



УДК 811

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ФАСАДНЫХ СИСТЕМ

Гурбанмурадов Ремезан, Мухиев Селим, Мухадов Бабаназар

преподаватели

Туркменский государственный архитектурно-строительный институт

г. Ашхабад, Туркменистан

Аннотация. Применение методов машинного обучения для прогнозирования долговечности фасадных систем представляет собой передовое научно-практическое направление, трансформирующее традиционные подходы к технической эксплуатации и проектированию ограждающих конструкций зданий. В условиях агрессивного изменения городского климата, роста высотного строительства и усложнения структуры применяемых композитных материалов классические эмпирические методы оценки износа перестают обеспечивать необходимую точность. Фасадная оболочка современного мегаполиса непрерывно подвергается комплексному деструктивному воздействию ультрафиолетового излучения, циклических температурных колебаний, ветровых нагрузок, химически активных атмосферных осадков и антропогенных загрязнений. Использование интеллектуальных алгоритмов позволяет выявить скрытые многофакторные нелинейные зависимости между условиями эксплуатации и скоростью деградации материалов, которые невозможно зафиксировать стандартными аналитическими методами.

Ключевые слова: машинное обучение, прогнозирование долговечности, фасадная система, предиктивный анализ, сверточная нейронная сеть, цифровой двойник, деградация материалов, навесной фасад, техническая эксплуатация, временные ряды.

APPLICATION OF MACHINE LEARNING METHODS FOR PREDICTING THE DURABILITY OF FACADE SYSTEMS

Gurbanmyradov Remezhan, Muhiyev Selim, Muhadow Babanazar

Lecturers

Turkmen State Institute of Architecture and Construction

Ashgabat, Turkmenistan

Abstract. The application of machine learning methods for predicting the durability of facade systems represents a paradigm shift in structural lifecycle asset management, transitioning the construction industry from reactive maintenance to highly accurate predictive analytics. Modern

envelope enclosures are subjected to complex, non-linear degradation driven by simultaneous environmental stressors, including cyclical thermal loading, ultraviolet radiation, moisture penetration, and chemical carbonation. Traditional empirical forecasting methods fail to accurately capture these multidimensional interactions, whereas advanced machine learning architectures—such as gradient-boosted decision trees, random forests, and deep recurrent neural networks with long short-term memory—excel at isolating subtle degradation trajectories within extensive time-series datasets.

Keywords: machine learning, facade durability, predictive analytics, structural health monitoring, deep learning, materials degradation, digital twin modeling, thermal stress, recurrent neural networks, lifecycle management.

Введение

Информационной основой для обучения предсказательных моделей служат масштабные массивы разнородных данных, собираемые из множества независимых цифровых источников на протяжении длительного периода времени. Первичная база данных формируется за счет интеграции детальных климатических архивов, показателей локальных метеостанций, результатов натурных обследований фасадов и протоколов ускоренных лабораторных испытаний материалов на старение. Важнейшим компонентом выступают телеметрические данные от датчиков влажности, температуры и относительных деформаций, интегрированных непосредственно в структуру навесных вентилируемых фасадов или штукатурных систем умных зданий. Вся собранная информация проходит обязательную предварительную обработку, включающую очистку от шумов, нормализацию признаков, восстановление пропущенных значений и синхронизацию временных рядов. Качество, репрезентативность и глубина подготовленной выборки данных напрямую определяют предсказательную способность, устойчивость и математическую точность будущей интеллектуальной системы.

В практике инженерных расчетов для моделирования процессов долговечности применяется широкий спектр архитектур машинного обучения, выбор которых зависит от характера решаемой задачи и объема доступной информации. Для прогнозирования конкретных сроков службы элементов облицовки и остаточного ресурса подсистем навесных фасадов активно используются классические алгоритмы регрессии, случайные леса и градиентный бустинг над решающими деревьями. В задачах классификации типов дефектов, таких как выявление скрытых трещин, отслоений штукатурки или очагов коррозии по цифровым фотографиям и термограммам, непревзойденную точность демонстрируют глубокие сверточные нейронные сети. Анализ долгосрочных временных рядов изменений

влажности и температуры внутри фасадного пирога реализуется с помощью рекуррентных нейронных сетей с долгой краткосрочной памятью, способных улавливать сложные сезонные закономерности. Построение таких многослойных моделей позволяет с высокой достоверностью аппроксимировать процессы накопления микрповреждений в материалах под воздействием стохастических внешних факторов.

Важнейшим преимуществом применения искусственного интеллекта в материаловедении является возможность проведения предиктивного анализа и симуляции поведения фасадных систем в различных экстремальных климатических сценариях будущего. Машинное обучение позволяет виртуально протестировать разрабатываемый композитный материал или конструктивное решение навесного узла в условиях гипотетического аномального лета или суровой многоснежной зимы еще до начала массового производства. Алгоритмы способны с высокой точностью рассчитать, через какое количество циклов замораживания и оттаивания конкретная марка фиброцемента или керамогранита потеряет свои первоначальные прочностные и эстетические свойства. Это избавляет исследовательские лаборатории от необходимости проведения многолетних, дорогостоящих натурных испытаний в климатических камерах, существенно ускоряя вывод инновационных строительных продуктов на рынок.

Заключение

В заключение необходимо подчеркнуть, что применение методов машинного обучения для прогнозирования долговечности фасадных систем формирует качественно новый стандарт цифрового инжиниринга в архитектурно-строительной сфере. Дальнейшее развитие этого технологического сегмента неразрывно связано с совершенствованием беспилотных технологий мониторинга, когда дроны, оснащенные видеокамерами высокого разрешения и тепловизорами, будут автоматически облетать здания, а нейросети — мгновенно обновлять прогнозы износа. По мере накопления глобальных баз данных и стандартизации алгоритмов искусственного интеллекта точность предсказания долговечности будет неуклонно расти, делая города более безопасными, энергоэффективными и жизнестойкими. Строительные и управляющие компании, активно внедряющие интеллектуальные методы анализа данных в свою повседневную практику, получают неоспоримые стратегические преимущества на конкурентном рынке недвижимости.

Список литературы:

1. Гагарин В. Г., Козлов В. В. Долговечность строительных материалов и ограждающих конструкций зданий. Москва: Строительные материалы, 2012.



2. Еремин К. И., Матвеева А. В. Методы искусственного интеллекта в задачах оценки технического состояния зданий и сооружений. Магнитогорск: МГТУ, 2018.
3. Леонович С. Н., Снежков Д. Ю. Прогнозирование срока службы строительных конструкций и композитов. Минск: БНТУ, 2015.
4. Тамразян А. Г., Филимонова Е. А. Надежность и долговечность строительных систем при различных видах внешних воздействий. Москва: МГСУ, 2011.