

Застосування штучного інтелекту під час дослідження технічного стану рухомого складу в судовій залізнично-транспортній експертизі

Андрій Батіг

старший науковий співробітник лабораторії залізнично-транспортних досліджень, Львівський науково-досліджений інститут судових експертиз Міністерства юстиції України, м. Львів, Україна, ORCID 0000-0003-1205-6004, ashabatig1992@gmail.com

Розглянуто застосування технологій штучного інтелекту, зокрема машинного навчання та комп'ютерного зору, для дослідження технічного стану рухомого складу в залізнично-транспортній експертизі.

Ключові слова: штучний інтелект; рухомий склад; технічний стан; машинне навчання.

Use of Artificial Intelligence in the Assessment of the Technical Condition of Rolling Stock in Railway Transport Forensic Expertise

Andriy Batig

The application of artificial intelligence technologies, in particular machine learning and computer vision, for the assessment of the technical condition of rolling stock in railway transport forensic examination is considered.

Keywords: artificial intelligence, rolling stock, technical condition, machine learning.

Сучасний розвиток залізничного транспорту супроводжується постійним ускладненням конструкції рухомого складу, збільшенням швидкості руху й підвищенням вимог до безпеки його експлуатації. За таких умов особливого значення набуває своєчасне й об'єктивне визначення технічного стану рухомого складу та його конструктивних елементів, особливо в разі настання залізнично-транспортних пригод [1]. Для розв'язання зазначених завдань у межах судової залізнично-транспортної експертизи дедалі більшої актуальності набуває застосування методів штучного інтелекту.

Традиційні підходи до експертного дослідження технічного стану рухомого складу базуються на аналізі візуальних ознак пошкоджень, інструментальних вимірюваннях геометричних параметрів, порівнянні фактичних значень із нормативно допустимими величинами й послуговуванні інженерними розрахунковими моделями. Однак значні масиви діагностичних даних, складність установлення прихованих дефектів і необхідність аналізувати багатофакторні процеси значно ускладнюють виконання таких досліджень виключно традиційними методами [2, 3].

Штучний інтелект (далі — ШІ) дає змогу автоматизувати оброблення великих масивів технічної інформації, зокрема даних неруй-

нівного контролю, вібродіагностики, термографії, акустичного моніторингу та телеметрії з бортових систем контролю рухомого складу. Застосування алгоритмів машинного навчання дає можливість виявляти закономірності, які є складними або малопомітними для експерта під час класичного аналізування [4].

Один із найбільш перспективних напрямів — користування моделями класифікації для автоматичного виявлення дефектів елементів рухомого складу. Наприклад, за результатами аналізу зображень поверхонь коліс, бокових рам візків, надресорних балок або буксових вузлів системи ШІ можуть розпізнавати тріщини, втомні руйнування, сліди перегріву, корозійні пошкодження й ознаки пластичної деформації. Особливо ефективним є застосування комп'ютерного зору для аналізу фотоматеріалів, отриманих під час експертного огляду. Нейронні мережі згортового типу здатні автоматично ідентифікувати тип пошкодження, локалізувати його на зображенні та визначити ступінь розвитку дефекту. Це суттєво підвищує швидкість проведення первинної технічної оцінки та зменшує вплив суб'єктивного фактору.

Важливий напрям — прогнозування залишкового ресурсу елементів рухомого



складу. Використовуючи дані щодо пробігу, режимів навантаження, умов експлуатації та раніше зафіксованих пошкоджень, алгоритми ШІ можуть прогнозувати ймовірність відмови окремих вузлів. Це особливо актуально для колісних пар, підшипникових вузлів, гальмівного обладнання та елементів ресорного підвішування, де відмова може безпосередньо вплинути на безпеку руху.

У межах судово-експертного дослідження такі системи можуть застосовуватися не лише для діагностики поточного стану, а й для реконструкції процесу деградації елементів. Наприклад, аналізуючи форму тріщини та характер пошкодження металу, система може визначити, чи мав дефект ознаки тривалого розвитку, чи виник він безпосередньо внаслідок залізнично-транспортної пригоди [5].

Окрему практичну цінність має застосування ШІ під час дослідження динамічної взаємодії системи «колесо — рейка». На основі масивів даних про вертикальні та горизонтальні прискорення, коливання кузова, рамні сили та контактні напруження можна виявляти передумови до сходження з рейок, дефекти геометрії коліс і порушення роботи елементів візка.

До того ж необхідно зазначити, що застосування ШІ в експертній діяльності не може повністю замінити експерта. Результати, отримані за допомогою алгоритмів машинного навчання, мають розглядатися як допоміжний інструмент для формування обґрунтованого висновку експерта. Остаточне рішення щодо технічного стану об'єкта, причин виникнення пошкоджень та їхнього впливу на працездатність рухомого складу приймається виключно експертом на основі комплексного аналізу всіх матеріалів справи.

Доцільним напрямом подальшого розвитку є впровадження інтелектуальних систем підтримки експертного дослідження, орієнтованих на автоматизований аналіз технічних параметрів, результатів діагностичних вимірювань та візуальних ознак пошкоджень елементів рухомого складу. Застосування таких рішень дає змогу оперативно обробляти

значні обсяги даних, виявляти приховані закономірності деградації конструктивних елементів і підвищувати достовірність експертного дослідження.

Отже, застосування технологій ШІ під час визначення технічного стану рухомого складу слід розглядати як один із важливих напрямів удосконалення процесу дослідження технічного стану рухомого складу в судовій залізнично-транспортній експертизі. Їх застосування сприяє прискоренню процесу дослідження, підвищенню точності виявлення дефектів під час оглядів рухомого складу і, як результат, формуванню більш обґрунтованих висновків експерта.

Перелік джерел посилання

1. Бобир Д. В., Болжеларський Я. В. Встановлення технічного стану рухомого складу залізниць у судовій залізнично-транспортній експертизі. *Теорія та практика судової експертизи і криміналістики*. 2010. № 10. С. 484—491.
2. From automation to autonomy: Exploring agentic AI in ITSM. *World Journal of Advanced Engineering, Technology and Science (WJAETS)*. 2025.
3. Копаєв О. В. Алгоритм як модель алгоритмічного процесу. *Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання*. 2003. Вип. 6. С. 206—213. URL: <https://enpuirb.udu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/51e72f51-bdca-47b5-8a91-de00e7ac603e/content> (дата звернення: 20.03.2026).
4. Батіг А., Грицишин П., Кузишин А., Мілянчик А., Возняк О., Терещак Ю. Розробка алгоритму дослідження технічного стану ходових частин вагонів під час їх сходу з рейок. *Енергооптимальні технології, логістика та безпека на транспорті* : міжнар. наук.-практ. конф. (Львів, 18—19.09.2019). Львів, 2019. DOI: 10.1051/mateconf/201929403005 (дата звернення: 20.03.2026).
5. Батіг А. В. Застосування методів машинного навчання в задачах судової залізнично-транспортної експертизи. *Вплив інновацій на розвиток судової експертизи: від традиційних методів до цифрової трансформації* : мат-ли Всеукр. наук.-практ. конф. (Львів, 26.04.2024). Львів, 2024.