

УДК 69.003:004

DOI 10.52928/2070-1632-2024-67-2-21-25

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ*канд. экон. наук, доц. А.С. МИЩЕНКО**(Белорусский государственный экономический университет, Минск)*

В статье рассмотрены основы применения нейронных сетей в деятельности строительных организаций. Основной целью исследования стало обоснование преимуществ и перспектив использования нейронных сетей в строительной отрасли. В рамках исследования первоначально была определена сущность данного варианта машинного обучения, обоснована их классическая архитектура и выделены ключевые элементы, а также описан принцип работы. В последующем были систематизированы варианты применения нейронных сетей в рамках отрасли строительства (проектирование объектов строительства, анализ затрат на реализацию строительных проектов, управление строительными проектами, мониторинг производительности труда и оборудования, оценка качества используемых материалов и управление запасами, обеспечение энергоэффективности, анализ рисков и обеспечение безопасности производимых работ и др.) и произведено разграничение областей применения нейронных сетей в рамках стадий жизненного цикла объектов строительства, что составило основу научной новизны.

Результаты исследования могут быть применены в деятельности строительных организаций для повышения эффективности проводимых работ на различных этапах строительства.

Ключевые слова: *строительный комплекс, машинное обучение, нейронные сети, архитектура сети, жизненный цикл объектов строительства.*

Введение. Современные условия внешней среды, характеризующиеся ускоренным развитием всех сфер экономики, глобализацией и существенным ростом конкуренции на мировых рынках, обуславливают необходимость поиска инновационных вариантов организации строительных работ с применением технологий, обеспечивающих повышенную эффективность реализуемых проектов. Явным примером таких технологий являются нейронные сети, приобретающие всё большее значение в процессе проектирования и возведения зданий и сооружений. Используемые в различных областях науки и техники, нейронные сети позволяют автоматически анализировать поступающие из внешней среды данные, выявлять существующие закономерности, прогнозировать течение строительных проектов, отслеживать текущее положение строительной техники и актуальную обстановку на строительной площадке, а также обнаруживать потенциальные угрозы, обеспечивая безопасность проводимых работ и увеличивая эффективность использования ресурсов. В рамках отмеченного искусственные нейронные сети являются одной из наиболее перспективных цифровых технологий, предлагаемых для применения в сфере строительства.

Однако, несмотря на многообещающие перспективы использования нейронных сетей в строительной отрасли и создаваемые в данном варианте преимущества, применение отмеченных технологий в данной сфере всё ещё недостаточно развито. Одной из основных причин, ограничивающих применение нейронных сетей в строительстве, выступает нестандартизированный характер строительных объектов и используемых архитектурных и инженерных решений. Существенная специфика каждого объекта строительства ограничивает возможность обучения, основанного на имеющемся опыте, и сокращает вероятность формирования достоверных прогнозов. Одновременно второй по значимости причиной слабого распространения нейронных сетей является их инновационный характер и отсутствие достаточных знаний и умений у профильных специалистов. На практике многие специалисты в области строительства до сих пор не только не используют данные технологии, но и не знакомы с их возможностями.

С учетом всего отмеченного, целью данного исследования стало обоснование преимуществ и перспектив использования нейронных сетей на различных этапах жизненного цикла объектов строительства. Для достижения представленной цели первоначально было приведено определение сущности нейронных сетей и описаны основы их построения.

Нейронные сети: сущность и архитектура. Современные нейронные сети, нашедшие применение во всех отраслях экономики, являются воплощенным в программном виде отражением основ функционирования биологических нейронных сетей. Осмысление концепции нейронных сетей началось крайне давно, однако широкое распространение в отдельных отраслях они получили сравнительно недавно: в отрасли строительства применение данного варианта машинного обучения датируется концом 1980-х гг. [1]. Именно в данный период времени исследователями была установлена возможность решения с помощью нейронных сетей сложных нелинейных задач, путем формирования некоторого опыта и внутреннего механизма расчета, основанного на входных данных, условиях окружающей среды и обучающих программ. Дальнейшее развитие концепции привело к формированию ряда различных суждений в области определения сущности и архитектуры нейронных сетей.

