

SCIENTIFIC METHODS AND TECHNOLOGIES

UDC 69

Levshukova K.M. Formation of a conceptual solution for an architectural project using neural networks

Формирование концептуального решения архитектурного проекта с применением
нейросетей

Levshukova K.M.

Moscow

Moscow Information Technology University

Moscow Institute of Architecture and Civil Engineering MITU-MASI

Scientific supervisor: **Zabegina A.R.**

Левшукова К.М.

г. Москва

Московский информационно-технологический университет

Московский архитектурно-строительный институт МИТУ-МАСИ

Научный руководитель: Забегина А.Р.

Abstract. *The article discusses the problem of using neural networks as a tool for forming an architectural concept, arguing for a new approach to design based on a machine learning algorithm. Their appearance within the framework of the industrial revolution 4.0 is substantiated. A classification of neural networks is given and their influence on the architectural design process is described. The capabilities of a neural network are reviewed, which allow you to analyze large volumes of data and identify patterns, improve the quality of projects, create innovative and unique projects, increase the efficiency of resource use, improve the environmental sustainability and safety of buildings and develop variations of the conceptual appearance of buildings, taking into account architectural solutions of the design environment. Based on the results of the study, the potential of the neural network in solving problems of forming concepts for buildings and structures is assessed.*

Keywords: *neural network, concept, generative modeling, neural model architecture, artificial intelligence.*

Аннотация. *В статье рассматривается проблема использования нейросетей, как инструмента формирования архитектурной концепции, аргументируя новый подход к проектированию, основанный на алгоритме машинного обучения. Обосновывается их появление в рамках промышленной революции 4.0. Приводится классификация нейросетей и описывается их влияние на процесс архитектурного проектирования. Обозреваются возможности нейросети, которые позволяют анализировать большие объемы данных и выделять закономерности, улучшать качество проектов, создать инновационные и уникальные проекты, повысить эффективность использования ресурсов, улучшить экологическую устойчивость и безопасность зданий и разрабатывать вариации концептуальных обликов зданий, с учетом архитектурных решений среды проектирования. По результатам исследования оценивается потенциал нейросети в решении задач формирования концепций зданий и сооружений.*

Ключевые слова: *нейросеть, концепция, генеративное моделирование, архитектура нейромодели, искусственный интеллект.*

Рецензент: Торопцев Василий Владимирович - кандидат технических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»

Современная архитектура — это искусство создания прекрасных и функциональных зданий, которые становятся символами городов и культурных наследий. Концепция в архитектуре является ключевым этапом в процессе создания любого проекта. Одним из самых перспективных направлений в архитектуре является использование нейросетей для формирования концептуального проекта.

Исследования в этой области приводят к созданию новых методов и инструментов для формирования концептуального проекта, позволяющих ускорить процесс создания концептуального проекта. Обозреваются основные этапы применения нейросетей и анализируется мировой опыт для оценки эффективности данного подхода, результаты которого позволяют специалистам оптимизировать процесс проектирования.

Цифровизация проектирования началась в 1960-х годах с развитием компьютерной технологий, но использование было ограничено из-за высокой стоимости и сложности использования. В 1980-х годах с появлением персональных компьютеров и развитием компьютерной графики использование архитектурных программ стало стандартом в индустрии строительства и дизайна, но полный переход на компьютерные системы произошел в 1990-х годах.[1]

Применение компьютерных технологий и нейросетей в архитектурном проектировании также связано с промышленной революцией 4.0, которая характеризуется внедрением цифровых технологий в архитектурный процесс. Начали применять такие технологии, как компьютерное моделирование, виртуальная реальность, использование IoT-технологий и искусственный интеллект.

Компьютерное моделирование позволяет создавать точные трехмерные модели зданий и сооружений, посредством анализа параметров и характеристик объектов, и создания виртуальных прототипов новых идей и концепций.

Виртуальная реальность позволяет создавать интерактивные визуализации проектов, которые используют для презентаций заказчикам и сотрудникам.

