

3. Ипатова, О. В. Перспективы защиты авторских прав с помощью блокчейна и NFT / О. В. Ипатова. // Информационно-правовая система iLex и СПС «КонсультантПлюс : Белорусское законодательство» / ООО «ЮрСпектр». [Электронный ресурс]. – Минск : 2023. – Режим доступа: <https://ilex.by/expert/ipatova-olga-valerievna/>. – Дата доступа: 07.05.2023.
4. NFTs market hits \$22bn as craze turns digital images into assets // The World's Dapp Store [Electronic resource]. – 2022. – Mode access: <https://www.theguardian.com/technology/2021/dec/16/nfts-market-hits-22bn-as-craze-turns-digital-images-into-assets>. – Data access: 07.05.2023.
5. Завершился аукцион проекта «Ваш токен хранится в Эрмитаже» // Государственный Эрмитаж [Электронный ресурс]. – 8 сентября 2021г. Режим доступа: <https://www.hermitagemuseum.org>. – Дата доступа: 07.05.2023.
6. Бернская конвенция по защите литературных и художественных произведений Berne [заключена в г. Берн 09.09.1886 г., изм. 28.09.1979] // WIPO Lex [Электронный ресурс]. – № TRT/BERNE/001. – Режим доступа: <https://wipolex.wipo.int/en/text/283693>. – Дата доступа: 07.05.2023.
7. Art\_Andrei13. Невзаимозаменяемые токены (NFT) – явление года. Что это такое и каков их юридический статус в России? // Digital Rights Center [Электронный ресурс]. – 17 января 2022. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/companies/digitalrightscenter/articles/646009/>. – Дата доступа: 07.05.2023.
8. Продажа недвижимости через NFT. Произойдет ли революция на рынке недвижимости? // Mit Software [Электронный ресурс]. – 1 октября 2021. – Режим доступа: <https://mitsoftware.com/ru>. – Дата доступа: 07.05.2023.
9. Дорошук, Д. На OpenSea продали NFT на вольфрамовый куб за \$250 тыс. // Be in crypto [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: <https://ru.beincrypto.com/volframovuj-nft-kub-opensea/>. – Дата доступа: 07.05.2023.
10. Фомин, Д. Как перевести криптовалюту без риска и не потерять все деньги. 10 правил / Д. Фомин // РБК [Электронный ресурс]. – 15 октября 2020. – Режим доступа: <https://www.rbc.ru/crypto/news/5f88374d9a79472ad3d552bc>. – Дата доступа: 07.05.2023.

УДК 725.42:502

*Карнович А. С.*

*Научный руководитель: старший преподаватель Ипатова О. В.*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В АРХИТЕКТУРНОМ ДИЗАЙНЕ**

Любая иллюстрация начинается с идеи. Архитектурный проект начинается с разработки концепции образа-идеи. Искусственный интеллект способен существенно упростить не только разработку концепции, но и в целом быть полезным на каждом этапе разработки проекта. Алгоритмы машинного обучения используются для определения наиболее эффективных материалов и конструкций, анализа больших объемов данных, расчета нагрузок и оптимизации энергопотребления, визуализации и симуляции. Искусственный интеллект может внести существенный вклад в архитектурную практику, помогая создавать наиболее эффективные и экологичные пространства для различных сфер жизни. А наиболее часто используемой формой искусственного интеллекта на сегодняшний день являются **нейросети**.

**Искусственный интеллект** – это область компьютерных наук, которая занимается разработкой программ и систем, способных выполнять задачи, которые обычно требуют интеллектуальных способностей человека. Простыми словами – система, выполняющая творческие функции, присущие человеку. **Нейронные сети** – это модели, вдохновленные работой человеческого мозга, которые могут обучаться и выполнять различные задачи, такие как классификация, распознавание образов, прогнозирование и контроль [1; 2]. Этот алгоритм, работающий по принципу нейронов в головном мозге человека, использует метод машинного обучения. Для понимания, каким образом нейросети упрощают работу архитектору, разберем, как они работают, на примере простейшей вариации массива нейронов – **перцептрона** [3]. Он, в основном, используется для выполнения задач по генерации изображений. Конечный результат работы данной схемы – это классификация данных на плоскости. Однако стоит отметить, что любая архитектура нейросети так или иначе выполняет задачи по классификации данных. При использовании простейшей схемы пользователь расставляет точки двух разных цветов на плоскости, а нейросеть, используя цвета расставленных точек, с помощью градиента таких же цветов и его вращения, размытия и других манипуляций, должна разграничить пространство между точками.

