

РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ДЛЯ ЗАРЯДНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ З ЗАСТОСУВАННЯМ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Єрошенко С. О.

Науковий керівник – д.т.н., проф Мінухін С. В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. СТ,
м. Харків, Україна

e-mail: sofiia.ieroshenko@nure.ua.

This work is devoted to resolving the issue of ICEing, where internal combustion engine vehicles occupy electric vehicle charging spots, causing inconvenience and disruption. It proposes a solution using magnetometers and machine learning methods for automatic classification of charging spot occupancy. The stages of data collection and processing of magnetometer signal are discussed, along with testing various machine learning models. The study evaluates different machine learning algorithms to identify the most effective approach for charging spot occupancy classification. Integration of the developed model on an STM32 microcontroller for real-world implementation is envisaged.

Проблема заборони доступу (ICEing), або паркування транспортних засобів з внутрішнього горіння (ICE) на місцях для заряджання електричних транспортних засобів (EV) [1], стає зростаючою проблемою в сфері сталого транспортування. Вона ускладнює життя власників електричних транспортних засобів, та також порушує безперебійну роботу інфраструктури для заряджання. Ця проблема виникає, коли неелектричні транспортні засоби займають визначені місця для заряджання електричних транспортних засобів, роблячи їх недоступними для власників електричних транспортних засобів, які розраховують на ці станції для поповнення заряду батареї. Інноваційний підходом у розв'язанні цієї проблеми є розробка технології ідентифікації зайнятості місць для заряджання на точках заряджання. Одним із перспективних рішень є використання магнітометрів для автоматичного виявлення транспортних засобів на місцях для заряджання та застосування штучного інтелекту для прийняття рішень щодо їх зайнятості. Цей підхід ефективно вирішує проблему заборони доступу, забезпечуючи рівний доступ до місць для заряджання EV та сприяючи переходу до чистих енергетичних технологій у транспорті.

Склад критеріїв, за якими проводились дослідження:

1. Точність рішення машинного навчання. Має досягати не менше 80% для розробленого рішення.
2. Час виявлення змін статусу. Система повинна бути здатна виявляти зміни статусу зайнятості паркового місця протягом не більше 5 хвилин.

3. Адаптивність до різних умов паркування: Оцінка здатності системи працювати ефективно в різних умовах паркування.

4. Масштабованість системи до більшого обсягу місць для паркування: Оцінка можливості розширення функціоналу системи та її здатність ефективно працювати з більшою кількістю місць для паркування, забезпечуючи при цьому високу швидкість обробки та точність виявлення стану зайнятості.

Дослідження починається з збору даних з 2 магнітних магнітометрів, які були розміщені на парковому місці на такому відстані, що кожен магнітометр охоплює 2 паркових місця. Апаратне забезпечення складалося з одноплатного комп'ютера та кількох підключених сенсорних модулів. Beaglebone black був обраний як головний процесор, який збирав дані з усіх датчиків. Потім дані зберігалися локально. Апаратне забезпечення було встановлено на опорній платі, щоб забезпечити жорстку конструкцію та забезпечити узгодженість даних. Основним засобом зв'язку в усьому тестовому обладнанні була шина ІС або аналоговий рівень напруги.

Після збору, дані були відфільтровані за допомогою фільтра Савіцького-Голя [1]. Цей фільтр виявився найточнішим у відображенні сирової інформації та одночасному усуненні всіх небажаних шумів. Після цього дані були промарковані на чотири стани присутності машини: 0 – прибуття, 1 – від'їзд, 2 – зайнято, 3 – вільно. Всі ці події були автоматично ідентифіковані, але переглянуті вручну для уникнення отримання некоректних даних, оскільки сигнал може коливатися через різні зовнішні фактори. Для перевірки було використано модуль з функцією масштабування та з виводом знайдених автоматично подій на графіку сигналів магнітометрів.

Було перевірено кілька алгоритмів машинного навчання: SVC, Random Forest, MLP, CNN и LSTM, і серед них Random Forest [2] виявився найефективнішим. Результати тестування показали, що цей метод може досягати 100% точності при використанні найефективніших комбінацій параметрів. Random Forest відзначається високою стійкістю до перенавчання та швидкістю обробки великих обсягів даних. Однак тренування моделі може вимагати значних часових ресурсів. Тренування моделі було проведено у відповідному середовищі Kaggle, що забезпечило оптимальну роботу алгоритмів та підготувало їх для ефективного використання в реальних умовах. У дослідженні для оптимізації параметрів класифікатора випадкового лісу використовувався метод GridSearchCV від бібліотеки scikit-learn [3]. Спочатку моделі, навчені на відфільтрованих даних, були кращими за точністю моделей на нефільтрованих даних. Однак з покращенням якості набору даних ця перевага зникла. Класифікатор Random Forest виявився найефективнішим, незмінно перевершуючи інші методи у різних комбінаціях гіперпараметрів. Продуктивність змінювалася в залежності від варіацій

параметрів, але в цілому залишалася високою. Серед найкращих комбінацій параметрів виявилися такі: кількість оцінювачів ($\text{estimators}=15$), максимальна глибина ($\text{max depth} = 7$), максимальні характеристики ($\text{max features} = \text{auto}$) та критерій для розбиття ($\text{criterion} = \text{gini}$). Таким чином, дослідження дозволило виявити оптимальні параметри для класифікатора Random Forest, підтвердити його ефективність під час вирішення задач класифікації в даній предметній області.

Наступним кроком була інтеграція моделі Random Forest на мікроконтролер STM32mp157f-dk2, що включала отримання та обробку даних сигналу магнітометрів з подальшим тестуванням. Для цього була використана технологія з'єднання чіпу з магнітометрами через Modbus та використання RS-485 протоколу [4].

Запропонована система була спроектована для ефективного виявлення наявності або відсутності автомобілів на парковому місці. Оскільки планується реалізувати цю функцію на десятках тисяч некаліброваних пристроїв, які знаходяться у різних умовах, включаючи безперервно змінні умови, система має бути досить стійкою до різноманітних сценаріїв та змінних умов – зокрема, що становить змінність шуму та електромагнітних перешкод, що можуть виникати у реальному середовищі. Для цього система моніторингу має використовуватися після аналізу результатів тестування алгоритму машинного навчання Random Forest, який ефективно адаптується до різних умов і забезпечувати більш точні результати.

Список використаних джерел:

1. Wang D., Ge Y., Cao J., Lin Q., Chen R. Charging load forecasting of electric vehicles based on sparrow search algorithm-improved random forest regression model. // The Journal of Engineering. 2023. URL: <https://ietresearch.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdfdirect/10.1049/tje2.12280> (дата звернення: 26.02.2024).
2. Sarcevic P., Pletl S., Odry A. Real-Time Vehicle Classification System Using a Single Magnetometer // MDPI. 2022. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9739454/> (дата звернення: 26.02.2024).
3. Ranjan G. S. K., Verma A. K., Radhika S. K-nearest neighbors and grid search cv based real time fault monitoring system for industries: IEEE 5th international conference for convergence in technology (I2CT), 2019. / IEEE, 2019. С. 1–5. URL: <https://doi.org/10.1109/I2CT45611.2019.9033691> (дата звернення: 26.02.2024).
4. Kopot M., Kobzev I., Chetverykov G., Gritsunov A., Bilotserkivska A. Design and Simulation of Millimeter-Wave Magnetrons: IEEE 3rd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON), 2021. / IEEE, 2021. С. 52–55. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9575518> (дата звернення: 26.02.2024).