

Жук Петр Михайлович, д.т.н., доцент,
Московский архитектурный институт
(государственная академия)

Платонов Василий Николаевич, магистр,
Московский архитектурный институт
(государственная академия)

ВОЗМОЖНОСТИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ ВЫБОРЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ В АРХИТЕКТУРНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Аннотация. Технологии искусственного интеллекта получают все более широкое распространение в архитектурном проектировании. Одним из интересных направлений, где помощь искусственного интеллекта автору проекта будет все более востребована, является выбор строительных материалов. В настоящей статье проведен анализ различных возможностей использования искусственного интеллекта в выборе материалов.

Ключевые слова: Строительные материалы, архитектурное проектирование, искусственный интеллект.

Выбор строительных материалов в проектном процессе согласно статье 52 Градостроительного кодекса Российской Федерации и постановлению Правительства РФ от 03.06.2015 №537 остается функцией архитектора (в части разработки автором проекта проектной и рабочей документации). В то же время процесс выбора становится все более сложным в связи с необходимостью учитывать огромное количество факторов. В частности, к таким важным группам факторов относятся показатели пожарной безопасности в соответствии с требованиями технического регламента (Федеральный закон от 22.07.2008 №123-ФЗ), иные параметры безопасности материалов (например, механическая безопасность, безопасные условия проживания, обеспечение качества воздуха, защита от влаги и др. – технический регламент о безопасности зданий и сооружений (Федеральный закон от 30.12.2009 №384-ФЗ)). На будущее стоит предусматривать учет показателей, заложенных в разрабатываемом техническом регламенте Евразийского экономического союза «О безопасности строительных материалов и изделий», опубликованном на сайте 20 июня 2023 года. Здесь перечислены только некоторые требования, имеющие отношение к безопасности строительных материалов, а ведь есть огромное количество показателей качества. Для полного учета такого количества различных показателей разнообразных материалов необходимы огромные базы данных со сведениями о них. При этом поиск подходящих вариантов в архитектурном проектировании легче всего осуществлять при помощи самообучающихся инструментов.

Стоит отметить, что первые подходы к автоматизации выбора материалов в архитектурном проектировании реализовывались еще в 1970-ые годы XX века, в том числе на основе методов квалиметрии [1, 2]. В таком подходе качество рассматривается как совокупность (дерево) свойств, при этом каждому из них присваивается определенный коэффициент весомости с учетом функционального назначения материала, специфики проекта и т.п. Интегральное качество предполагает рассмотрение помимо эксплуатационно-технических и эстетических свойств еще и экономических параметров. Использование методов квалиметрии для выбора материалов продолжает оставаться актуальным. Совершенствование такого подхода и его адаптация для применения в системах



искусственного интеллекта (ИИС) связана с применением для определения коэффициентов весомости теории рисков, которое подразумевает рассмотрение в качестве негативного события каких-либо проблем с выполнением материалом своей функции.

Выбор конструкционного материала тесно взаимосвязан с проведением расчетов самих несущих конструкций. В этой области, которая не совсем напрямую относится к компетенции архитектора, искусственный интеллект предоставляет довольно широкие возможности по более точным и быстрым подходам к решению по сравнению с обычными расчетными методами и программными продуктами. Для этого необходима имплементация в ИИС физических основ в форме уравнений, то есть в таком случае речь идет об информированном в области физики искусственном интеллекте. Такой опыт уже апробировался для вариантов расчета устойчивости квадратных прямоугольных опор из стальных полых профилей с использованием коэффициентов безопасности из европейской базы *European CyberCrime Centre* [EC3]. Расчет производила нейросеть, обученная на почти 20 тысячах наборах данных. Оценка такого расчета по сравнению с классическими вариантами использования EC3 говорит о существенно большей экономической эффективности [3]. В случае расчета плит по теории Кирхгофа-Лава две информированные в области физики нейросети калибруются таким образом, что возможно нахождение решения дифференциального уравнения в частных производных без начальных обучающих данных для граничных условий, где вместо этого для обучения параметрам используется соответствующая функция потерь [4].

При выборе отделочных материалов нейросеть помогает осуществлять учет новых показателей материалов, к которым могут относиться эстетические характеристики, а также специфические эксплуатационные свойства. Примером таких специфических свойств может служить ударная прочность для штукатурных покрытий. Особенно актуальным этот показатель стал с развитием средств индивидуальной мобильности, когда велосипедисты стали прислонять свои транспортные средства к поверхности фасада, повреждая покрытие рулем. Помимо учета специфических свойств нейросеть может легко посчитать дисконтирование при выявлении срока службы отделочного материала. Дисконтирование подразумевает приведение стоимостных показателей к базисному моменту времени, то есть при сравнении покрытия пола кухни из керамического гранита и поливинилхлоридного линолеума – очевидно, что срок службы полимерного материала ниже, и он потребует замены (а возможно и не одной) за тот период, в который керамогранит менять не придется. Поскольку затраты при замене линолеума каждый раз будут новыми и включают демонтаж предыдущего покрытия, то возникает вероятность, что на определенном временном промежутке с учетом дисконтирования затрат более дорогое покрытие окажется экономичнее. Более сложным является учет соответствия (несоответствия) отделочных материалов, использованных на объекте, современным требованиям (включая эстетические характеристики). Такая ситуация называется моральный износ, она гораздо сложнее прогнозируется нейросетями, но исследования возможностей в этом направлении также ведутся.

