. Дрогозов П.А., Леус Н.А. Мировые тенденции развития предиктивной аналитики больших данных в промышленной сфере//Экономика и предпринимательство. 2019. № 4 (105). С. 168-176.

References

1. Stishenko S.I., Sobolev A.E., Petrakov Yu.A. Remote drilling monitoring 4.0..Computer program registration certificate 2021611808, 02/05/2021. Application No. 2021611122 dated 02/05/2021.
2. Repin A.A., Bulankin A.V., Drogomiretsky A.V., Milyaev S.A., Makarov M.V., Isaev I.S., Ovchinnikov R.V. Object life cycle management program based on BIM digital twin. Certificate of registration of the computer program 2021664711, 09/10/2021. Application No. 2021663765 dated 09/03/2021. 0
3. Dmitrievskii A.N., Eremin N.A., Lozhnikov P.S., Klinovenko S.A., Stolyarov V.E., Safarova E.A. Intelligent innovative technologies in the construction of wells and the operation of oil and gas fields//Gas industry. 2021. No. 3 (813). pp. 96-104. 6
4. Nikitin V.I., Leontiev M.V. A Review of Successful Practices in Applying Predictive Analytics Methods for Modeling the Drilling Process // Ashirov Readings. 2022. Vol. 2. No. 1 (14). pp. 90-94
5. Glotov A.V., Zaitsev N.N. Digital evolution of mobile gas turbine power plants// Energy of a single network. 2018. No. 3 (38). pp. 6-10.
6. Kamko Yu.A. Key aspects of improving the efficiency of equipment maintenance and repair management in companies

- of the fuel and energy complex // Reliability and safety of energy. 2018. V. 11. No. 2. S. 103-108.
7. Nikolaev M.Yu., Makarov V.V., Kropotin V.O., Gritsai A.S., Gaak A.V. Improving the quality of electricity by regulating valve generators // Scientific Bulletin of the Novosibirsk State Technical University. 2019. No. 4 (77). pp. 161-176.
 8. Nosyreva A.A., Abramov V.I. Predictive analytics — the basis for the digital transformation of companies // In the collection: Actual problems of economics, accounting, audit and analysis in modern conditions. Collection of scientific articles of the International scientific-practical conference. Scientific publication. Kursk, 2021. S. 179-182.
 9. Pavlyuchenko K.I., Panfilov P.B., Gorshkov G.S. Exploring the possibilities of predictive data analytics for digital business transformation FMCG // Industrial automated control systems and controllers. 2021. No. 12. S. 37-47.
 10. Sklyarov V.P., Nikolaev A.A., Maslennikov A.G. BIG DATA in education as a resource for building a predictive analytics system // Pedagogical Bulletin. 2022. No. 22. S. 77-79.
 11. Frantasov D.N., Balanovskaya A.V., Repina E.G., Voronina E.V. Development of a model for predictive analytics of financial income from educational activities based on the student's digital footprint // Bulletin of the Samara State University of Economics. 2022. No. 5 (211). pp. 52-59.
 12. Popov S.S., Yakimenko V.A. Predictive analytics as a basis for improving the quality of education. Monitoring the publication activity of teachers // STIN. 2022. No. 4. S. 33-37.
 13. Politov A.Yu., Akzhigitov R.R., Sudarikov K.A. Analysis of models and tools of predictive analytics for the analysis of educational data // Innovations. The science. Education. 2021. No. 28. S. 1055-1065.
 14. Toktarova V.I., Pashkova Yu.A. Predictive Analytics in Digital Education: Analysis and Evaluation of Student Learning Success // Siberian Pedagogical Journal. 2022. No. 1. S. 97-106.
 15. Tsurikov G.N. Information security of a predictive analytics system for thermal power facilities // In the book: Radio electronics, electrical engineering and energy. Abstracts of reports. 2020. S. 914.
 16. Lipatov M. Russia's first complex of predictive analytics for power and industrial equipment // Exposure Oil and Gas. 2016. No. 3 (49). pp. 82-83.
 17. Shcherbatov I.A., Nazarenko A.S., Dmitrieva M.A. Analysis of energy facilities to create predictive analytics systems // New in the Russian electric power industry. 2021. No. 8. S. 14-23.
 18. Andryushin A.V., Shcherbatov I.A., Tsurikov G.N., Titov F.M. Creation of predictive analytics systems for energy facilities // In the collection: Management of the development of large-scale systems (MLSD'2019). Materials of the twelfth international conference. Under the general editorship of S.N. Vasilyeva, A.D. Tsvirkun. 2019. S. 452-460.
 19. Andryushin A.V., Shcherbatov I.A., Tsurikov G.N. Detection of data outliers in predictive analytics systems for energy equipment // Mathematical methods in engineering and technology — MMTT. 2019. V. 10. S. 112-115.
 20. Ilyin I.V., Zaichenko I.M., Yakovleva M.A. Modern trends in hr-analytics: predictive hr-analytics // In the collection: Fundamental and applied research in management, economics and trade. Collection of works of scientific-practical and educational conference. 2019. S. 267-271.
 21. Drogozov P.A., Leus N.A. Global trends in the development of predictive big data analytics in the industrial sector // Economics and Entrepreneurship. 2019. No. 4 (105). pp. 168-176.