Использование IoT-технологий позволяет собирать данные о состоянии здания, которые применяют для оптимизации работы систем вентиляции, отопления, кондиционирования и управления энергопотреблением здания.

Применение нейросети в рамках промышленной революции приведено в таблице 1.

Таблица 1

Применение нейросетей в рамках промышленной революции 4.0 для автоматизации и оптимизации процессов архитектурного проектирования

<i>Способ применения</i>	<i>Результата</i>
Автоматизация и оптимизация процессов архитектурного проектирования.[9]	Автоматическое создание 3D моделей на основе заданных параметров, что позволяет значительно ускорить процесс проектирования.
Анализ больших объемов данных.	Анализ энергетической эффективности зданий, позволяет архитекторам создавать более эффективные и экологически чистые здания.
Создание интерактивных виртуальных туров по зданиям и городам.	Позволяет архитекторам, дизайнерам и заказчикам лучше представлять себе будущий проект.
Улучшение качества проектирования и создания более инновационных и уникальных проектов.	Использование для анализа и синтеза форм, что позволяет создавать более сложные и оригинальные формы зданий.

Таким образом, использование нейросетей в рамках промышленной революции 4.0 значительно улучшает процесс проектирования зданий.

Нейросети начали использоваться в архитектурном проектировании недавно, однако уже существует множество исследований, проводимые академическими и коммерческими организациями. Некоторые из них включают:

1. Исследование Google Brain, которое использовало нейросеть для создания архитектуры здания. Результаты показали, что нейросеть может создавать эффективные и экономичные здания.

2. Исследование MIT, которое использовало нейросеть для оптимизации конструкции мостов. Результаты показали, что нейросеть может создавать более прочные и эффективные мосты, чем традиционные методы проектирования.

3. Исследование компании Autodesk, которая использовала нейросеть для создания оптимальных планов зданий. Результаты показали, что нейросеть может создавать более эффективные планы зданий, учитывая различные факторы.

4. Исследование компании Arup, которая использовала нейросеть для создания оптимальных конструкций зданий. Результаты показали, что нейросеть может создавать более прочные и эффективные конструкции, учитывая различные факторы.

Эти исследования показывают, что нейросети могут быть эффективным инструментом для оптимизации архитектурных проектов и создания более эффективных зданий и конструкций.

Задача формирования концептуального проекта с использованием нейросети заключается в создании оптимальной архитектурной концепции здания, которая учитывает технические, функциональные и эстетические требования, а также предпочтения заказчика и потребности будущих пользователей – такой подход называется метод комплексного проектирования.[2;7]

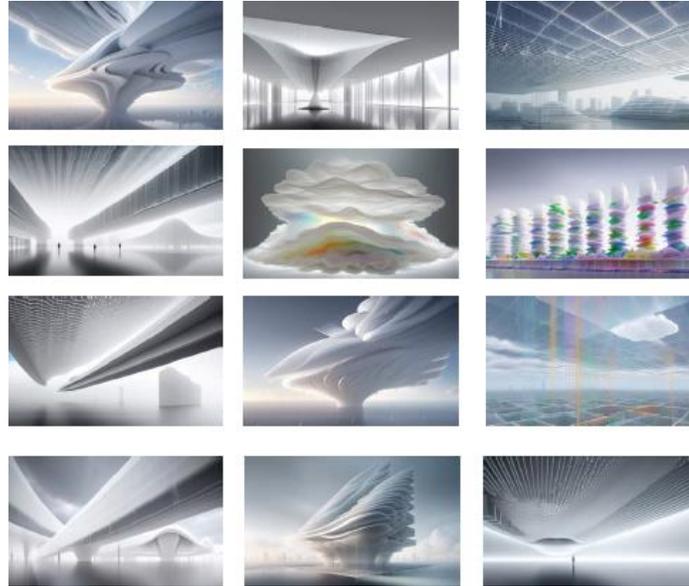


Рисунок 1. Формирование архитектурного облика здания с применением нейросети Stable Diffusion

Реализация метода комплексного проектирования с помощью нейросетей происходит путем создания модели нейросети, которая прогнозирует результаты проекта на основе характеристик объекта (Рисунок 1.). Для этого определяют цели и задачи проекта, подготавливают данные, создают модель нейросети, обучают ее и проводят тесты.