Простейшая схема перцептрона представляет собой две точки входа, две точки выхода и связи между точками входа и выхода. Две точки входа необходимы для ввода информации, например, текстового описания, изображения или таблицы. Они называются – **промт** (англ. prompt – быстрый). В промте указываются такие параметры, как объект, локация, стилистика, параметры освещения, размер конечного результата и другие технические параметры. В простейшем перцептроне точки входа являются координатами на плоскости. При создании промта им присваиваются числовые значения, то есть координаты точки по оси X и оси Y, которые задает пользователь. Связей в простейшем массиве – четыре: две прямые (от первой точки входа до первой точки выхода) и две перекрестные (от первой точки входа ко второй точке выхода). Именно связи отвечают за машинное обучение нейросетей. Связи являются множителями для значений, указанных в промте. Они неизвестны пользователю и подбираются случайным образом. Задача машинного обучения состоит в том, чтобы подобрать множители для каждой связи таким образом, чтобы конечный результат удовлетворял пользователя. Такой метод обучения называется **обратное пространство ошибки** (впервые был описан в 1974 г. А. И. Галушкиным, а также, независимо и одновременно, Полом Дж. Вербосом, далее существенно развит в 1986 г. Дэвидом И. Румельхартом, Дж. Е. Хинтоном и Рональдом Дж. Вильямсом, независимо и одновременно – С. И. Барцевым и В. А. Охониным). Две точки выхода отвечают за результат работы алгоритма. Точка выхода является суммой значений в точке входа и двух множителей в связях, ведущих к ней, и отвечает за манипуляции с градиентом.

Однако в такую схему добавляют и третий нейрон – **нейрон смещения** или **биас** (англ. Bias – смещение). Его значение всегда равно единице. Он необхо-

дим, поскольку нейросеть, используя данные из двух входных точек, может выполнять манипуляции с градиентом исключительно вокруг нулевых значений системы координат. Используя нейрон смещения, значения входных точек могут смещать точку отсчета координат на плоскости. Биас имеет две связи, ведущие в обе точки выхода. Значения его связей корректируются обратным распространением ошибки.

Нейросети могут обучаться на основе больших объемов данных и тем самым находить скрытые закономерности и взаимосвязи между данными [3]. Поняв принцип работы и метод обучения простейшего массива нейросети, перейдем к разбору устройства уже существующих нейросетей.

Одна из самых популярных в сфере генерации изображений – **DALLE 2**. Она является продуктом компании **Open AI**, занимающей лидирующие позиции в разработке и внедрении искусственного интеллекта. DALLE 2 объединяет в себе три отдельные нейросети, работающие воедино.

Первая нейросеть именуется **CLIP** (англ. Clip – скрепка). Ее принцип работы заключается в *генерации текстового описания к изображению*. Обучение нейросети происходило по следующему принципу: загружали в нее «пары» – изображение и текст с содержанием. Пример: картинка стула посреди комнаты и подпись «стул», изображение вазы на столе и подпись «ваза» и т. д. После создания базы данных с сотнями миллионов изображений и текстового описания для каждой из них, CLIP научили группировать изображения по смыслу. Пример: стул, телевизор и подушки будут находится ближе друг к другу в пространстве памяти нейросети, чем изображение с самолетом, так как имеют схожую черту – принадлежность к интерьеру. Вся эта информация хранится в **латентном пространстве** – нечто вроде «чертогов разума» искусственного интеллекта, которое представляет собой трехмерный куб и «плавающие» в нем изображения с текстом к ним, позиция которых и группировка вычисляются по специальным формулам. Таким образом, CLIP создает **карту образов** для следующей нейросети.

Вторая нейросеть называется **GLIDE** (англ. Glide – скольжение). Ее принцип работы обратен процессу, выполняемому нейросетью CLIP. *Она создает из текста изображение по принципу диффузной модели* – сперва создается квадрат размером 64 x 64 пикселя из белого шума – области, заполненной точками случайного цвета. Далее, шаг за шагом, меняются цвета пикселей, тем самым добавляя большее количество деталей в изображение. Размер конечного изображения, также 64 x 64 пикселя. Диффузные модели обучаются методом добавления шума в изображение до того момента, пока картинка не превратится в хаотичный набор пикселей и превращением этой мешанины из случайных пикселей в исходное изображение. После того, как GLIDE сгенерирует изображение, CLIP обращается к своей базе данных и оценивает схожесть полученного результата с имеющимися в нем данными.

Третья нейросеть, наподобие Light upscale, Regular upscale, Beta upscale, *увеличивает разрешения изображения*, созданного GLIDE, то есть добавление подходящих по смыслу пикселей в полученную картинку. Из изображения,

размером 64 x 64 пикселя, создается картинка в разрешении 256 x 256 и в финале – 1024 x 1024 пикселя. Этот процесс носит название **апскейл** (англ. Upscale – высококлассный). Такую нейросеть обучали на картинках с искаженными пикселями, которые необходимо было восстановить и придать изображению исходный вид [4]. Для работы данной нейросети используются дополнительные программы. Например, программа **Topaz Gigapixel AI** работает аналогичным образом с третьей нейросетью в DALLÉ 2 [5]. Однако у нее нет пределов масштабирования, из изображения размером в считанные килобайты, можно создать файл, вес которого будет превышать несколько гигабайт.

