

УДК 004.896

НЕЙРОСЕТИ В АРХИТЕКТУРЕ: НОВАЯ ЭРА ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ВЫЗОВЫ ИНТЕГРАЦИИ

Захарова Н. Е.

магистрант,

*Ижевский государственный технический университет имени М.Т.
Калашникова,*

*Ижевск, Россия*¹

Аннотация

В статье рассмотрено влияние нейросетей на проектирование, подчеркивается их роль в автоматизации и оптимизации процессов. Обсуждаются ключевые технологии, такие как генеративно-состязательные сети (GAN) и сверточные нейронные сети (CNN), которые позволяют создавать уникальные архитектурные решения и обеспечивать контроль качества на строительных площадках. Статья подчеркивает, что нейросети не только ускоряют процесс разработки, но и открывают новые горизонты для творчества, предлагая архитекторам новые инструменты для реализации идей. В статье рассматриваются несколько успешных примеров использования нейросетей в архитектуре. Данные примеры демонстрируют, как нейросети могут улучшить как эстетические, так и функциональные аспекты зданий. В условиях цифровизации архитекторы сталкиваются с вызовами, которые связаны с сохранением креатива. Статья подчеркивает необходимость выработки новых этических норм для взаимодействия человека и технологий в процессе проектирования.

Ключевые слова: нейросети, сверточные нейронные сети, генеративно-состязательные нейронные сети, цифровое проектирование, архитектура.

¹ Научный руководитель: Семенова С. В. к.э.н., доцент Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия
Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМЭЛ № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

NEURAL NETWORKS IN ARCHITECTURE: A NEW ERA OF DESIGN AND INTEGRATION CHALLENGES

Zakharova N. E.

graduate student,

Izhevsk State Technical University named after M.T. Kalashnikov,

Izhevsk, Russia

Abstract

The article examines the impact of neural networks on design, emphasizing their role in automating and optimizing processes. Key technologies such as generative adversarial networks (GAN) and convolutional neural networks (CNN) are discussed, which allow creating unique architectural solutions and ensuring quality control on construction sites. The article emphasizes that neural networks not only accelerate the development process, but also open up new horizons for creativity, offering architects new tools for implementing ideas. The article discusses several successful examples of using neural networks in architecture. These examples demonstrate how neural networks can improve both the aesthetic and functional aspects of buildings. In the context of digitalization, architects face challenges related to the preservation of creativity. The article highlights the need to develop new ethical standards for human-technology interaction in the design process.

Keywords: neural networks, convolutional neural networks, generative-adversarial neural networks, digital design, architecture.

В последние десятилетия нейросети стали неотъемлемой частью современных технологий, оказывая значительное влияние на различные сферы, включая архитектуру и проектирование. Искусственные нейронные сети представляют собой математическую модель, построенную по принципу работы человеческого мозга [3]. Они состоят из множества нейронов, связанных между

Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

собой, способных обрабатывать информацию и обучаться на основе полученных данных.

Алгоритмы, способные обучаться на основе больших объемов данных, открывают новые горизонты для автоматизации и оптимизации процессов проектирования, улучшения качества эскизных проектов и ускорения процесса разработки. Способность нейросетей выявлять закономерности и предсказывать результаты делает их незаменимыми инструментами в условиях меняющегося мира.

Актуальность интеграции инструментов машинного обучения в архитектуру обусловлена необходимостью повышения эффективности процессов проектирования и сокращения временных затрат. В условиях растущей конкуренции и потребности в инновационных решениях архитекторы и проектировщики все чаще обращаются к нейросетям для быстрого создания качественных и функциональных эскизов. Использование машинного обучения не только ускоряет процесс разработки, но и значительно улучшает качество конечного продукта.

Цифровая эволюция в архитектуре началась с появлением первых компьютеров, которые использовались в научных целях с 1960-х годов.

Первый этап развития цифрового проектирования характеризовался экспериментами с примитивными компьютерными технологиями. Архитекторы того времени работали с громоздкими машинами, занимавшими целые помещения, требующими сложного обслуживания. Несмотря на технические ограничения, эти устройства открыли новые горизонты для архитектурного творчества.