В рамках данного исследования в качестве нейронных сетей предлагается рассматривать особый вычислительный инструмент, функционирование которого основано на способности обучения и формирования механизмов распознавания и рассуждения, позволяющих обеспечивать получение решения на основе реализации математической модели, имеющей статический или динамический характер. В рамках нейронных сетей на основе

имеющегося опыта и производимого обучения (с учителем или без него) осуществляется вычислительный процесс, результатом которого выступает решение сложных управленческих задач.

Строение нейронных сетей объяснимо повторяет внутреннее представление сетей нервных клеток. Так, нейронная сеть состоит из множества взаимосвязанных между собой нейронов, представляющих собой элементы, определяющие выходные параметры (по установленному правилу) на основе совокупности входных данных [2, с. 6]. Входящие в сеть нейронные объединены в слои, количество которых может варьироваться. При этом в классическом варианте нейронная сеть включает три слоя: входной, скрытый и выходной, формирующих её архитектуру. Размещение данных слоев в рамках базовой архитектуры нейронной сети представлено на рисунке 1.

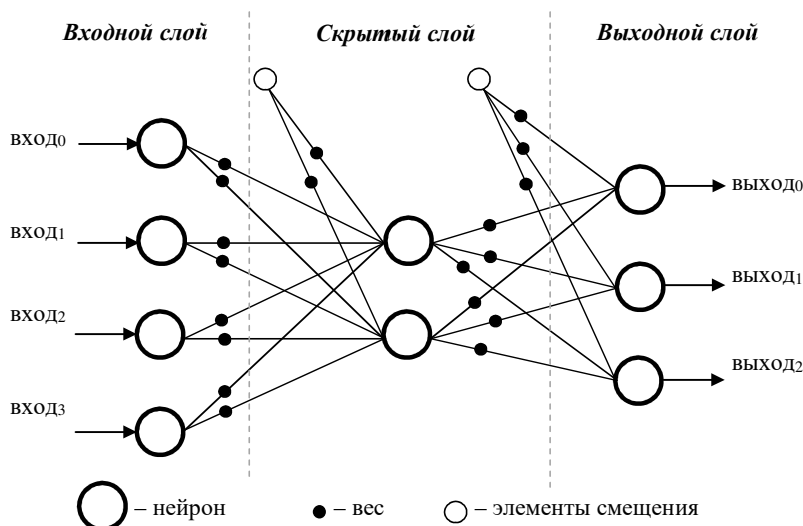


Рисунок 1. – Базовая архитектура нейронной сети

Источник: [3, с. 1354].

Как наглядно видно, в основу нейронной сети заложены входные, выходные и скрытые нейроны, разграниченные по соответствующим слоям. В зависимости от принятой архитектуры, нейронная сеть может включать как один, так и несколько скрытых слоев. При этом каждый нейрон во входном слое связан с каждым нейроном в скрытом слое, а каждый нейрон в скрытом слое связан с каждым нейроном в выходном слое.

Вариант построения нейронной сети, а также количество входящих в неё нейронов и слоев, в значительной степени определяют её характер. В данном контексте можно обозначить простые и сложные нейронные сети. Сложность архитектуры существенно влияет на их точность и производительность: если одни решения позволяют ограничиться простой архитектурой, то другие – требуют усложнения классического варианта построения нейронной сети. Архитектура нейронной сети при этом может быть изменена и доработана в любой момент обучения или оптимизации [4, с. 108].

В рамках сформированной архитектуры для каждого элемента нейронной сети устанавливается определенное правило, в соответствии с которым на основании комбинированных входных данных осуществляется определение выходного значения. Комбинирование данных осуществляется для каждого нейрона в отдельности и предусматривает вычисление суммированного значения взвешенных связей [5, с. 4]. Т.е. каждый входной нейрон дополнительно имеет свой весовой коэффициент. Весовые коэффициенты являются ключевыми элементами каждой нейронной сети и выражают относительную важность входных данных каждого нейрона, определяя возможность для стимуляции [3, с. 1354]. Умножение весовых коэффициентов на входные данные сигналов и их суммирование и формирует комбинированный входной сигнал каждого нейрона.

