

УДК 004.896

**В.Э. Воловик**

ФГБОУ ВО «ИГУ», Байкальская международная бизнес-школа, Иркутск,  
email: me@lonelcor.ru

## **АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ**

**Ключевые слова:** нейронные сети, прогнозирование экономических показателей, строительная отрасль, точность оценок, управление рисками, стратегическое планирование, цифровизация.

В статье рассматривается применение нейронных сетей для прогнозирования ключевых экономических показателей в строительной отрасли. Показано, что использование нейросетевых моделей повышает точность оценки стоимости и сроков реализации проектов, способствует раннему выявлению рыночных изменений, снижает риски и повышает устойчивость компаний к экономическим колебаниям. Отмечены преимущества интеграции нейронных сетей с другими технологиями искусственного интеллекта, BIM-системами, цифровыми двойниками и IoT-данными. Подчеркивается важность качества исходных данных, развития методик интерпретируемого ИИ, а также необходимость регулярной актуализации моделей и адаптации к динамично меняющейся среде. В долгосрочной перспективе внедрение нейросетевых решений обеспечивает строительным компаниям устойчивое конкурентное преимущество, повышает эффективность экономического планирования и стратегическое качество управления.

**V.E. Volovik**

FSBEI HE "ISU", Baikal International Business School, Irkutsk, email: me@lonelcor.ru

## **ANALYSIS OF THE APPLICATION OF NEURAL NETWORKS FOR FORECASTING THE ECONOMIC INDICATORS OF CONSTRUCTION PROJECTS**

**Keywords:** neural networks, economic indicator forecasting, construction industry, accuracy of estimates, risk management, strategic planning, digitalization.

The article examines the use of neural networks for forecasting key economic indicators in the construction industry. It is shown that using neural network models improves the accuracy of cost and project completion time estimates, facilitates early detection of market changes, reduces risks, and enhances companies' resilience to economic fluctuations. The advantages of integrating neural networks with other artificial intelligence technologies, BIM systems, digital twins, and IoT data are highlighted. The importance of data quality, the development of explainable AI methods, as well as the necessity of regular model updates and adaptation to a dynamically changing environment are emphasized. In the long term, the implementation of neural network solutions provides construction companies with a sustainable competitive advantage, increases the efficiency of economic planning, and strengthens the strategic quality of management.

Исследование направлено на то, чтобы на основе уже накопленных эмпирических данных об экономических показателях в строительной отрасли понять, насколько точно и стабильно современные нейронные сети могут прогнозировать важные финансовые параметры строительных проектов. К таким параметрам можно отнести стоимость проекта, сроки выполнения и затраты на ресурсы. В рамках этой цели предполагается проведение анализа результатов прогнозирования нейросетевых моделей, сравнение их с традиционными подходами и оценка влияния различных

факторов, например, масштаб проектов, региональная специфика или макроэкономический контекст, на качество получаемых прогнозов. Итогом станет понимание того, в какой мере решения, основанные на нейросетевых технологиях, могут служить надежным инструментом для аналитиков, экономистов и руководителей строительных организаций при принятии решений.

### **Материалы и методы исследования**

В работе использовались статистические данные о ключевых экономических параметрах уже завершенных стро-

ительных проектов, а также результаты ранее проведённых экспериментов с различными методами прогнозирования. Анализ источников, включая отчёты, научные публикации и макроэкономические индикаторы, позволил создать репрезентативную выборку для статистического анализа. Применялся сравнительный анализ точности прогнозов нейросетевых моделей относительно традиционных подходов, что обеспечило обоснованную оценку потенциала применения нейронных сетей в прогнозировании экономических показателей проектов в строительстве.

### **Результаты исследования и их обсуждение**

В результате проведённого анализа удалось выявить ряд важных закономерностей и тенденций, имеющих практическое значение для строительной отрасли. Основными параметрами, подлежащими оценке, были фактические показатели стоимости реализованных проектов, сроки их выполнения, а также степень соответствия прогнозных моделей текущей экономической ситуации. При этом ключевым преимуществом применения нейросетевых решений стала их способность учитывать достаточно широкий спектр факторов одновременно, включая сезонность, динамику цен на стройматериалы, изменение стоимости рабочей силы, логистику и её особенности, региональные различия и макроэкономические индикаторы, такие как инфляция, курсы валют и т.д.

