



KIMYO INTERNATIONAL UNIVERSITY IN  
CENTRAL ASIAN JOURNAL OF STEM

ISSN 2181-2934 <http://stem.kiut.uz/>



## ОБУЧЕНИЕ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬСТВА ПРОЕКТИРОВАНИЮ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Фазилов Алишер Шомуродович, к.т.н., доцент

Исламова Феруза Собитжановна и.о.доцент

Инженерный факультет, кафедра «Цифровые технологии», Ташкентский архитектурно-строительный университет

**Абстракт.** В статье рассматриваются возможности использования искусственного интеллекта для обучения молодых специалистов в области архитектуры и строительства. Использование нейронных сетей в обучении можно применить на уровне проектирования, на уровне строительства, на уровне мониторинга безопасности, на уровне визуализации трёхмерных моделей, в проектировании и возведении зданий и ряда других проектных решений. Нейронные сети могут использоваться для оптимизации процесса проектирования зданий. Они могут анализировать различные параметры и факторы, такие как климатические условия, геометрию участка, требования заказчика и бюджет, и предлагать оптимальные варианты проектов. Это позволяет архитекторам и строителям принимать более наполненные информацией решения и создавать более эффективные и функциональные здания и сооружения.

**Abstrakt.** Maqolada arxitektura va qurilish sohasida yosh mutaxassislarni tayyorlash uchun sun'iy intellektdan foydalanish imkoniyatlari muhokama qilinadi. Ta'limda neyron tarmoqlardan foydalanish dizayn darajasida, qurilish darajasida, xavfsizlik monitoringi darajasida, uch o'lchovli modellarni vizualizatsiya qilish darajasida, binolarni loyihalash va qurishda va boshqa bir qatorda qo'llanilishi mumkin. dizayn yechimlari. Binoni loyihalash jarayonini optimallashtirish uchun neyron tarmoqlardan foydalanish mumkin. Ular iqlim sharoiti, sayt geometriyasi, mijozlar talablari va byudjeti kabi turli parametr va omillarni tahlil qilishlari va optimal loyiha variantlarini taklif qilishlari mumkin. Bu me'morlar va quruvchilarga ko'proq asosli qarorlar qabul qilish va yanada samarali va funktsional binolar va inshootlar yaratish imkonini beradi.

**Abstract.** The article discusses the possibilities of using artificial intelligence to train young specialists in the field of architecture and construction. The use of neural networks in training can be applied at the design level, at the construction level, at the level of safety monitoring, at the level of visualization of three-dimensional models, in the design and construction of buildings and a number of other design solutions. Neural networks can be used to optimize the building design process. They can analyze various parameters and factors, such as climatic conditions, site geometry, customer

requirements and budget, and offer optimal project options. This allows architects and builders to make more informed decisions and create more efficient and functional buildings and structures.

**Ключевые слова:** Цифровые технологии, компьютеризация, архитектура и строительство искусственный интеллект, нейронные сети, глубокое обучение, алгоритмы обратного поиска.

**Kalit so'zlar:** Raqamli texnologiyalar, kompyuterlashtirish, arxitektura va qurilish, sun'iy intellekt, neyron tarmoqlar, chuqur o'rganish, teskari qidiruv algoritmlari.

**Keywords:** Digital technologies, computerization, architecture and construction, artificial intelligence, neural networks, deep learning, reverse search algorithms.

### **Введение.**

В настоящее время архитектура и строительство являются одними из ключевых отраслей в мире. Множество современных цифровых технологий по автоматизации, цифровизации и компьютеризации направлены на решение задач, связанных именно с этими областями.

Среди множества различных решений в области цифровых технологий, упрощающих проектирование в строительстве и архитектуре самым перспективным, считается применение ИИ с использованием нейронных сетей.

Так как для принятия управленческого решения о внедрении в предприятие конкретного решения с применением искусственного интеллекта (ИИ) необходимо уметь анализировать имеющиеся на рынке предложения и оценить предполагаемую стоимость, то обучение молодых специалистов проектированию с использованием ИИ становится важным направлением в использовании цифровых технологий в обучении [1].

Искусственный интеллект и нейросети стали ключевыми технологиями, которые активно применяются в различных областях, и архитектура и строительство не является исключением. Современные архитекторы используют нейросети для оптимизации процессов проектирования, создания новых форм и структур, а также повышения энергоэффективности зданий. В данной статье мы рассмотрим, как ИИ и нейросети применяются в архитектуре и как это влияет на будущее проектирования и строительства [2].