Сложные расчетные параметры при выборе теплоизоляционного материала также легко обрабатываются обученной нейросетью. В частности, для технико-экономического обоснования мероприятий по повышению теплозащиты ограждающих конструкций используют методы, связанные с расчетом внутренней нормы прибыли, стоимости капитала, аннуитета, статического и динамического времени амортизации [5]. Например, расчеты мероприятий по дополнительному снижению коэффициента теплопередачи ограждающей конструкции с 1,5 до 0,23 Вт/м²·К показали энергетическую амортизацию минеральной ваты 2,7 месяца, а экструзионного пенополистирола 4,5 месяца [6]. Проведение таких расчетов по выбору теплоизоляционных материалов на любых стадиях проектирования при помощи ИИС также позволяют ускорить принятие рациональных проектных решений.



Важным направлением использования искусственного интеллекта при выборе материалов являются проекты реставрации в архитектуре и проведения ремонтных работ на объектах строительства. Особенно перспективным направлением в формировании систем искусственного интеллекта на базе обучения характерным видам повреждений материалов объектов. При этом источниками входящей информации для самообучающихся систем могут стать как данные визуального осмотра (внешние признаки повреждений), так и данные экспериментальных исследований (в том числе поступающие с установленных на объекте датчиков). Для обучения ИИС при этом могут использоваться базы данных о различных повреждениях. В частности, работа по формированию таких баз данных ведется на протяжении многих лет на кафедре архитектурного материаловедения МАРХИ [7]. Более сложным является вопрос, когда повреждения материалов являются следствием деформации конструкций. Такие случаи требуют более обстоятельного анализа, но и такие факты начинают становиться предметом анализа и обработки нейросетями.

Основой для обучения систем искусственного интеллекта в архитектурном проектировании служит все возрастающее количество структурированных и квалифицированных данных. Сейчас появление в графических редакторах и системах информационного моделирования ассистентов на базе искусственного интеллекта является всего лишь вопросом времени. В частности, применение таких интегрированных ассистентов для выбора строительных материалов позволит сократить время на проектирование и позволит прорабатывать значительное количество вариантов, оставляя окончательное решение за автором. Серьезные перспективы открываются во внедрении инструментов и программных средств с поддержкой нейросетей, позволяющих проектировщикам принимать решения по экономии ресурсов и снижению выбросов. Например, через включение в проектный процесс результатов анализа жизненного цикла материалов, параметрической климатической адаптации и др.

Список литературы:

1. Айрапетов Д.П. Материал и архитектура / Д.П. Айрапетов. – Москва: Стройиздат, 1978
2. Systematische Baustofflehre. Band 1: Grundlagen. – Berlin: VEB Verlag für Bauwesen, 1979
3. Weigert M., Winkler L., Goger G. Künstliche Intelligenz im Baubetrieb. Best Practices, Potenziale und Grenzen / M. Weigert, L. Winkler, G. Goger // bau aktuell. Baurecht – Baubetriebswirtschaft – Baumanagement. – 2021. – Nr. 2. – S. 83-87
4. Kraus M., Drass M. Künstliche Intelligenz im Bauingenieurwesen – Hintergründe, Status Quo und Potentiale / M. Kraus, M. Drass // Bauingenieur. – 2020. – Jahrgang 95. Heft 10. – P. 369-378 DOI: 10.37544/0005-6650-2020-10
5. Жук П.М., Лютцендорф Т. Подходы к оценке экологической эффективности применения теплоизоляционных материалов / П.М. Жук, Т. Лютцендорф // Architecture and Modern Information Technologies. – 2017. – № 3(40). – С. 243-251. – URL: http://marhi.ru/AMIT/2017/3kvart17/18_zhuk-lutzkendorf/index.php
6. Lützkendorf T. “Graue Energie” in Dämmstoffen – in Teilaspekt. Lohnt sich Dämmung aus Sicht der Ökobilanzen / T. Lützkendorf // Vortrag auf dem Wärmeschutztag München, 2013. – URL: http://www.waermeschutztag.de/media/pdf/wtag2013/lutzkendorf__fiw_wst2013.pdf (date of access: 05.07.2019)
7. Князева В.П., Кавер Н.С. Атлас-определитель типичных повреждений материалов памятника архитектуры по результатам эколого-материаловедческих исследований их микроструктурных характеристик / В.П. Князева, Н.С. Кавер // Наука, образование и экспериментальное проектирование в МАРХИ: тезисы докладов международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов. – 2016. – С. 162-164