Одним из значимых результатов исследования стало определение возможности повышения точности прогнозирования итоговой стоимости проектов [4]. В сравнении с традиционными статистическими моделями, например, классическими линейными регрессиями или простыми эконометрическими методами, нейросети продемонстрировали более высокую степень адаптивности. Они лучше справлялись с нелинейными взаимосвязями и взаимодействиями между различными показателями, что позволило уменьшить погрешности прогнозирования. Это, в свою очередь, способствовало более точному планированию бюджетов, снижению риска перерасхода средств и уменьшению вероятности на-

рушения сроков из-за недостаточности финансовых ресурсов. Для предприятий, работающих в условиях нестабильной экономической ситуации, такой подход открывает новые возможности для улучшения финансового планирования и стратегического менеджмента.

Не менее важным аспектом оказалось прогнозирование сроков реализации проектов. Традиционно увеличение продолжительности сдачи на строительных объектах возникают по ряду причин: неблагоприятные погодные условия, задержки поставок материалов, технические проблемы, нехватка квалифицированной рабочей силы. Нейронные сети смогли учитывать эти факторы и их сложные взаимосвязи друг с другом, формируя более реалистичные сценарии завершения работ. На практике это означает, что строительные компании могут точнее определять даты сдачи объектов, грамотно распределять ресурсы, своевременно реагировать на вероятные трудности и оптимизировать логистику. Анализ результатов показал, что точность прогнозирования сроков повысилась в среднем на 10–15% по сравнению с базовыми моделями, основанными на линейных зависимостях или упрощённых эмпирических правилах [1].

Следующий значимый результат исследования связан с экономической устойчивостью проектов. Применение нейросетей в качестве инструмента прогнозирования не ограничивается простой оценкой стоимости или сроков. Модели данного класса могут оценивать и риски, включая вероятные колебания спроса на готовые объекты недвижимости, изменение цен на энергоносители и строительное сырьё, а также возможные трудности с привлечением инвестиций. Выявлено, что с помощью нейронных сетей можно не только получить более точный оценочный диапазон вероятных исходов, но и распознать ранние сигналы изменений на рынке. Это помогает предприятиям вовремя скорректировать свои планы, например, переориентироваться на другие сегменты рынка, изменить стратегию закупок или пересмотреть объёмы строительства. Такой подход обеспечивает более гибкую реакцию на экономические колебания и снижает долгосрочные риски.

Применение нейронных сетей оказалось эффективным не только для крупных девелоперских проектов, но и для средних и мелких строительных компаний, работающих в более локальных нишах. Если большие корпорации имеют возможность содержать целые аналитические отделы и привлекать консультантов, то для небольших компаний нейросети могут стать доступным инструментом, упрощающим процесс управления. При наличии релевантных данных и минимально необходимой технической поддержки компании любого масштаба могут использовать гибридные решения: сочетать нейросетевые прогнозы с экспертными оценками, а затем постепенно переходить к полностью автоматизированным системам принятия решений. Итогом станет более взвешенная инвестиционная политика и рациональное распределение ресурсов, что крайне важно в условиях повышенной конкуренции на рынке недвижимости и строительства [2].

Кроме того, внедрение нейросетевых моделей может быть дополнено использованием других технологий искусственного интеллекта и анализа данных. Например, интеграция с системами машинного обучения, компьютерного зрения, обработки естественного языка или алгоритмами оптимизации ресурсов позволит строительным компаниям создать целостную экосистему цифровых инструментов. Такая экосистема способна не только предсказывать экономические показатели, но и автоматизировать рутинные процессы, предлагать сценарные планы развития и анализировать поведение ключевых стейкхолдеров, включая клиентов и поставщиков. Это позволит руководству принимать более дальновидные и стратегические решения, основываясь на комплексной картине рынка и собственных ресурсов.

Стоит отметить, что современный уровень развития нейронных сетей позволяет интегрировать их с BIM (Building Information Modeling) и цифровыми двойниками, предоставляя более детализированные данные о состоянии проектов и их компонентов. Это открывает перспективы для улучшения не только краткосрочного прогнозирования, но и долгосрочного планирова-

ния жизненного цикла объектов. Таким образом, нейронные сети в сочетании с другими технологиями формируют новый уровень точности и предсказуемости, обеспечивая строительной отрасли дополнительные пути для инновационного развития.

