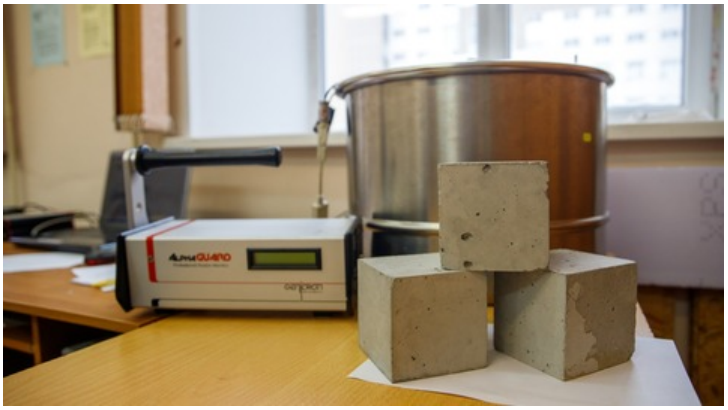
Машинное обучение поможет создать долговечный бетон для Российской Арктики

Учёные Сибирского федерального университета разработали уникальную модель, основанную на машинном обучении, которая позволяет оптимизировать состав бетонных смесей, специально разработанных для строительства жилых и инфраструктурных объектов в суровых условиях Крайнего Севера.



Обученная на широком наборе данных цифровая модель способна не только предложить оптимальный состав бетона, учитывая особенности местных материалов, таких как щебень, песок и другие компоненты, качество которых может значительно варьироваться в зависимости от региона их происхождения, но и разработать подход, позволяющий устранить проблемы с их низким качеством.

Бетон — это широко распространённый искусственный строительный материал, который получают в результате затвердевания специально подобранной смеси, в основе которой лежит вяжущее вещество, а также вода и различные добавки, которые позволяют варьировать состав и делать бетон более устойчивым к перепаду температур и механическому воздействию. Особые требования к бетону существуют в экстремальных условиях Российской Арктики, где от строительных материалов требуется максимальная морозостойкость.

> *«Наша работа посвящена исследованию оптимизации состава бетонной смеси для получения морозостойких бетонов, в частности, для строительства дорожных покрытий и взлётно-посадочных полос. Традиционный подход к разработке бетонных смесей предполагает, что состав подбирается „вручную“ — это затратно и требует значительного времени для оценки его стойкости в суровых условиях эксплуатации. Благодаря использованию специально обученного искусственного интеллекта можно существенно сократить процесс — сэкономить пару лет и материальные ресурсы»,* — рассказала соавтор исследования, заведующая испытательной лабораторией строительных материалов и химического анализа воды СФУ **Ирина Енджиевская**.

По словам учёного, подбор материалов для бетона — сложный процесс, особенно тщательно следует подходить к фактору морозостойкости, ведь если на большей части Российской Федерации в ходу бетон, рассчитанный на 200 циклов в хлористых солях (F 150–200), то в условиях Крайнего Севера материал должен выдерживать 300 циклов эксплуатации. Сложность же заключается в том, что учёным сложно определить опытным путём, что именно в составе бетонов отвечает за повышение этой характеристики.

> *«Машинное обучение удивляет всё чаще. Созданная доцентом СФУ Максимом Молокеевым программа показала факторы, связанные с химическими процессами в бетоне, которые с высокой долей вероятности определяют, насколько этот состав будет морозоустойчивым и применимым, скажем, в Норильске для строительства*

взлётно-посадочной полосы аэродрома. Оказалось, что основную роль в этом случае играет качество и количество щебня и воздухововлекающие добавки. Причём если ранее считалось, что „лишний“ воздух однозначно уменьшает прочность бетона, то оказалось, что в определённых пределах он повышает не только стойкость к отрицательным температурам, но и меняет саму механику разрушения бетона с сохранением прочности. Этот факт был определён машинным интеллектом, и мы склонны согласиться с этим замечанием, поскольку уже проверили его на практике», — отметила **Ирина Енджиевская**.

Морозостойкость — не единственное качество бетона, которым исследователи озадачили искусственный интеллект. Он также должен был потрудиться над тем, чтобы увеличить прочность материала на изгиб и при динамических воздействиях и выяснить, какова прогнозируемая стойкость к антигололёдным реагентам у бетонов, из которых изготавливают дорожное покрытие.

Одно из преимуществ «рецептов» бетонных составов от машинной модели — адаптация под местные материалы, поскольку щебень, песок и прочие составляющие могут существенно варьироваться по физико-химическим свойствам в разных регионах страны, особенно проблемно их качество на труднодоступных территориях. Искусственный помощник подскажет, в какой пропорции следует использовать эти компоненты и как нивелировать их недостатки, чтобы в итоге получился тот самый бетон с заданными свойствами.

Одной из ближайших задач, которые будут также решаться методами машинного обучения, является разработка оптимального состава бесцементного бетона. Такой материал будет выгодно отличаться своей экологичностью из-за уменьшения выбросов углекислого газа, кроме того, в нём будут использоваться активированные промышленные отходы — зола и нефелиновый шлам, образующийся при переработке редкоземельных руд. В случае успешной реализации новая технология бесцементного бетона позволит уменьшить площади уже существующих золоотвалов и сэкономить значительные средства, расходующиеся на их рекультивацию. Работы по созданию подобного материала уже ведутся специалистами СФУ совместно с партнёрами.

«Был разработан набор инструментов машинного обучения и их комбинаций, который представляет огромную практическую ценность для прогнозирования составов новых материалов. В процессе моделирования подбирается наилучшее сочетание, проводится анализ данных в выбранных областях и выводятся полезные рекомендации, включая „рецепты“ бетонов с требуемыми свойствами. Такая модель — ценный помощник для материаловедов, от неё вряд ли ускользнёт то, что порой теряется из-за ограничений человеческого опыта и времени. Её выводы, хотя и могут показаться неожиданными, имеют высочайшую ценность и должны быть проверены на практике. Модель может использоваться в том числе для поиска новых строительных бетонов, особенно в тяжёлых и экстремальных природных условиях Российской Арктики», — объяснил доцент Института инженерной физики и радиоэлектроники СФУ **Максим Молокеев**.

Пресс-служба СФУ, 13 июля 2023 г.

© Сибирский федеральный университет. Редакция сайта: +7 (391) 246-98-60, info@sfu-kras.ru.

Адрес страницы: https://news.sfu-kras.ru/node/27901