

КАЛИБРОВКА ПОРТАТИВНЫХ ДАТЧИКОВ КАЧЕСТВА ВОЗДУХА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И ГЛУБОКИХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Хвостова М.О., Суржко В.С., Пугачёв А.И., Чубов А.Ю., Ужинский А.В.¹

Филиал МГУ в г. Дубне, Россия, 141980, г. Дубна, ул. Ленинградская, д. 12, +7 (910) 606-72-42, hvostova@jinr.ru

¹Объединенный институт ядерных исследований, Россия, 141980, г. Дубна, ул. Жолио-Кюри

В условиях нарастающего антропогенного воздействия на окружающую среду мониторинг качества воздуха приобретает критическое значение для обеспечения экологической безопасности и здоровья населения. Традиционные стационарные системы контроля с точным оборудованием обладают существенным ограничением - высокой стоимостью. В связи с этим особую актуальность приобретают бюджетные датчики контроля качества воздуха [1]. Несмотря на доступность, их показания подвержены систематическим погрешностям из-за вариативности внешних условий. В работе рассмотрена задача калибровки датчика концентрации частиц $PM_{2.5}$ и PM_{10} на основании показаний эталонного прибора с использованием методов машинного обучения и глубоких нейронных сетей.

Решалась задача регрессии. В базовой постановке корректировка производилась на базе 3 входных параметров: количества частиц, температуры и влажности по данным портативного датчика. В расширенной постановке привлекались исторические данные за 6 или 12 часов. Исходный датасет содержал измерения за периоды 30.03.2021 — 09.04.2021 и 31.05.2021 — 07.06.2021 с дискретизацией 1 час. Были обучены модели: линейная регрессия, случайный лес, решающие деревья, градиентный бустинг, K-ближайших соседей, многослойный перцептрон, рекуррентная нейронная сеть (RNN), сеть с долговременной краткосрочной памятью ($LSTM$), трансформер.

Для оценки моделей использовались корень из средней квадратической ошибки ($RMSE$) и коэффициент детерминации (R^2), полученные после усреднения значений по 10 запускам. Оценки нейросетевых архитектур оказались в среднем выше по сравнению с алгоритмами машинного обучения. Наилучший результат продемонстрировал $LSTM$ с шириной окна 12, обученный в течение 200 эпох ($RMSE \approx 4.98$, $R^2 \approx 0.87$).

Представленный подход позволяет с высокой точностью калибровать портативные датчики концентрации частиц. Его внедрение предусмотрено в совместном проекте ОИ-ЯИ и Республики Сербия, а дальнейшие исследования будут посвящены изучению возможностей применения квантовых алгоритмов для калибровки сенсоров.

Литература.

1. Topalović, D.B., Tasić, V.M., Petrović, J.S.S. et al. Unveiling the potential of a novel portable air quality platform for assessment of fine and coarse particulate matter: in-field testing, calibration, and machine learning insights. *Environ Monit Assess* 196, 888 (2024). <https://doi.org/10.1007/s10661-024-13069-0>.