

В. Б. Гущина^{1}, С. К. Попова¹, С. А. Раков¹, Е. А. Устимова¹, О. А. Коробова¹*

Системы искусственного интеллекта в строительстве

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)», г. Новосибирск, Российская Федерация
*e-mail: nicka.guschina@yandex.ru

Аннотация. В статье приведен анализ применения искусственного интеллекта на различных этапах строительства, а именно в геотехническом мониторинге, в расчете оснований и фундаментов, а также для надзора и контроля строительных работ. Сделаны выводы об эффективности использования искусственного интеллекта в строительной отрасли и необходимости его внедрения.

Ключевые слова: искусственный интеллект, геотехнический мониторинг, нейросеть, строительные процессы, прогнозирование, фундаменты

V. B. Gushina¹, S. K. Popova¹, S. A. Rakov¹, E. A. Ustimova¹, O. A. Korobova¹

Artificial intelligence systems in construction

¹Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin)", Novosibirsk, Russian Federation
*e-mail: nicka.guschina@yandex.ru

Abstract. The article discusses the experience of using artificial intelligence at various stages of construction, namely in geotechnical monitoring, in the calculation of foundations, as well as for supervision and control of construction work. Conclusions are drawn about the effectiveness of artificial intelligence in the construction industry and the need for its implementation.

Keywords: artificial intelligence, geotechnical monitoring, neural network, construction processes, forecasting, foundations

Введение

Строительство представляет собой сложный процесс, в котором обрабатывается огромный массив данных, с которым достаточно трудно справиться даже команде высококвалифицированных специалистов. Для того чтобы облегчить и ускорить процесс строительства, добиться более точных результатов расчета, происходит внедрение искусственного интеллекта. В статье ставилась задача исследования эффективности внедрения искусственного интеллекта в строительную отрасль, в частности в геотехническом мониторинге.

Методы и материалы

Геотехнический мониторинг – это комплекс задач, основанных на полном обследовании нового или реконструируемого сооружения, его основания (включая грунт, окружающий (вмещающий) сооружение) и конструкций сооружений окружающей застройки [1]. Включает следующие этапы:

- детальное исследование;
- подготовка программы мониторинга;
- установка оборудования;
- наблюдения;
- анализ и прогнозирование;
- рекомендации.

Геотехнические обследования могут проводиться следующими методами:

- визуальноинструментальными;
- геодезическими;
- параметрическими;
- виброметрическими;
- геофизическими.

Наряду с традиционными методами все более широкое применение находят методы искусственного интеллекта (ИИ). ИИ определяют, как комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение и поиск решений без заранее заданного алгоритма) и получать при выполнении конкретных задач результаты, сопоставимые, как минимум, с результатами интеллектуальной деятельности человека [2]. Принцип искусственного интеллекта заключается в сочетании больших объемов данных и высокоскоростной обработки информации с помощью интеллектуальных алгоритмов, что позволяет программе воспроизводить информацию на основе закономерностей и характеристик в данных. Нейронные сети используются в системах искусственного интеллекта для решения сложных задач, таких как распознавание образов, обработка естественного языка, принятие решений и прогнозирование. Способность к обучению на основе опыта и адаптации к новым данным делает их особенно полезными для решения задач, в которых трудно написать четкие алгоритмы. В целом ИИ и нейронные сети тесно связаны, а нейронные сети являются одним из важнейших инструментов для построения систем ИИ, способных обучаться и адаптироваться к решению новых задач и получению конкретных данных [3].

В качестве примера использования искусственного интеллекта геотехническом мониторинге можно привести результаты исследования в Горном Алтае 2022 года. Посредством использования БПЛА Geoscan Gemini была составлена схема поверхностных разрывов палеоземлетрясений (рисунок 1) длиной 22км вдоль Кубадринского разлома [4]. Открывшиеся факты, во-первых, дали возможность скорректировать имеющиеся видения об уровне сейсмической опасности конкретной области, во-вторых, благодаря снимкам с высоты сотрудники нашли необходимые области в траншеях и собрали образцы отложений для определения радиоуглеродных возрастов впоследствии. Сущность метода заключается в том, что лазерный сканер излучает лазерные лучи, которые отражаются от поверхности земли и объектов, находящихся на ней. Время, за которое луч достигает земли и отражается, и его направление автоматически записывается и анализируется сенсором. В результате всех проведенных работ формируется трех-

мерная картина в виде облака точек. Таким образом, становятся доступны абсолютные координаты любого исследуемого объекта, на основе которых создается подробный план, 3D-модель и техническое заключение. Главным преимуществом использования БПЛА является то, что недоступные земли, опасные объекты или просто ненаселенная местность для геодезистов больше не проблема, потому что лазерный сканер проводит съемку без непосредственного присутствия специалиста.

