

МЕТОДИ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ЗАВЧАСНОГО ПЕРЕДБАЧЕННЯ НЕСПРАВНОСТЕЙ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ НА ОСНОВІ OBD-2 ДАНИХ

UDC 621.326

V. Bonar; V. Hotovych, PhD.

MACHINE LEARNING METHODS FOR EARLY PREDICTION OF VEHICLE MALFUNCTIONS BASED ON OBD-2 DATA

Протокол OBD-2 є стандартизованим способом зчитування сигналів, пов'язаних з роботою різних систем транспортного засобу. Інформацію можна збирати безперервно під час руху, що забезпечує покращення та здешевлення технічного обслуговування, зменшення витрати палива, моніторинг викидів та розуміння поведінки водія [1]. Реальні дані про водіння є неоднозначними та складними, що ускладнює їх аналіз традиційними методами: сигнали можуть містити так звані шуми, бути неповними або залежати від погоди, дорожнього руху або інших зовнішніх факторів, а різні транспортні засоби можуть відображати подібні проблеми по-різному. Машинне навчання допомагає знайти закономірності та взаємозв'язки, які важко виявити лише за допомогою простих правил порогових значень. Існують різні методи використання машинного навчання. Вони різняться у підході до реалізації, вимогах до першопочаткових даних та кінцевій меті [2] (рис. 1).

Кероване навчання використовується, коли набір містить історичні дані з відомим результатом. Наприклад, якщо набір даних містить мітки, які позначають певний тип несправності, модель може навчитися класифікувати несправності у майбутніх даних. Керовані методи є надійними, оскільки їхню ефективність можна чітко виміряти, а отримані моделі можна перевірити на відповідність відомим даним.

Навчання з підкріпленням є актуальним, коли мета – це адаптивна оптимізація, а не чиста діагностика. Система навчається, пробуючи різні дії та спостерігаючи за кінцевими результатами, поступово вдосконалюючи свої рішення для максимізації точності. Модель може використовуватись для оптимізації енергоефективності, надаючи рекомендації стратегій водіння, що балансують продуктивність та використання палива за змінних умов.

Некероване навчання використовується, коли набір даних не містить міток результату. Дані методи вивчають, які значення мають сигнали при визначеному нормальному стані транспортного засобу. Це може бути використано для виявлення аномалій у окремих записах, які можуть відобразити нетипову поведінку ще до того, як спрацює діагностичний код помилки або певна система транспортного засобу вийде з ладу.

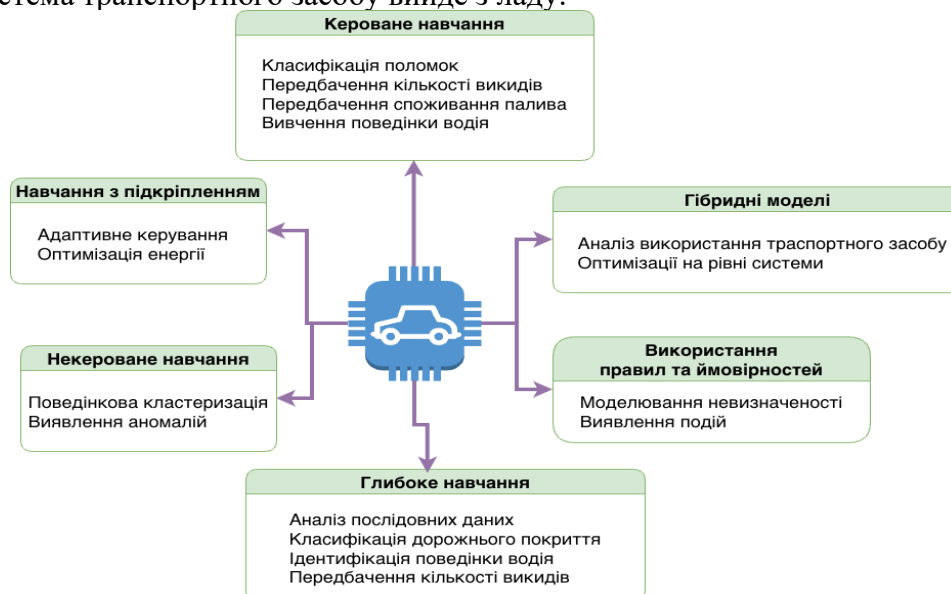


Рисунок 1. Методи машинного навчання для завчасного передбачення несправностей транспортного засобу на основі OBD-2 даних

Глибоке навчання надає можливості знаходити складні, нелінійні або з сильною залежністю від часу зв'язки. Багато явищ у транспортних засобах є за своєю суттю послідовними. Закономірності, пов'язані з поведінкою прискорення, тепловими змінами або періодичними несправностями, можуть мати сенс лише при аналізі певного часового вікна, а не в конкретний момент часу. Глибокі моделі, які обробляють послідовності, можуть фіксувати тонкі взаємодії між кількома сигналами та забезпечувати покращену продуктивність.

Гібридні підходи передбачають можливість комбінованого використання інших методів машинного навчання. Система може використовувати некероване навчання для виявлення неочікуваних закономірностей, кероване навчання – для класифікації відомих несправностей та якусь додаткову логіку, засновану на правилах, для покращення результатів конкретної задачі.

Використання правил та ймовірностей є доповненням машинного навчання та слугують як шари перевірки або резервні механізми. Перевагою імовірнісних методів та правил є точність та відтворюваність.

Разом перелічені підходи утворюють інструментарій для перетворення сигналів OBD-2 на змістовні висновки щодо поведінки транспортного засобу. Надійні аналітичні системи OBD-2 переважно інтегрують кілька з цих методів, створюючи науково обґрунтовані, але достатньо практичні для підтримки реальних транспортних засобів та водіїв можливості.

Література

3. Dimitrios Rimpas, Andreas Papadakis, Maria Samarakou, OBD-II sensor diagnostics for monitoring vehicle operation and consumption, Energy Reports, Volume 6, Supplement 3, 2020, Pages 55-63, ISSN 2352-4847, <https://doi.org/10.1016/j.egy.2019.10.018>.
4. Michailidis, E.T.; Panagiotopoulou, A.; Papadakis, A. A Review of OBD-II-Based Machine Learning Applications for Sustainable, Efficient, Secure, and Safe Vehicle Driving. Sensors 2025, 25, 4057. <https://doi.org/10.3390/s25134057>