Поворотным моментом в истории архитектурного проектирования стало появление систем автоматизированного проектирования (CAD) в 1970-х годах. Эти программные комплексы совершили настоящую технологическую революцию в профессиональной среде.

Функциональным преимуществом CAD-систем была возможность быстрого редактирования проектных решений.

Современные технологии кардинально изменили подход к проектированию [6].

К ключевым технологическим трендам современного строительства относятся:

- BIM-технологии. BIM основана на создании цифровых 3D-моделей объектов. Данная технология позволяет оптимизировать работу всех участников проекта: архитекторов, инженеров, строителей.
- Генеративный дизайн. Представляет собой методику создания визуального контента, которая объединяет возможности искусственного интеллекта и творческий потенциал человека. Данная технология позволяет значительно упростить и ускорить процесс разработки.
- 3D-печать. Технология представляет собой инновацию в создании зданий и сооружений с помощью трехмерных принтеров. Эта технология открывает новые возможности для строительной отрасли и решает ряд важных задач.
- Виртуальная реальность. Позволяет пользователям погружаться среду смоделированного объекта, создавая эффект присутствия.
- Искусственный интеллект. Анализирует большие данные для оптимизации проектных решений.

Для генерации архитектурных объектов с применением нейросетей используется технология машинного обучения. Она основана на анализе обширных массивов данных и позволяет формировать модели, близкие к реальности. Нейросеть проходит этап обучения на множестве примеров, что дает ей возможность в будущем самостоятельно создавать новые визуализации, опираясь на усвоенные закономерности. Такой подход обеспечивает высокую детализацию и реалистичность создаваемых моделей, но требует значительных вычислительных мощностей и длительного времени на обучение [1]. Наиболее

Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

популярной технологией машинного обучения выступают генеративно-состязательные и сверточные нейронные сети.

Генеративно-состязательные сети (GAN) открывают новую эру в создании архитектурных концепций. Эти алгоритмы способны генерировать уникальные проектные решения, комбинируя существующие архитектурные стили и создавая совершенно новые формы.

Генеративно-состязательная сеть состоит из двух модулей. Один из них – генератор, создает новые данные, стараясь имитировать реальные изображения, а дискриминатор оценивает насколько эти данные похожи на настоящие [4]. Генератор создает новые данные, а дискриминатор оценивает и анализирует их, сравнивая с реальными. В процессе обучения обе сети «соревнуются» друг с другом: генератор улучшает качество создаваемых образцов, чтобы обмануть дискриминатор, а дискриминатор пытается отличить сгенерированные данные от реальных. Благодаря такому взаимодействию генеративно-состязательные сети способны генерировать высококачественные и реалистичные объекты.

GAN открывают широкие перспективы в архитектурной сфере, где их применение охватывает сразу несколько ключевых аспектов. В первую очередь, они задействованы в процессе проектирования, позволяя создавать оригинальные архитектурные решения.

Кроме того, GAN эффективно решают задачу повышения качества исходных данных, что особенно важно при работе с проектной документацией и цифровыми моделями. Эти технологии способны улучшить качество данных.

Благодаря такому комплексному подходу GAN становятся незаменимым инструментом как для генерации новых архитектурных идей, так и для совершенствования уже имеющихся решений в этой области.

Процесс создания объекта с помощью GAN:

1. Сбор и подготовка обучающих данных, которые служат основой для обучения (примеры архитектурных форм, изображения).

2. Настройка параметров генерации, а именно создание запросов в нейронной сети

3. Тренировка нейросети на основе подготовленных данных с целью достижения необходимого уровня точности.

4. Применение нейросети для создания параметрических характеристик объект, исходя из его визуального изображения.

5. Использование полученных параметров для построения 3D-модели объекта, или изображений.

Сверточные нейронные сети (CNN) представляют собой особый класс глубоких нейронных сетей, которые совершили революцию в сфере обработки визуальной информации. В отличие от классических нейросетевых моделей, CNN обладают уникальной способностью к автоматическому извлечению важных признаков непосредственно из изображений, что делает их идеальным инструментом для работы с визуальными данными [5].