### **Методы.**

Принцип действия ИИ в части проектной деятельности следующий: сначала на стройплощадке с помощью специализированного оборудования, например, камер 360° ведется фотофиксация текущего состояния производства работ, после чего подключается ИИ и сравнивает реальное положение дел с BIM-моделью. Если обнаруживаются какие-то ошибки, недостатки, отступление от запланированных сроков или качества, все это фиксируется, формализуется, код передается руководителю проекта и строительства для анализа и принятия правильных управленческих решений. Например, можно изменить проект в какой-то его части или ускорить выполнение СМР. Autodesk Construction IQ позиционируется как интеллектуальный помощник для проектов строительства на базе Autodesk BIM 360. Используя методы машинного обучения, Construction IQ извлекает информацию из аудитов, журналов технадзора, технических заданий, отчетов и других проектных документов, анализирует данные о качестве и безопасности строительных объектов, возможных рисках проекта и представляет данные заинтересованным лицам [3].

Современных технологий ИИ в строительстве немало, но многие эксперты выделяют лишь пять наиболее эффективных, перспективных и быстрорастущих направлений, которые в будущем существенно изменят протекающие в строительных компаниях бизнес-процессы:

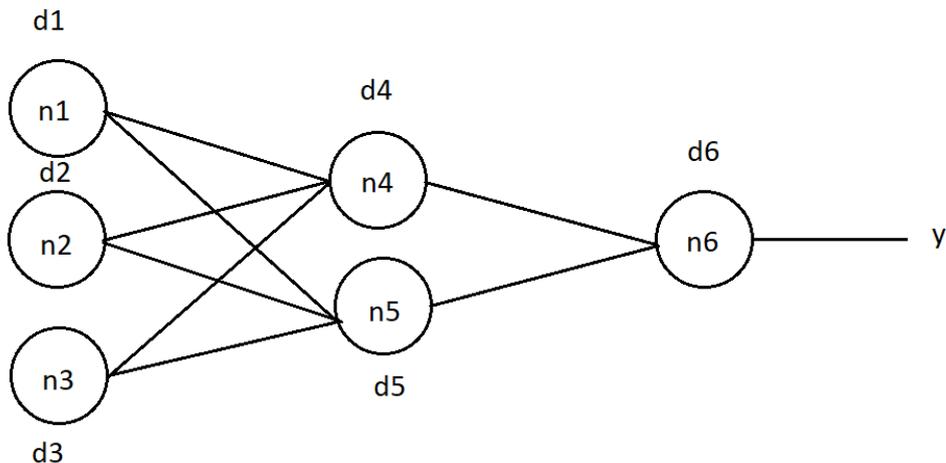
- Автоматизация тяжелой рабочей техники. В этом спектре задач ИИ опирается на спутниковые измерения и набор инерциальных датчиков, а также на ГНСС (глобальные навигационные спутниковые системы), что вкуче на сегодняшний день практически полностью позволяет практически полностью автоматизировать процессы управления инженерно-строительной техникой.
- Дополненная реальность в строительстве с использованием умных очков. На сегодняшний день разработка AR идёт по-новому, ведь искусственный интеллект не стоял на месте, а развивался, поэтому и решения тоже стали другими. Данный прибор имеет

встроенные датчики, которые распознают технические параметры сооружений и выделяют как ошибки, допущенные при проектировании и строительстве, так и приобретенные повреждения конструкции. Помимо этого, при использовании умных очков опытный архитектор, прораб или инженер может визуализировать перед собой простую 3D-модель запрашиваемого объекта, будь то фасад здания, отдельная комната или предполагаемый фундамент.

- Снижение риска во время строительных работ с помощью прогнозной аналитики, наблюдения за безопасностью и мониторинга безопасности, созданных с помощью мощного ИИ, в частности технологий машинного зрения. Считается, что компьютер, просмотревший более 17 миллионов изображений процессов строительства способен определять индикаторы риска, ранжировать проекты по степени риска и предсказывать, какие 20% проектов будут являться причиной 80% инцидентов в ближайшем будущем.