Каждая из нейросетей имеет свое уникальное отличие, подходящее для выполнения определенных задач. У самой DALLÉ 2 есть аналоги, самым популярным из которых является нейросеть **Midjourney**, способная создавать *шедевры цифрового искусства*.

Наиболее популярное применение нейросетей в области архитектуры – при разработке концепции проекта, вводе исходных данных в промт для DALLÉ 2 и получении готового образа будущего проекта. Использование Topaz Gigapixel AI, при создании рендера проекта предоставляет возможность наложения высококачественных текстур, увеличения разрешения исходных материалов. Компания **Autodesk**, занимающаяся разработкой программного обеспечения для архитектурного проектирования, внедрила генеративный дизайн-инструмент (инструмент ИИ) – **Dreamcatcher** в один из своих продуктов. С его помощью создаются различные вариации архитектурных решений на основе заданных параметров – необходимая прочность и стоимость, используемые материалы и т. д. Компания **Sidewalk Labs** разрабатывает проекты «умных городов», используя искусственный интеллект для обработки данных и применения наиболее эффективных решений использования городской инфраструктуры и ресурсов. И подобных примеров бесчисленное множество [6; 7; 8] (см. рисунок 1).



**Рисунок 1 – Центр Гейдара Алиева, созданный с помощью искусственного интеллекта, архитектурное бюро Zaha Hadid Architects, 2012 г., Баку, Азербайджан**

Таким образом, описав принципы работы нейросетей (DALLE 2, CLIP, GLIDE, Midjourney и др.), можно сделать вывод о том, насколько огромен спектр задач, выполняемый нейросетями. Искусственный интеллект может быть использован в архитектурном дизайне для создания оптимальных решений, с учетом множества факторов, таких как транспорт, свет, климатические условия и т. д. Искусственный интеллект может быть использован для создания более гибких и адаптивных архитектурных проектов, которые могут реагировать на изменяющиеся потребности пользователей и окружающей среды.

Искусственный интеллект помогает архитекторам и дизайнерам создавать более инновационные, «умные», экологически чистые проекты, используя алгоритмы оптимизации, генетические алгоритмы и нейронные сети. На сегодняшний день инвестирование в компании, занимающиеся разработкой и улучшением нейросетей, считается наиболее релевантным, так как будущее – за искусственным интеллектom и архитекторам необходимо приспосабливаться к современным технологиям, которые не только расширяют возможности, но и облегчают процесс проектирования, оставляя больше пространства для творчества.

#### **Список цитированных источников**

1. Рассел, С. Искусственный интеллект: Современный подход / С. Рассел, П. Норвиг. – Изд. 2-е: пер. с англ. – М. : ООО «И. Д. Вильямс», 2016. – 1408 с.
2. Гудфеллоу, И. Глубокое обучение / И. Гудфеллоу, Й. Бенджио, А. Курвилль : пер. с англ. А. А. Слинкина. – 2-е изд., испр. – М. : ДМК. Пресс, 2018. – 652 с.
3. Браунли Дж. Прогнозирование на основе нейронной сети модели долгой краткосрочной памяти на языке Python / Дж. Браунли. – Джейсон Браунли, 2017. – 229 с.
4. Abreu, S. Automated Architecture Design for Deep Neural Networks / Steven Abreu : Bachelor Thesis in Computer Science. – Bremen : Jacobs University Bremen, 2019. – 58 p.
5. Akshov, E.A. Actual methods of computational design and artificial intelligence in the modeling of architectural objects / E. A. Akshov // Architecture and Modern Information Technologies. – 2023. – № 2 (63). – P. 298-315.
6. Özerol, G. Machine learning in the discipline of architecture: A review on the research trends between 2014 and 2020 / Gizem Özerol Semra Arslan Selçuk // International Journal of Architectural Computing. – 2023. – vol. 21 (I) / – P. 23–41.
7. Yoon, S. W. The architectural design of storage system for power data management / S. W. Yoon, I. Kim, K.-C. Lee. In: 2018 Ieee International Conference on Big Data and Smart Computing, Shanghai, China, 15–17 January 2018. – New York: Ieee, 2018. – P.736–738.
8. Amer, N. A. Architectural Design in The Light of AI Concepts and Applications / Nihal A. Amer // Engineering Journal. – 2023. – March. – Volume 2. — Issue 2. – P. 628–646.