Архитектура CNN представляет собой сложную многоуровневую систему, специально разработанную для эффективной обработки визуальной информации. Основные элементы этой системы состоят из сверточных слоев, слоев пулинга и полносвязных слоев.

Начальный этап обработки начинается с входного слоя, куда поступает исходное изображение в виде массива данных. Каждый пиксель изображения кодируется набором значений, отражающих его цветовые характеристики и интенсивность свечения.

Основной процесс анализа происходит в сверточном слое, где происходит извлечение важных признаков. Специальные фильтры последовательно сканируют изображение, выявляя такие элементы как контуры, углы, текстуры. Для усиления обучающей способности сети применяется ReLU, которая обеспечивает необходимую нелинейность в обработке данных.

Следующий этап реализуется через слой пулинга, который эффективно уменьшает размерность полученных карт признаков. Существует два основных

Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

подхода: MaxPooling, выбирающий максимальные значения из карты признаков и тем самым подчеркивающий наиболее значимые детали, и AveragePooling, рассчитывающий средние значения и сохраняющий общую информативность изображения.

Подготовка к классификации осуществляется в выпрямляющем слое, где карты признаков преобразуются в одномерный вектор. Этот процесс обеспечивает корректную передачу данных на следующий этап обработки.

Конечная стадия анализа происходит в полносвязном слое, где все нейроны предыдущего уровня соединяются с каждым нейроном последующего. Такая архитектура позволяет эффективно комбинировать высокоуровневые признаки и выполнять сложные задачи. На этом этапе сеть принимает решение о принадлежности изображения к определенному классу объектов.

Финальный вывод формируется в выходном слое, где применяется функция softmax для вычисления вероятности принадлежности к различным классам. Результатом работы сети становится распределение вероятностей, на основе которого принимается окончательное решение о классификации входного изображения.

Такая продуманная многоуровневая структура позволяет CNN эффективно обрабатывать визуальную информацию, последовательно извлекая и анализируя все необходимые признаки для решения широкого спектра задач компьютерного зрения.

Сверточные нейронные сети (CNN) стали незаменимым инструментом в современной строительной отрасли, обеспечивая автоматизацию и повышение эффективности различных процессов:

- качество строительства контролируется благодаря системе компьютерного зрения. Алгоритмы анализируют состояние конструкций, автоматически выявляя даже незначительные дефекты: трещины, отклонения в геометрии соединений и прочие несоответствия проектным требованиям;

- безопасность труда обеспечивается автоматизированным контролем.

Интеллектуальные системы отслеживают соблюдение правил охраны труда: наличие средств индивидуальной защиты, корректное размещение персонала в опасных зонах и правильность эксплуатации строительной техники. Дополнительно CNN помогают идентифицировать типы машин и их функциональное назначение, что снижает риск инцидентов [2];

- управление строительством выходит на новый уровень благодаря интеграции CNN с беспилотными летательными аппаратами. Дроны осуществляют комплексную аэрофотосъемку объектов, а алгоритмы анализируют полученные данные для контроля соблюдения сроков и выявления потенциальных проблем на ранних стадиях строительства;

Рассмотрим наиболее значимые проекты успешного внедрения нейросетевых решений.

Жилой комплекс Lake Bled Estate в Словении (рис. 1) стал знаковым примером инновационного подхода в архитектуре. Это первый в своём роде проект, где весь процесс разработки происходил при помощи искусственного интеллекта.

Благодаря использованию продвинутых алгоритмов и машинного обучения, удалось создать не просто жилой комплекс, а настоящее произведение архитектурного искусства.

Искусственный интеллект продемонстрировал функциональность не только в области генерации архитектурных концепций, но и в решении комплексных задач градостроительного проектирования. С помощью ИИ удалось провести глубокий анализ нормативных требований к застройке, а также изучить исторический контекст и особенности участка.

В этом проекте использовались передовые инструменты: современные большие языковые модели, такие как ChatGPT, а также специализированные генеративные системы искусственного интеллекта, включая Midjourney и Stable Diffusion.