Способ присвоения нейронам весовых коэффициентов определяет: статический или динамический характер имеет выстроенная нейронная сеть. В случае, если присвоение весовых коэффициентов осуществляется одновременно при построении архитектуры, то речь идет о статической нейронной сети; в противоположном варианте, когда установление весов производится в процессе обучения и существенно зависит от условий внешней среды, предусматривается, что она имеет динамический характер.

В описанный выше классический состав элементов сети стандартно добавляется еще один вид нейронов – нейроны смещения или биасы (англ. Bias – смещение). Данный вид имеет существенное отличие от входных, выходных и скрытых нейронов – они не имеют входных связей от иных нейронов, а их вход и выход всегда равняются единице. Нейроны смещения добавляются в сеть с целью обеспечения возможности сдвига графика функции активации вправо или влево, зачастую требуемого для поиска решения. В целом в рамках архитектуры нейронной сети, вне зависимости от степени её сложности, нейроны смещения либо присутствуют по одному на каждом слое, либо отсутствуют полностью.

Таким образом, в рамках функционирования нейронных сетей вычисление идет по нескольким путям и в конечном итоге приводит к получению единого результата. При этом каждый из слоев сети выполняет определенную роль: входной слой формирует массив исходных данных, выходной – обеспечивает формирование итогового решения, в рамках скрытого слоя осуществляется обработка исходных данных по установленным правилам. Возможность обработки с помощью нейронных сетей больших объемов информации в режиме реального времени и обуславливает её существенное значение в обеспечении устойчивого и эффективного развития строительной отрасли.

Использование технологии нейронных сетей в строительной отрасли: практика и перспективы. Как и иные цифровые технологии, нейронные сети начали использоваться в строительной отрасли еще с конца 1980-х годов. В рамках прошедшего периода времени их использование производилось для решения таких задач, как прогнозирование, оптимизация и моделирование процессов, формирование архитектурных решений, отслеживание сроков и очередности выполнения работ и др. К настоящему времени перечень областей, в рамках которых осуществляется использование данного варианта машинного обучения, существенно расширился и включил:

- проектирование объектов строительства: создание архитектурных проектов; поиск оптимальных инженерных решений; расчет строительных характеристик зданий и построение электрических схем; разработка систем автономного обеспечения и систем умного дома и т.д.;
- анализ затрат на реализацию строительных проектов: прогнозирование стоимости строительства; моделирование эффективности управления строительными проектами; прогнозирование стоимости обслуживания строительной техники; прогноз исполнения бюджета;
- управление строительными проектами: оптимизация графиков строительства; установление очередности выполнения строительных работ; моделирование процесса строительства; отслеживание выполнения отдельных этапов строительства и др.;
- мониторинг производительности (как оборудования, так и персонала): отслеживание работы строительного оборудования, оценка суточной производительности; прогнозирование выхода оборудования из строя; оптимизация размещения кранов, бетононасосов и иных единиц оборудования и техники на строительных площадках; обеспечение работы специализированных роботов (например, роботов-каменщиков); оценка производительности труда и расчет норм выработки и др.;
- оценку качества используемых материалов и проводимых работ, управление запасами: обнаружение дефектов в строительных материалах, таких как бетон, сталь и дерево; отслеживание уровня запасов материалов на складах, оценка прогнозного объема расходования материалов; анализ прочности материалов и др.;
- обеспечение энергоэффективности: прогнозирование энергопотребления объектов строительства; расчет оптимальных вариантов систем отопления и кондиционирования; организация строительного процесса с минимальным энергопотреблением;
- анализ рисков и безопасность: оценка вероятности наступления непредвиденных обстоятельств; прогнозирование вероятности возникновения аварий; оценка безопасного трудового поведения работников и отслеживание в режиме реального времени их передвижений для исключения возможности травмирования; прогнозирование безопасного климата строительства объекта и т.д.

В целом применение нейронных сетей в деятельности строительных организаций возможно на каждом этапе жизненного цикла объектов строительства. Жизненный цикл объекта представляет собой период, в процессе которого производятся работы по его проектированию (в т.ч. разработка технико-экономического обоснования), строительству, эксплуатации (в т.ч. текущий и капитальный ремонт) и ликвидации. Каждый из отмеченных этапов имеет свою специфику реализации, а также входные и выходные параметры. Одновременно в течение всего жизненного цикла объектов строительства осуществляется строительный контроль, обеспечивающий соответствие проводимых работ установленным нормам.