После успешного тестирования модель используется для формирования концептуального проекта, оптимизации процесса проектирования и снижения затрат на производство.

Для формирования концептуального проекта с использованием нейросети [6] используется следующий алгоритм (Рисунок 2.):

1. Сбор данных о проекте, такие как параметры здания и требования к проекту.

2. Подготовка данных для использования нейросетью.
3. Обучение нейросети на этих данных. Нейросеть будет использовать эти данные для создания новых концептуальных проектов.
4. Генерация концептуальных проектов на основе заданных параметров.
5. Отбор лучших решений на основе заданных критериев.
6. Доработка проекта вручную, чтобы улучшить его качество и соответствие требованиям заказчика.
7. Реализация проекта после окончательного утверждения концептуального проекта.

Алгоритм работы нейросети

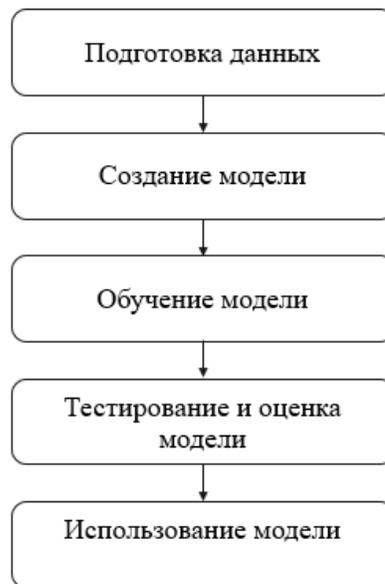


Рисунок 2. Схема работы нейросети в архитектурном проектировании

Таким образом, использование нейросетей для формирования концептуального проекта позволяет быстро и эффективно создавать новые проекты, которые соответствуют требованиям заказчика и качеству проектирования.

Следующим аспектом является необходимость учитывать ограничения, такие как бюджет и сроки строительства. Для учета ограничений, модель нейросети обучается на данных, которые содержат информацию о стоимости и сроках строительства прошлых

проектов. Эта информация используется для определения параметров проекта, которые соответствуют заданным ограничениям.

Еще одним важным аспектом является баланс между функциональностью и эстетикой. Для этого, при формировании архитектурного концептуального облика, модель нейросети обучается на информации о проектах, которые оценены как успешные с точки зрения функциональности и эстетики, что позволяет учитывать современные тенденции и предпочтения в формировании архитектурного концептуального облика.

После обучения, нейросеть генерирует 3D моделей, применяя методы глубокого обучения и компьютерное зрение. Эта модель используется для визуализации, планирования и дизайна объектов и пространств. Нейросеть генерирует различные архитектурные 3D модели, в зависимости от задачи, которую она решает.

Для генерации архитектурных моделей зданий [8], нейросеть может использовать сверточные нейронные сети (CNN), которые способны анализировать изображения и выделять особенности объектов. Например, Inception - сверточная нейросеть, которая использует модули для более эффективного извлечения признаков изображений.

Для генерации 3D моделей мебели или других предметов интерьера, нейросеть может использовать генеративно-состязательные сети (GAN), которые способны генерировать изображения на основе обучающих данных. Например, Midjourney (Рисунок 3) - система на базе искусственного интеллекта, которая создает изображения из параметров пользователя



Рисунок 3. Генерация изображений Midjourney

или Stable Diffusion (Рисунок 4) - программное обеспечение, создающее изображения по текстовым описаниям, с открытым исходным кодом.



Рисунок 4. Генерация изображений Stable Diffusion

Также возможно использование рекуррентных нейронных сетей (RNN) для генерации последовательностей действий, например, LSTM (Long Short-Term Memory) - рекуррентная нейросеть, которая используется для обработки последовательностей данных с долгосрочной зависимостью, таких как 3D анимация.