Рис. 1 – Жилой комплекс Lake Bled Estate

Архитектурное бюро Zaha Hadid Architects (ZHA) активно использует искусственный интеллект в процессе проектирования. Большинство их проектов разрабатывается с применением изображений, созданных при помощи нейросетей, таких как DALL-E 2 и Midjourney.

Директор бюро Патрик Шумахер отметил, что нейросети помогают генерировать оригинальные идеи и концепции на стадии эскизного проектирования. Полученные изображения используются как основа для дальнейшего 3D-моделирования и помогают архитекторам и клиентам визуализировать возможные варианты архитектурных решений.

Наиболее популярным зданием, созданным бюро является центр Гейдара Алиева (рис. 2), который расположен в г. Баку. Уникальная форма здания создавалась с помощью технологии генеративного дизайна.



Рис. 2 – Центр Гейдара Алиева

Внедрение нейросетей в архитектурное проектирование сопряжено с рядом технических и практических сложностей:

1. Трудности совместимости с существующими системами. Интеграция новых технологий требует модернизации существующих программных комплексов и оборудования, что может быть затруднительно в условиях крупных архитектурных бюро.

2. Качество обучающих данных. Эффективность нейросетевых моделей напрямую зависит от качества и объема обучающих данных. В архитектурном проектировании создание датасетов требует значительных ресурсов.

3. Масштабируемость решений. Нейросети требуют значительных вычислительных ресурсов, что ограничивает их применение в проектах малого и среднего масштаба.

4. Адаптация персонала. Переход на новые методы проектирования требует переподготовки архитекторов и инженеров, что связано с дополнительными временными и финансовыми затратами.

5. Правовые аспекты. Использование нейросетевых технологий требует решения вопросов, которые связаны с авторскими правами на созданные произведения.

В эпоху цифровизации и повсеместного внедрения искусственного интеллекта перед архитектурным сообществом встают серьезные вызовы. Автоматизация творческого процесса неизбежно приводит к переосмыслению роли архитектора в современном обществе.

С одной стороны, нейросети открывают новые горизонты для творчества, позволяя генерировать уникальные архитектурные формы. Но, с другой стороны, существует риск утраты профессиональной идентичности. Архитектор как творческая личность сталкивается с угрозой выполнения задач по заданным алгоритмам.

Вопрос сохранения креативного контроля над проектными решениями один из важнейших. Нейросетевые модели, какими бы совершенными они ни были, не способны полностью заменить творческое видение профессионала. Возникает необходимость выработки новых этических норм и стандартов, регулирующих взаимодействие человека и машины в процессе проектирования.

Библиографический список:

1. Акшов, Э. А. Использование вычислительного проектирования и искусственного интеллекта при моделировании архитектурных объектов // АМІТ. 2023. №2 (63). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-vychislitelnogo-proektirovaniya-i-iskusstvennogo-intellekta-pri-modelirovanii-arhitekturnyh-obektov> (дата обращения: 25.05.2025).

2. Нейросети и компьютерное зрение в строительстве. URL: <https://gectaro.com/blog/tpost/ylrcmf2re1-neiroseti-i-kompyuternoe-zrenie-v-stroit> (дата обращения: 22.05.2025).
3. Нейросети: что это, для чего нужны - принцип работы нейронных сетей, функции, виды, области применения. URL: <https://practicum.yandex.ru/blog/chto-takoe-neyronnye-seti/> (дата обращения: 27.05.2025).
4. Понимание GAN в нейронных сетях – подробное руководство - Chat AI. URL: <https://chataibot.ru/blog/gan-neural-networks-guide/> (дата обращения: 20.05.2025).
5. Сверточные нейронные сети (CNN). URL: <https://zentyx.ru/posts/svertochnyye-nejronnyie-seti-cnn/>
6. Цифровая архитектура - инновации и технологии в проектировании. URL: <https://student39.ru/blog/sovety/tsifrovaya-arkhitektura-i-virtualnoe-proektirovanie/?ysclid=mb6kqylev1235290743> (дата обращения: 25.05.2025).

Оригинальность 78%