В рамках развития теоретических основ использования нейронных сетей в строительной отрасли весьма актуальным является разграничение ранее упомянутых областей применения по этапам жизненного цикла объектов строительства (проектирование, строительство, эксплуатация, контроль). Авторский вариант разграничения представлен на рисунке 2.

Таким образом, наиболее широкие возможности нейронные сети представляют на этапе возведения объектов, в рамках которого в настоящее время наблюдается наименьшая степень цифровизации и автоматизации. В данном контексте можно говорить о крайне высокой актуальности рассматриваемого варианта машинного обучения и его представлении в качестве ключевого резерва роста эффективности. Наименее узкое применение одновременно наблюдается в сфере строительного контроля, что связано с ранее упоминаемым отсутствием стандартизации данных по различным строительным проектам.

Применение технологии нейронных сетей на различных стадиях жизненного цикла объектов строительства обеспечивает существенный рост производительности труда и оборудования при организации оптимизированного варианта проведения строительных работ. Высокая эффективность и безопасность проведения работ при этом обеспечивается постоянным анализом больших массивов данных, отражающих условия внешней среды и внутренние закономерности, способствующим принятию строительными компаниями более обоснованных решений, снижающих затраты и сокращающих период строительства.

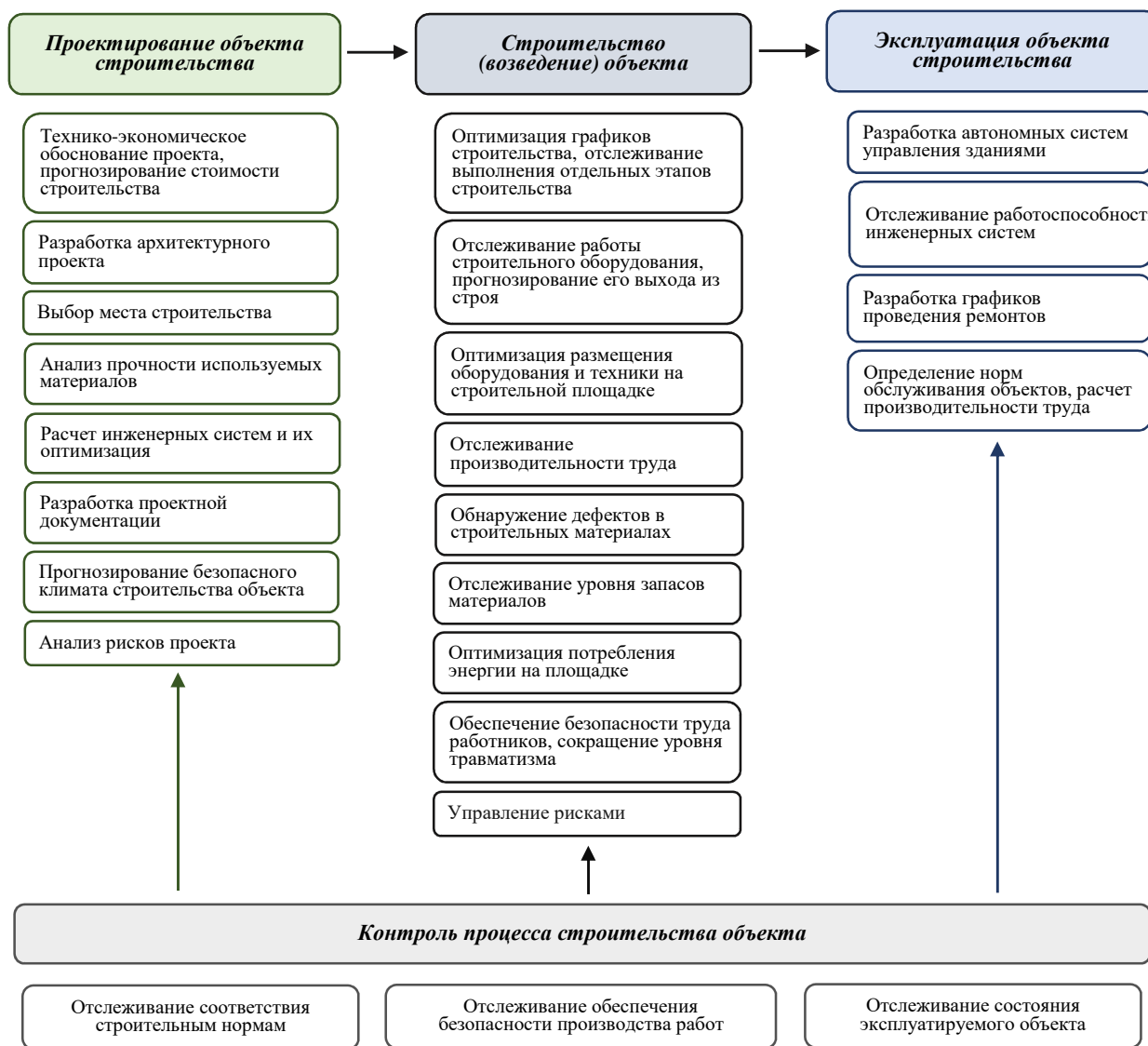


Рисунок 2. – Области применения нейронных сетей в разрезе стадий жизненного цикла объектов строительства

Заключение. Систематизация результатов проведенного исследования позволяет однозначно установить существенную актуальность использования в строительной деятельности нейронных сетей, представляющих собой особый вычислительный инструмент, функционирование которого основано на способности обучения и формирования механизмов распознавания и рассуждения, позволяющих обеспечивать получение решения на основе реализации математической модели, имеющей статический или динамический характер. Современные нейронные сети позволяют оптимизировать процесс строительства на всех этапах жизненного цикла (проектирование, возведение, эксплуатация), а также организовывать более качественное проведение государственного контроля. Применение технологии нейронных сетей в строительной отрасли может обеспечить значительный рост эффективности и коренную перестройку процесса строительства, характеризующуюся сокращением сроков, оптимизацией затрат и повышением надежности возводимых зданий. Одновременно будет наблюдаться повышенная безопасность выполнения строительных работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Adeli, H., Yeh C. Perceptron Learning in Engineering Design // Comput. Civ. Infrastruct. Eng. – 2008. – No.4. – P. 247–256.
