

Интеграция предиктивно-аналитических моделей с IoT-платформой цифрового экомониторинга

А. В. Кычкин^{1*}, О. В. Горшков¹, М. А. Кукаркин¹

¹ Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Пермь, Россия
*avkychkin@hse.ru

Аннотация. Исследование направлено на развитие прикладных программных систем для автоматизированного мониторинга окружающей среды. Рассматривается задача по разработке и интеграции прикладного программного обеспечения, в частности расчетно-аналитических моделей на основе методов машинного обучения (ML), с IoT-платформой цифрового экомониторинга для промышленных предприятий. Такая платформа используется для создания программно-аппаратных систем класса CEMS – Continuous Emissions Monitoring System, предназначенных для непрерывного контроля выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух на производствах. Использование ML-инструментов, интегрированных с платформой, позволяет значительно расширить функциональность существующих CEMS, в частности оперативно конструировать новые SaaS-сервисы для прогнозирования динамики распространения загрязнений. С учетом высоких требований к промышленным системам возникает необходимость создания специализированного программного продукта – аналитического сервера, реализующего управление подключаемыми предиктивно-аналитическими ML-моделями с требуемым уровнем качества обслуживания, в том числе автоматической инициализацией новых аналитических скриптов в виде классов, изолированностью отдельных компонентов, автоматическим восстановлением после возникновения сбоев, защищенностью и безопасностью данных. В статье предложена схема функционально-алгоритмического взаимодействия IoT-платформы цифрового экомониторинга и аналитического сервера. Представленный вариант реализации аналитического сервера имеет иерархическую структуру, в вершине которой стоит приложение, способное принимать высокоуровневые REST-запросы на инициализацию расчетов в реальном времени. Данный подход позволяет минимизировать влияние одного аналитического скрипта (класса) на другой, а также расширять функциональность платформы в «горячем» режиме, то есть без остановки или перезагрузки. Приведены результаты, демонстрирующие автоматическую инициализацию и подключение базовых ML-моделей для прогнозирования концентраций вредных веществ.

Ключевые слова: CEMS, системная архитектура, платформа Интернета вещей, аналитический сервер, машинное обучение

Для цитирования: Кычкин А. В., Горшков О. В., Кукаркин М. А. Интеграция предиктивно-аналитических моделей с IoT-платформой цифрового экомониторинга // Прикладная информатика. 2022. Т. 17. № 4. С. 5–16. DOI: 10.37791/2687-0649-2022-17-4-5-16

Predictive models integration with an environmental monitoring IoT platform

A. Kychkin^{1*}, O. Gorshkov¹, M. Kukarkin¹

¹ National Research University Higher School of Economics, Perm, Russia

* avkychkin@hse.ru

Abstract. The research focuses on the development of applied software systems for automated environmental monitoring. The task of developing and integrating applied software, in particular calculation and analytical models based on machine learning (ML) methods, with an IoT platform of digital eco-monitoring for industrial enterprises is considered. Such a platform is used to create software and hardware systems of CEMS – Continuous Emissions Monitoring System class, designed for continuous monitoring of pollutant emissions into the atmospheric air at production facilities. Use of ML tools integrated with the platform allows to expand significantly the functionality of the existing CEMS, in particular to quickly build new SaaS services for forecasting the dynamics of pollution distribution. Given the high requirements for industrial systems, there is a need to create a specialized software product – an analytical server that implements the management of connected predictive analytical ML models with the required level of service quality, including automatic initialization of new analytical scripts as classes, isolation of individual components, automatic recovery after failures, data security and safety. The paper proposes a scheme of functional and algorithmic interaction between the IoT platform of digital eco-monitoring and the analytical server. The proposed implementation of the analytical server has a hierarchical structure, at the top of which is an application capable of accepting high-level REST requests to initialize calculations in real time. This approach minimizes the impact of one analytical script (class) on another, as well as extending the functionality of the platform in "hot" mode, that is, without stopping or reloading. Results demonstrating automatic initialization and connection of basic ML models for predicting pollutant concentrations are presented.

Keywords: CEMS, system architecture, Internet of Things platform, analytical server, machine learning

For citation: Kychkin A., Gorshkov O., Kukarkin M. Predictive models integration with an environmental monitoring IoT platform. *Prikladnaya informatika*=Journal of Applied Informatics, 2022, vol.17, no.4, pp.5-16 (in Russian). DOI: 10.37791/2687-0649-2022-17-4-5-16

Введение

Для контроля качества атмосферного воздуха на промышленных предприятиях применяются программно-аппаратные системы класса CEMS (Continuous Emissions Monitoring System). Такие системы измеряют концентрации загрязняющих веществ, сохраняют данные в формате временных рядов, формируют отчеты для экологов, руководства предприятий и контролирующих органов [1]. Программное обеспечение (ПО) CEMS ориентировано на работу в непрерывном (online) режиме, что связано с высокой ди-

намикой воздушной среды, состояние которой постоянно изменяется по времени.

Известно, что интенсивность и состав выбросов зависят от параметров самих источников выбросов, ландшафта, метеоусловий, наличия смежной энергетической инфраструктуры, транспортных магистралей и других факторов [2, 3]. На территории крупных производств с большим числом источников, а также вокруг предприятий, находящихся рядом с жилой застройкой, контроль загрязнений многократно усложняется за счет обеспечения прогнозирования распространений выбросов. В случае обнаружения риска опасных концен-