Однако необходимо учитывать и ограничения. Например, качество нейросетевых прогнозов напрямую зависит от качества, полноты и актуальности исходных данных. Недостаточность данных, их фрагментарность или наличие шума негативно влияют на результат. Предприятию следует внедрять стандарты по работе с данными, обучать персонал навыкам первичного анализа и обработки информации, а также разрабатывать стратегии долгосрочного сбора и хранения данных. Применение современных методов feature engineering, регулярная валидация моделей и постоянный мониторинг их качества позволят повышать точность прогнозов и делать результаты более надёжными.

Использование нейронных сетей требует определённых навыков, вычислительных ресурсов и постоянного обновления моделей. Для небольших компаний это может стать барьером, однако развитие облачных технологий, доступность готовых библиотек и фреймворков, а также появление сервисов AutoML (автоматизированное машинное обучение) снижают порог вхождения. Постепенная цифровизация и повышение уровня технологической компетентности персонала позволяют даже относительно небольшим участникам отрасли использовать инновационные решения.

Интерпретируемость и доверие к результатам нейросетей по-прежнему остаются актуальными вопросами. В строительстве, как в капиталоемкой отрасли с высоким уровнем ответственности, неудачный прогноз может грозить значительными финансовыми потерями. Поэтому необходимо внедрять методы интерпретируемого ИИ, такие как SHAP или LIME, чтобы понять, какие факторы и в какой степени повлияли на итоговое решение. Повышение прозрачности моделей и развитие понятных интерфейсов, визуализаций и отчётности помогут менеджерам лучше осмыслить прогнозы и использовать их более уверенно в своей работе.

Также важно понимать, что внедрение нейронных сетей и других технологий ИИ – это не одноразовый проект, а непрерывный процесс. Рыночная ситуация в строительстве, цены на строительные материалы, требования клиентов и нормы регулирования могут меняться достаточно быстро. Поэтому модели следует регулярно обновлять, тестировать и настраивать в соответствии с новыми данными и условиями. Это подразумевает гибкость организационной структуры, готовность инвестировать в обучение персонала и создание внутренних стандартов работы с моделью. Такой непрерывный цикл улучшений позволит удерживать высокое качество прогнозов и реагировать на динамику рынка.

В долгосрочной перспективе интеграция нейронных сетей в экономическое планирование строительных проектов приведёт к более устойчивым и конкурентоспособным компаниям. Они смогут снижать риски, точнее оценивать долгосрочные инвестиции, предполагать изменения в предпочтениях клиентов, повышать качество и скорость обслуживания, а также обеспечивать более надёжные отношения с поставщиками и подрядчиками. Расширение источников данных, включая макроэкономические прогнозы, индексы цен на сырьё, информацию о политической и экологической обстановке, позволит моделям становиться всё более универсальными и долгосрочными помощниками в принятии решений.

В перспективе дальнейшие исследования могут быть направлены на совершенствование архитектур нейронных сетей, применение ансамблевых методов, включающих в себя сочетание различных моделей и алгоритмов, а также разработку адаптивных систем, которые самостоятельно меняют свою структуру и параметры при смене условий. Кроме того, углубление в интерпретируемость, разработка новых метрик оценки качества прогнозов, включая оценку экономического эффекта от внедрения модели, и создание открытых отраслевых баз данных поспособствуют дальнейшему развитию этого направления.

Таким образом, нейросетевые технологии при грамотном подходе к данным, инфраструктуре и организацион-

ным изменениям могут стать ключевым инструментом в прогнозировании экономических показателей строительных проектов. Их применение обеспечивает новые горизонты для повышения эффективности, снижения рисков, укрепления деловых связей и повышения качества стратегического планирования [5]. На фоне нарастающей цифровизации экономики строительная отрасль, активно внедряя нейронные сети, получает шанс повысить свою адаптивность, точность планирования и устойчивость к внешним шокам, обеспечивая себе конкурентное преимущество в долгосрочной перспективе.