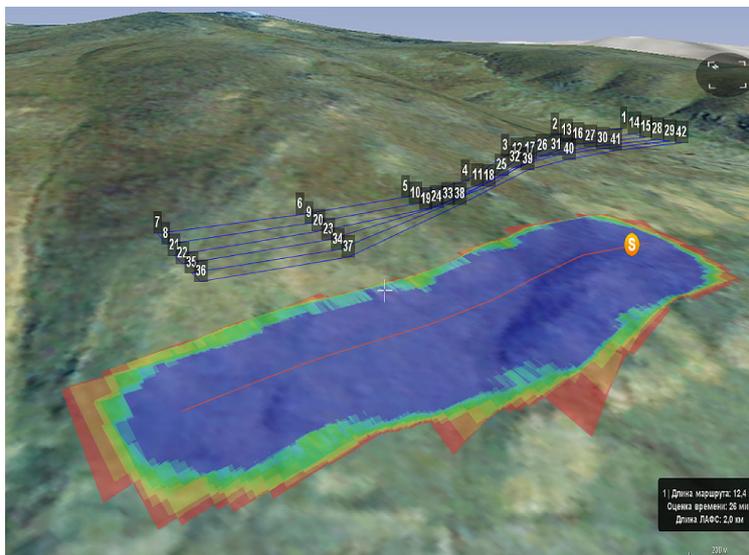


Рис. 1. План полетов БПЛА Geoscan Gemini с учетом рельефа в Горном Алтае

В строительстве глубокий фундамент используется для поддержания нагрузки от сооружения на небольшой глубине. Например, сваи могут использоваться для передачи конструктивных нагрузок на более высокий слой фундамента, увеличивая осевые, боковые и восходящие нагрузки и минимизируя осадок. Несущая способность свай может быть рассчитана с помощью нескольких эмпирических методов, однако некоторые из них недооценивают или переоценивают характеристики свай, а также могут быть дорогостоящими и трудоемкими. По мнению экспертов, для минимизации осадки свай необходимо разработать новые эффективные методы расчета, как, например, машинное обучение и искусственный интеллект.

Исследователи из Южно-Уральского государственного университета (ЮУрГУ) выявили, что использование нейронных сетей для прогнозирования является более точным, экономичным и быстрым способом [5]. Геологоразведочная площадка в районе Кетонга, Малайзия, послужила местом для проведения исследования, в котором был проведен сбор данных, основанных на измерениях и записях испытаний фрикционных свай. Всего было проведено 130 испытаний. Затем эти данные были тщательно обработаны, чтобы получить только достоверную информацию для анализа. На основе интерпретированных данных была разработана модель машинного обучения (древовидный метод), которая

использовала входные и выходные данные для прогнозирования. Важными факторами, определяющими несущую способность свай, были длина и диаметр свай, высота падения и вес молота, а также результаты стандартного испытания на проникновение. Входные параметры для модели включали эти данные. Древо-видный метод машинного обучения оказался полезным инструментом для оценки устойчивости фрикционных свай, позволяя быстрее и легче сравнить результаты с фактическими измерениями на объекте. Такой подход может быть применен в других проектах для прогнозирования несущей способности свай без необходимости проведения дополнительных испытаний.

Искусственный интеллект может также использоваться для прогноза осадки фундаментов. Ярким примером служит нейросеть, разработанная учеными ПНИПУ [6]. Любое строительство начинается с инженерно-геологических изысканий, исследований характеристик грунта. Для расчетов применяют дорогостоящие и более экономичные методы, которые, к сожалению, не всегда точны, все это делается только для того, чтобы избежать излишней осадки грунтового основания фундамента. Сотрудники Пермского национального исследовательского политехнического университета создали нейросеть, которая позволяет предусмотреть осадку грунта без дополнительных исследований. Это открытие дает возможность в дальнейшем не проводить дополнительных исследований, а лишь добавлять новые данные в существующую базу. Нейросеть позволяет исследовать большее количество характеристик грунта и увеличить точность прогнозирования, благодаря способности ИИ обрабатывать нелёгкие зависимости, используя результаты различных испытаний в комплексе. Нейронная сеть прибегает к использованию данных непосредственных испытаний, статического зондирования грунтов, вертикальной нагрузки и параметров свай для получения конечного результата. Наиболее эффективной моделью Искусственного интеллекта оказалась сеть, состоящая из 4 скрытых слоев, в которые входит по 200 нейронов. Обучение нейронной сети было проведено через базу данных существующих объектов методом обратного распространения ошибки.