- Шумоподавление в фотореалистичных рендерингах, применяющееся для ускорения визуализации при проектировании интерьеров и наружного вида зданий. Иными словами, данное направление служит для облегчения представления фасада будущего проекта в компьютерной программе. На сегодняшний день этот процесс требует гигантских вычислительных мощностей и даже при небольших изменениях времени и ресурсов для их

визуализации затрачивается колоссально много. По прогнозам экспертов, ИИ в будущем сможет осуществлять данные операции с меньшим расходом энергии и времени.



**Рисунок 1. Структура нейронной сети с глубоким обучением**

Итак, чтобы обучить сеть с глубоким обучением, мы должны изменить значения весовых коэффициентов. Изменение веса связи прямо пропорционально ошибке, которую даёт соответствующий нейрон. В той статье ошибка определяется так:

$$d_j = f(\text{net}_j)(1 - f(\text{net}_j)) \sum_k d_k w_{kj}$$

где  $j$  — номер элемента, для которого вычисляем ошибку,  $k$  — номер слоя, от которого пришла ошибка, т.е. слоя правее на нашей сети.

Начнём вычислять ошибку каждого нейрона, идём с конца. Пусть на выходе сети мы ожидаем значение "0". Тогда для нейрона n6 ошибка составляет

$$d_6 = (0 - y) * (f(\text{in}_6)) * (1 - f(\text{in}_6)) \quad (2),$$

где  $\text{in}_6$  — входное значение в элемент n6,  $f(\text{in}_6)$  — значение активационной функции от этого входного значения.

Теперь исходя из формулы (1), рассчитываем ошибки для нейронов слоя слева. Для n4 ошибка выглядит так:

$$d_4 = d_6 * w_{46} * (f(\text{in}_4)) * (1 - f(\text{in}_4)), \text{ где } w_{46} \text{ — вес связи между } n4 \text{ и } n6, \text{ in}_4 \text{ —}$$

входное значение нейрона n4.

$$d_5 = d_6 * w_{56} * (f(\text{in}_5)) * (1 - f(\text{in}_5)), \text{ для } n5.$$

$d_1 = (d_4 * w_{14} + d_5 * w_{15}) * (f(\text{in}_1)) * (1 - f(\text{in}_1))$ , а вот так выглядит ошибка нейрона n1, у него ведь не одна связь, а две — поэтому мы вносим в формулу ещё ошибку второй связи.

Тогда для n2 и n3 ошибки выглядят соответственно:

$$d_2 = (d_4 * w_{24} + d_5 * w_{25}) * (f(\text{in}_2)) * (1 - f(\text{in}_2))$$

$$d_3 = (d_4 * w_{34} + d_5 * w_{35}) * (f(\text{in}_3)) * (1 - f(\text{in}_3))$$

А сейчас, наконец, рассчитаем корректировку весов:

$\Delta w_{46} = d_6 * A * f(\text{in}_4)$ ,  $w_{46}$  — вес связи n4 и n6 нейрона, а  $f(\text{in}_4)$  — значение активационной функции от входного значения нейрона n4,  $A$  — коэффициент скорости глубокого обучения, чем он ближе к нулю — тем сеть медленнее, но точнее обучается.

$$\Delta w_{56} = d_6 * A * f(\text{in}_5), \text{ соответственно корректировка связи элементов } n5 \text{ и } n6.$$

Составим корректировки для остальных связей:

$$\Delta w_{14} = d_4 * A * f(\text{in}_1)$$

$$\Delta w_{24} = d_4 * A * f(\text{in}_2)$$

$$\Delta w_{34} = d_4 * A * f(\text{in}_3)$$

$$\Delta w_{15} = d_5 * A * f(\text{in}_1)$$

$$\Delta w_{25} = d_5 * A * f(\text{in}_2)$$

$$\Delta w_{35} = d_5 * A * f(\text{in}_3)$$

Напишем текст соответствующей программы на C++:

```

void NeuralNet::learnBackpropagation(double* data, double* ans, double acs, double k)
{ //k - количество эпох обучения acs- скорость обучения
    for (uint32_t e = 0; e < k; e++) {
        double* errors = new double[neuronsInLayers[numLayers - 1]];
        Forward(neuronsInLayers[0], data);
        getResult(neuronsInLayers[numLayers - 1], errors);
        for (uint16_t n = 0; n < neuronsInLayers[numLayers - 1]; n++) {
            neurons[n][2][numLayers - 1] = (ans[n] - neurons[n][1][numLayers -
1]) * (neurons[n][1][numLayers - 1]) * (1 - neurons[n][1][numLayers - 1]);
        }
        for (uint8_t L = numLayers - 2; L > 0; L--) {
            for (uint16_t neu = 0; neu < neuronsInLayers[L]; neu++) {
                for (uint16_t lastN = 0; lastN < neuronsInLayers[L + 1];
lastN++) {
                    neurons[neu][2][L] += neurons[lastN][2][L + 1] *
weights[neu][lastN][L] * neurons[neu][1][L] * (1 - neurons[neu][1][L]);
                    weights[neu][lastN][L] += neurons[neu][1][L] *
neurons[lastN][2][L + 1] * acs;
                }
            }
        }
    }
}

```

### Результаты.

Обучение молодых специалистов использованию ИИ в проектирование в области архитектуры и строительства даст прочную базу для будущих инвестиций.

В современном мире появилась потребность строительной отрасли в революционных переменах. Применение ИИ способно радикально изменить ход истории строительства — коренным образом трансформировать способы проектирования зданий и сам подход к проектированию. Применение ИИ уже достигло определенных результатов в этой области, очевидно, что обучение студентов применению ИИ в проектировании позволит непрерывно улучшать эти результаты 4]. ИИ используемый в обучении молодых специалистов:

1. Генеративный искусственный интеллект — тип искусственного интеллекта, который может создавать новый контент по образцу тех данных, который он изучал до этого. Ярким примером генеративного искусственного интеллекта являются нейросети ChatGPT и Midjourney.
2. Помеченные данные (в контексте машинного обучения) — это данные, которым были присвоены определенные метки или теги, определяющие содержимое или характеристики данных.
3. Модель «черного ящика» — система или процесс, внутренняя работа которых не видна или недоступна для пользователя или наблюдателя. Другими словами, это модель, которая работает с предоставленными ей входными данными и производит выходные данные, но пользователь не знает, как модель пришла к выходным данным. Модель часто используется со сложными алгоритмами или моделями машинного обучения, где отношения между входными и выходными данными трудно объяснить или понять.
4. Deloitte — крупнейшая сеть компаний, предоставляющая аудиторские, консалтинговые, финансовые консультации, занимающаяся вопросами управления рисками, налогообложения и сопутствующими услугами. Deloitte работает более чем в 150 странах и насчитывает более 330 000 специалистов.

### Обсуждения.

В современном мире использование ИИ для решения рутинных задач стало обыденностью. В строительной сфере компании используют ИИ для планирования и анализа

документов. На практике это выглядит так: пользователь формирует запрос, а нейросеть разрабатывает ответ, используя большие объемы помеченных данных.

**Революция в проектировании зданий.** Новый метод для систем ИИ на основе правил позволяет получить достоверные данные в виде сгенерированных проектов, которые можно использовать для обучения модели машинного обучения. Темпы сквозного проектирования при таком подходе могут быть увеличены с нескольких месяцев до нескольких дней. При этом работа архитекторов, разработчиков и инженеров упрощается, а решение вопросов, связанных с затратами, сроками и эффективностью становится проще.

#### **Преимущества автоматизированного проектирования в строительстве:**

##### **1. Меньше рисков, сорванных сроков и исправления ошибок**

Автоматизация процессов проектирования увеличивает скорость, с которой разрабатываются и строятся жилые и коммерческие здания. Количество средств, затраченных сверх бюджета на переделки, может достигать 6% от общей стоимости проекта. Автоматическое проектирование в строительстве должно решить эту проблему за счет сокращения влияния человеческого фактора на проектные процессы.

**2. Стремление к устойчивости проектирования.** Строительная отрасль — крупный потребитель энергии и ресурсов. Автоматическое проектирование сводит к минимуму число ошибок на стадии разработки проекта.

**3. Вариативность.** Автоматизация проектирования также позволяет параллельно создавать несколько альтернативных вариантов дизайна, помогая найти способы разработки зданий с лучшими эксплуатационными характеристиками при использовании меньшего количества материалов. Также современные методы проектирования помогают повысить энергоэффективность здания — критический показатель, учитывая, что по оценке ООН здания потребляют около 40% глобальной энергии и ресурсов. Теперь проектные компании могут понять, что им делать: оптимизировать только стоимость и сроки или также проектировать с учетом более рационального использования материалов и эксплуатации. Автоматическое создание проектов с высоким уровнем детализации гарантирует, что они заказывают только то, что им нужно, сокращая отходы материалов.