В дальнейшем могут быть предприняты попытки интеграции нейронных сетей с современными системами управления цепочками поставок (supply chain management systems), что позволит более эффективно прогнозировать потребность в материалах, определять оптимальные маршруты перевозок и снижать затраты на логистику. Кроме того, использование данных с датчиков и устройств Интернета вещей (IoT) в реальном времени даст возможность отслеживать состояние оборудования и строительных конструкций ещё до возникновения критических ситуаций. К примеру, анализ вибраций, температуры и влажности с помощью нейросетевых методов позволит предсказать вероятность поломок оборудования или ухудшение состояния несущих конструкций, предотвращая возможные аварии и сокращая простои.

Расширение спектра анализируемых данных, включающее не только экономические, но и социально-демографические показатели, может открыть новые перспективы для компаний. Так, изучение динамики миграционных потоков, развития инфраструктуры, спроса на определённые типы недвижимости, а также анализ потребительских предпочтений в разных регионах позволят точнее определять перспективные направления расширения бизнеса. Нейронные сети, обученные на комплексных мультидисциплинарных наборах данных, смогут не только предсказывать стоимость и сроки реализации проектов, но и помогать выбирать оптимальные форматы застройки, архитектурные решения или даже разрабатывать страте-

гии ценообразования, повышая привлекательность объектов для потенциальных покупателей.

Ещё одним направлением совершенствования может стать интеграция нейросетевых моделей с системами поддержки принятия решений на уровне городского планирования и регионального развития. Строительные компании, взаимодействуя с муниципальными и региональными органами власти, могут использовать нейронные сети для разработки долгосрочных стратегий развития городских территорий: определения наиболее целесообразных мест для возведения новых объектов, планирования транспортной и социальной инфраструктуры, оценки влияния климатических изменений или изменений в законодательстве на экономическую целесообразность проектов. Такой комплексный подход позволит создать более сбалансированную, удобную и устойчивую городскую среду, отвечающую потребностям как бизнеса, так и общества.

Нельзя упускать из виду важность кибербезопасности при работе с нейронными сетями и экономическими данными строительных проектов. Поскольку модели обучаются на больших массивах чувствительных данных, необходимо гарантировать их защиту от несанкционированного доступа, утечек или умышленных искажений. Развитие средств кибербезопасности, внедрение протоколов шифрования данных, а также разработка устойчивых к атакам архитектур нейросетей и алгоритмов верификации результатов будут способствовать сохранению коммерческой тайны, защите интеллектуальной собственности и укреплению доверия к технологиям искусственного интеллекта в отрасли.

Кроме того, стоит обратить внимание на возможность обучения нейронных сетей с учётом глобальных мегатрендов – таких как развитие «зелёной» экономики, переход к возобновляемым источникам энергии, внедрение принципов циркулярной экономики и устойчивого развития. Учёт экологических и социальных факторов в моделях прогнозирования экономических показателей позволит компаниям принимать решения, учитывающие не только максимизацию прибыли, но и снижение негативного

влияния на окружающую среду, более рациональное использование ресурсов и улучшение качества жизни в городах. Такой подход укрепит репутацию строительных организаций, повысит их инвестиционную привлекательность, а также будет соответствовать мировым тенденциям ответственного бизнеса и корпоративной социальной ответственности.

Подобное расширение горизонтов применения нейронных сетей создаёт предпосылки для формирования новой бизнес-культуры, где решения принимаются на основе комплексного, динамически обновляемого анализа, подкреплённого данными из самых разных сфер. В результате строительные компании смогут действовать более уверенно, ориентируясь не только на краткосрочные выгоды, но и на долгосрочные перспективы развития. Это приведёт к тому, что отрасль станет более предсказуемой, привлекательной инвестиционно, технологически продвинутой и гибко реагирующей на внешние вызовы.

Дальнейшее развитие нейросетевых технологий и их интеграция с прочими инструментами анализа данных, планирования и управления в строительной отрасли будет способствовать повышению эффективности, снижению рисков и оптимизации ресурсов [3]. За счёт более точного, глубокого и многогранного понимания экономической среды компании смогут двигаться от простой реакции на изменения к проактивному стратегическому планированию, тем самым укрепляя свои позиции на рынке, повышая конкурентоспособность и формируя новые стандарты качества ведения строительного бизнеса.