Сравнив результаты традиционных методик и нейронной сети, которая использует меньшее количество информации, можно сделать вывод, что последняя оказалась точнее на 15-20%.

Результаты

При быстрых темпах и объёмах строительства квалифицированных кадров по надзору за работами может не хватать. Для решения этой проблемы был разработан Constru [7]. Данная платформа способна снять с инженеров часть нагрузки по контролю строительства, снизить проектные риски, уменьшить затраты на переделку. Constru выполняет функции менеджера строительного проекта, основан на нейронных сетях и компьютерном зрении. Искусственный интеллект анализирует, сравнивает и сопоставляет реальные фотографии со строительной площадки с BIM панорамными фотографиями, данными о планах и сроках строительства, реализуя три основные задачи. Во-первых, оценка расхождений между планами и действительными темпами строительства. Во-вторых, при-

нимать пользователю наиболее лучшие решения для оптимизации строительных процессов, экономии и эффективном проведении работ, опираясь на обработанные данные ИИ. В-третьих, проводить контроль за качеством и скоростью реализации проекта. Платформа используется в некоторых крупных компаниях в США и хорошо себя зарекомендовала.

В 2022 году Группа «Самолёт» заявило о разработке системы S.Monitoring, способной анализировать монолитные работы [8]. Основная цель разработки такого ИИ это экономия, эффективное использование ресурсов и сокращение сроков на возведение монолитного здания. Такой ИИ сможет при помощи системы камер и датчиков следить за техникой безопасности и охраной труда, сообщать о простоях, прогнозировать риски и сроки завершения работ. Успех своей разработки компания подкрепляет следующими данными. Производительность труда выросла на 40%, усилился контроль индивидуальных средств защиты работников. Время возведения семнадцатизэтажного монолитного здания уменьшилось на 50 дней. Из-за высокой нагрузки инспекторов по контролю зданий, не всегда представляется возможным принять меры по предупреждению коррозии. Для решения этой проблемы компания Infosys разработала ИИ, способный распознавать и классифицировать коррозию [9]. ИИ выстроен таким образом, что в первую очередь определяет вид поверхности с потёртостями или с ржавчиной. Затем производится анализ и устанавливается классификация и степень коррозии. На данный момент известно, что ИИ способен с точностью 70 % выполнить свою задачу. Для улучшения его работы необходимо предоставить больше визуальных данных с примерами коррозионных повреждений.

Заключение

Использование ИИ в настоящее время только начинает входить в практику строительной отрасли, потому что автоматизация множества строительных процессов достаточно сложна в усвоении и требует основательной подготовки. Все же традиционные методы, используемые в строительстве, во многом проигрывают ИИ. Проанализировав изученный нами материал, мы пришли к выводу, что нужно распространять использование ИИ в строительной отрасли, так как это приводит к увеличению производительности труда, повышению качества выполнения строительных работ, а также ускорению процесса строительства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений» Свод правил СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*. - М.: Министерство регионального развития, 2017. – 160 с.

2. ГОСТ Р 59276–2020 "Системы искусственного интеллекта. Способы обеспечения доверия" от 01.03.2021 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов [электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200177291>.

3. Горохов А.В., Мартынов В.А., Гаврин В.А. Искусственный интеллект // Вопросы студенческой науки. - СПб.: СКИФ, 2022. - С. 159–162.

4. Активные разломы и поверхностные разрывы позднеголоценовых землетрясений в обрамлении Кокоринской впадины (Горный Алтай, Россия). – Деев Е.В., Крживоблоцкая В.Е.,

Бородовский А.П., Энтин А.Л. // Доклады Российской академии наук: Науки о Земле - Том 506. - № 1. - С. 299–305.

5. "Factors Influencing Pile Friction Bearing Capacity: Proposing a Novel Procedure Based on Gradient Boosted Tree Technique" [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/21/11862/htm>.

6. Ofrikhter, I.V., Ponomaryov, A.P., Zakharov, A.V., Shenkman, R.I. Estimation of soil properties by an artificial neural network. Magazine of Civil Engineering. 2022. 110(2). Article No. 11011. DOI: 10.34910/MCE.110.11.

7. CONSTRU.<https://www.constru.ai/>.

8. Самолет S.Monitoring Система предиктивной аналитики монолитных работ <https://www.tadviser.ru/a/697235>.

9. Infosys Knowledge Institute | Using Computer Vision to Detect and Classify Corrosion <https://www.infosys.com/iki/perspectives/classify-corrosion.html>.

© В. Б. Гущина, С. К. Попова, С. А. Раков, Е. А. Устимова, О. А. Коробова, 2024