##### **4. Повышение производительности и рентабельности.**

Благодаря использованию генеративного ИИ здания можно проектировать и оптимизировать для достижения максимальной эффективности и производительности. Это не только приносит пользу окружающей среде, но и делает строительную отрасль более продуктивной и рентабельной. В прошлом архитекторы, инженеры и специалисты по строительству тратили значительное количество времени на устранение ошибок проектирования и согласования, что составляло до 20% их рабочего времени.

Благодаря генеративному искусственному интеллекту процессы проектирования и строительства становятся все более автоматизированными, что приводит к более быстрому созданию оптимальных проектов и меньшему количеству ошибок при строительстве. Надежность генеративного дизайна ИИ позволяет профессионалам повысить эффективность рабочих процессов и тратить меньше времени на исправление ошибок.

Автоматизируя процесс проектирования, молодые специалисты будто бы получают наставника, что позволяет даже неопытным дизайнерам и инженерам создавать конструкции, соответствующие строительным нормам и конструктивным особенностям. Такой подход в обучении освобождает начинающих специалистов от привычного и утомительного способа проектирования. Вместо этого они могут лучше понять потребности клиентов, высвободить время для изучения различных вариантов дизайна, при этом повышается эффективность проекта до максимального уровня.

#### **Выводы.**

Искусственный интеллект в архитектуре и строительстве можно применить на уровне проектирования, на уровне строительства, на уровне мониторинга безопасности и на уровне визуализации проекта. На сегодня есть возможность с гораздо большей эффективностью вести

почти весь цикл строительных работ, используя соответствующие решения ИИ не прибегая к избыточным тратам.

**Оптимизация проектирования.** Нейронные сети используются для оптимизации процесса проектирования зданий в архитектуре и строительстве, поэтому обучение студентов применению ИИ при проектировании является одной из важнейших задач в использовании цифровых технологий в образовании. Они могут анализировать различные параметры и факторы, такие как климатические условия, геометрию участка, требования заказчика и бюджет, и предлагать оптимальные варианты проектов. Это позволяет архитекторам принимать более информированные решения и создавать более эффективные и функциональные здания.

**Генерация новых форм и дизайнов.** Применение ИИ в обучении, в частности, нейронные сети могут быть использованы для генерации новых форм и дизайнов зданий. Алгоритмы глубокого обучения могут анализировать сотни и тысячи архитектурных образцов и создавать новые, уникальные формы, которые соответствуют заданным параметрам и требованиям. Это помогает молодым специалистам в создании современных и инновационных архитектурных решений.

**Энергоэффективность и устойчивость зданий.** Нейронные сети применяются для оптимизации энергоэффективности и устойчивости зданий. Они могут анализировать данные о потреблении энергии, климатических условиях и материалах, чтобы предлагать решения, которые уменьшают нагрузку на окружающую среду и повышают эффективность использования ресурсов.

**Автоматизация строительства.** Нейронные сети могут использоваться для автоматизации некоторых задач в строительстве. Например, они могут контролировать роботизированные системы для точной и эффективной укладки кирпича или создания элементов конструкции. Это ускоряет процесс строительства и уменьшает вероятность ошибок.

Обучение молодых специалистов проектированию с использованием ИИ является основополагающим в современных цифровых технологиях. Они позволяют архитекторам и строителям создавать более эффективные, устойчивые и инновационные здания.

Однако важно помнить, что нейросети не заменят человеческий творческий потенциал и опыт, а будут служить сотрудниками и помощниками для архитекторов, дополняя их знания и возможности.

### Литература

1. Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Системный анализ и синтез стратегических решений в инноватике. Математические, эвристические и интеллектуальные методы системного анализа и синтеза инноваций: учебное пособие. Л. М., 2022. 306 с.
2. Искусственный интеллект и интеллектуальные системы управления / И.М. Макаров, В.М. Лохин, С.В. Манько, М.П. Романов. М.: Наука, 2022. 336 с.
3. Алексеев Ю.В., Сомов Г.Ю. Градостроительное планирование поселений. Эволюция планирования. М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2023. Т. 1. 336 с.
4. Технология и организация строительных процессов / Н.Л. Тарануха, Г.Н. Первушин, Е.Ю. Смышляева, П.Н. Папунидзе. М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2020. 192 с.