2. Гафаров Ф.М., Галимянов А.Ф. Искусственные нейронные сети и приложения: учеб. пособи. – Казань: Изд-во Казан. унта, 2018. – 121 с.
3. Cvetkovska M. Artificial Neural Networks and Fuzzy Neural Networks for Solving Civil Engineering Problems // Tehnicki Vjesnik-technical Gazette. – 2014. – No. 21 (6). – P. 1353–1359.

4. Кузнецова И.О., Малютков Д.А. Принцип работы и архитектура нейронных сетей // Евразийская интеграция: современные тренды и перспективные направления. – 2024. – № 1. – С. 106–111.
5. Липидус А.А., Ндайрагидже И. Искусственные нейронные сети как инструмент оптимизации производственных процессов в строительстве // Технология и организация строительного производства. – 2018. – № 4. – С. 3–6.

Поступила 17.05.2024

USING NEURAL NETWORK TECHNOLOGY IN CONSTRUCTION ACTIVITIES

A. MISHCHENKO

(Belarusian State Economic University, Minsk)

The article discusses the basics of using neural networks in the activities of construction organizations. The main goal of the study was to substantiate the advantages and prospects of using neural networks in the construction industry. As part of the study, the essence of this variant of machine learning was initially determined, their classical architecture was justified, key elements were identified, and the principle of operation was described. Subsequently, options for using neural networks within the construction industry were systematized (design of construction projects, analysis of costs for the implementation of construction projects, management of construction projects, monitoring of labor and equipment productivity, assessment of the quality of materials used and inventory management, ensuring energy efficiency, risk analysis and ensuring the safety of work performed, etc.) and a distinction was made between the areas of application of neural networks within the stages of the life cycle of construction projects, which formed the basis of scientific novelty.

The results of the study can be applied in the activities of construction organizations to increase the efficiency of work carried out at various stages of construction.

Keywords: *construction complex, machine learning, neural networks, network architecture, life cycle of construction objects.*