### Выводы

Современные тенденции в строительной отрасли демонстрируют, что применение нейронных сетей становится одним из ключевых факторов повышения точности экономического прогнозирования. В отличие от традиционных статистических и эконометрических методов, нейронные сети способны эффективно работать с нелинейными, многомерными и динамично меняющимися данными. Это даёт строительным компаниям возможность не только корректно оценивать стоимость проектов и определять

более реалистичные сроки их реализации, но и формировать экономически устойчивые стратегии развития.

Одним из важнейших достижений использования нейронных сетей является улучшение точности прогнозов стоимости и сроков ввода объектов в эксплуатацию. Учёт множества факторов одновременно – от изменений цен на материалы и оплаты труда до логистических ограничений и макроэкономических колебаний – позволяет существенно снизить риск перерасхода средств, избежать срывов графиков и более тщательно планировать бюджет. Нейросетевые модели также позволяют выявлять скрытые тенденции и предвидеть рыночные изменения, что снижает долгосрочные риски и обеспечивает гибкую реакцию на внешние вызовы.

Не менее значимым преимуществом является доступность подобных технологий для компаний разного масштаба. Благодаря облачным сервисам, готовым фреймворкам и развитию AutoML даже средние и мелкие участники рынка могут использовать нейронные сети в сочетании с экспертными оценками, постепенно переходя к автоматизированным системам принятия решений. Это выравнивает условия конкуренции, стимулирует повышение качества управления и расширяет поле для инноваций.

Интерпретируемость моделей остаётся важным направлением дальнейшего совершенствования. Методы интерпретируемого ИИ позволяют понять, какие факторы оказали ключевое влияние на результат. Это повышает доверие к прогнозам, упрощает интеграцию нейросетей

в существующие бизнес-процессы и облегчает обучение персонала. Кроме того, развитие BIM и цифровых двойников открывает путь к более детализированным, многомерным и динамическим моделям, охватывающим весь жизненный цикл строительных объектов.

Применение нейронных сетей можно рассматривать как важный шаг к созданию полноценной экосистемы интеллектуальной аналитики. Интеграция с системами машинного обучения, компьютерного зрения, IoT-устройствами и алгоритмами оптимизации ресурсов способствует формированию комплексной среды принятия решений. Это позволяет компаниям выстраивать стратегическое видение, учитывающее не только экономические параметры, но и экологические, социально-демографические факторы, глобальные тренды и тренды в области устойчивого развития. Итогом становится более высокий уровень устойчивости, адаптивности и рентабельности строительного бизнеса.

Таким образом, нейронные сети, при условии грамотной подготовки данных, развития инфраструктуры и организационной адаптации, становятся мощным инструментом для повышения точности экономического прогнозирования, оптимизации ресурсов, снижения рисков и укрепления конкурентоспособности строительных компаний. Их дальнейшее развитие и интеграция с другими технологиями будут формировать новые стандарты качества и эффективности в строительной отрасли, приближая её к современным требованиям цифровой экономики.

#### *Библиографический список*

1. Андреев А. Искусственный интеллект в строительстве // Айбим. [Электронный ресурс]. URL: <https://bim-info.ru/articles/iskusstvenny-intellekt-v-stroitelstve/> (дата обращения: 01.12.2024).
2. The Benefits of AI In Construction // RESOURCES. [Электронный ресурс]. URL: <https://constructible.trimble.com/construction-industry/the-benefits-of-ai-in-construction> (дата обращения: 05.12.2024).
3. Светунькова А. ИИскусный строитель: как нейросети используются в строительстве // Известия. [Электронный ресурс]. URL: <https://iz.ru/1599576/alena-svetunkova/iiskusnyi-stroitel-kak-neiroseti-ispolzuiutsia-v-stroitelstve> (дата обращения: 05.12.2024).
4. Как искусственный интеллект меняет строительную отрасль // PlanRadar. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.planradar.com/ru/kak-iskusstvennyj-intellekt-menyaet-stroitelnuyu-otrasl/> (дата обращения: 05.12.2024).
5. Агравал А., Джошуа Г., Ави Г. Искусственный интеллект на службе бизнеса. Как машинное прогнозирование помогает принимать решения. М.: МИФ, 2019. 336 с.