Нейросети используются в современных архитектурных бюро для различных задач, таких как создание и оптимизация проектов, анализ данных о клиентах и пользовательском опыте, визуализация проектов и т.д. Некоторые известные архитектурные бюро, которые используют нейросети в своей работе, включают в себя Zaha Hadid Architects, Foster + Partners, BIG (Bjarke Ingels Group), Snøhetta и Kohn Pedersen Fox Associates (KPF). Проекты разработанные с помощью нейросетей в представленных фирмах отображены в таблице 2.

Проекты архитектурных бюро, выполненные с помощью нейросетей

<i>Архитектурные бюро</i>	<i>Проекты</i>
Zaha Hadid Architects	 <p data-bbox="1036 730 1162 762">The Opus</p>
Foster + Partners	 <p data-bbox="1019 1310 1179 1341">The Gherkin</p>
BIG	 <p data-bbox="938 1730 1256 1761">The Grove at Grand Bay</p>

Snøhetta	 <p data-bbox="781 653 1411 688">The Ryerson University Student Learning Centre</p>
KPF	 <p data-bbox="976 1278 1219 1314">Lotte World Tower</p>

Преимущества использования нейросети в архитектурной концепции [4]:

1. Быстрое создание и изменение 3D моделей, что позволяет экспериментировать с различными вариантами проектирования и быстро получать результаты.

2. Улучшение качества проектирования, что позволяет улучшить качество проектирования и сократить количество ошибок.

3. Автоматизация процесса проектирования, такие как создание планов зданий, расстановка мебели и т.д., что позволяет сократить время и уменьшить затраты на проектирование.

Недостатки использования нейросети в архитектурной концепции:

1. Нейросеть ограничена в возможностях создания сложных и уникальных 3D моделей, что может ограничить возможности архитекторов.
2. Разработка нейросети для использования в архитектурной концепции дорогая и требует значительных затрат на исследование и разработку.
3. Нейросеть требует обучения, что может занять значительное время и требует наличия опытных специалистов в области машинного обучения.

Использование нейросетей в архитектуре является перспективным направлением, которое позволяет улучшить качество проектов, анализировать данные о потребностях и предпочтениях пользователей, создать более удобные и комфортные здания, повысить эффективность использования ресурсов, улучшить экологическую устойчивость и безопасность зданий, разработка новых материалов и технологий. В будущем можно ожидать еще большего развития применения нейронных сетей в архитектурном проектировании и через несколько лет искусственный интеллект произведет прорыв в том, как мы придумывает, проектируем и исследуем архитектуру.

References

1. Deep Learning in Architecture: Designing Sustainable Buildings with Neural Networks / Yoshua Bengio // Sustainability – 2018 г. – С. 1-56
2. Neural Network-Based Building Energy Prediction: A Comparative Study // University of Texas at Austin – 2019 г. – С. 1-19
3. Artificial Intelligence in Architecture: Generating New Designs Based on User Preferences" // Gdansk University of Technology – 2018 г. – С. 1-9
4. Using Artificial Neural Networks to Optimize Building Envelope Design // Energy and Buildings – 2021 г. – С. 1-9
5. Deep Learning for Architecture: A Review // Automation in Construction – 2019 г. – С. 1-29
6. Algorithms for optimization of building design / Machairas, V.; Tsangrassoulis, A.; Axarli, K. - 2014 г. – С. 101–112.
7. Editorial: Artificial neural networks as models of neural information processing / M. van Gerven and S. Bohte // Frontiers in Computational Neuroscience – 2017 г. – С 1- 211.
8. Architectural Materialisms: Nonhuman Creativity / Maria Voyazaki – 2018 г. – С. 1-45
9. Разработка и применение нейросетевой технологии прогнозирования к задачам строительной механики и конструкций. / Максимова О.М. //Труды Междунар. Конгресса «Наука и инновации в строительстве» - 2008 г. - С.146-151.