МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

V-ї МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

«ТРАНСПОРТ: НАУКА ТА ПРАКТИКА»

21-22 травня 2026 р.



Україна, Київ – Одеса

обладнання де електромагнітна хвиля має мінімальне спотворення та меншу втрату потужності. Якщо відсутнє обладнання високочастотного зв'язку на ЛЕП можливі альтернативні варіанти встановлення датчиків хвилі з використанням конденсаторів зв’язку: безпосередньо на ЛЕП із підключенням до фазних проводів та всередині комірки на кабельних вводах лінії.

Висновки. Таким чином встановлено, що використання високочастотних датчиків у колах системи електропостачання дозволяє виділити фронт електромагнітної хвилі, необхідний для визначення міток часу при хвильовому визначенні місця ушкодження, що підтверджує ефективність їх застосування.

slider2012slider@gmail.com,
oleksandr.sereda@khpi.edu.ua,
o.semenenko@khai.edu

УДК 656.2:004.89

Скуріхін Д. І., к.т.н., доц, Ловська А. О., д.т.н., проф.,
Равлюк В. Г., д.т.н., проф., Рибін А. В. к.т.н., доц.,
Бондаренко В.В. к.т.н., доц.
Український державний університет залізничного транспорту, Україна

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ АНАЛІЗУ СПЕКТРОГРАМ АКУСТИЧНИХ СИГНАЛІВ ВЗАЄМОДІЇ КОЛЕСА І РЕЙКИ

Анотація. *У статті розглянуто застосування нейронних мереж для аналізу спектрограм акустичних сигналів взаємодії колеса і рейки з метою автоматизованого моніторингу технічного стану рухомого складу. Наведено результати експериментальних вимірювань акустичних сигналів під час проходження поїздів, виконано побудову та експертну розмітку спектрограм. Для автоматичної класифікації сигналів використано згорткову нейронну мережу на основі MobileNet. Проведене навчання моделі дозволило*

ідентифікувати характерні типи акустичних сигналів: ударну взаємодію колеса і рейки, шум кочення, аеродинамічний шум та скрегіт у кривих ділянках колії.

Проблематика. Сучасні інформаційно-вимірювальні системи моніторингу технічного стану транспортних об'єктів потребують ефективних методів обробки великих масивів вимірювальних даних. У сфері залізничного транспорту особливу актуальність має своєчасне виявлення дефектів колісних пар під час руху поїзда, оскільки такі пошкодження безпосередньо впливають на безпеку руху та надійність експлуатації рухомого складу. Одним із перспективних джерел діагностичної інформації є акустичні сигнали, що виникають у зоні контакту колесо–рейка. Традиційні методи аналізу таких сигналів базуються на спектральному аналізі, однак складна структура шуму та велика кількість зовнішніх факторів ускладнюють виділення інформативних ознак. Тому актуальним є застосування методів штучного інтелекту, зокрема нейронних мереж, для автоматизованого аналізу спектрограм акустичних сигналів у складі інформаційно-вимірювальних систем діагностики.

Основні матеріали дослідження. Для автоматичної класифікації спектрограм шумів рухомого складу була використана модель згорткової нейронної мережі, навчена за допомогою платформи Teachable Machine.

Модель навчалась розпізнавати характерні типи акустичних сигналів:

– ударна взаємодія колеса і рейки;

– шум кочення;

– аеродинамічний шум (вітер);

– скрегіт у кривих ділянках колії.

Для підготовки даних до навчання спектрограми було розділено на квадратні фрагменти однакового розміру. Це дозволило перетворити безперервний акустичний сигнал на набір стандартизованих зображень, що містять локальні часово-частотні ознаки та можуть використовуватись як навчальні приклади для класифікації нейронною мережею.

Архітектура моделі базується на попередньо навченому CNN-екстракторі ознак типу MobileNet, який використовується для автоматичного виділення

просторово-частотних патернів спектрограм. На основі отриманого вектора ознак формується класифікаційний шар, що визначає ймовірність належності сигналу до відповідного класу. Навчання моделі виконується шляхом мінімізації функції втрат крос-ентропії з використанням алгоритму градієнтного спуску.

На рисунку 1 представлено процес навчання нейронної мережі у середовищі Teachable Machine. Для формування навчального набору даних було створено кілька класів сигналів, що відповідають різним джерелам шуму: ударна взаємодія колеса з рейкою (Impact), шум вітру (Wind), шум кочення коліс по рейці (Rolling), а також скрегіт у кривих ділянках колії (Screech). Кожен клас містив набір спектрограм, сформованих із експериментальних акустичних записів, отриманих під час проходження поїзда.

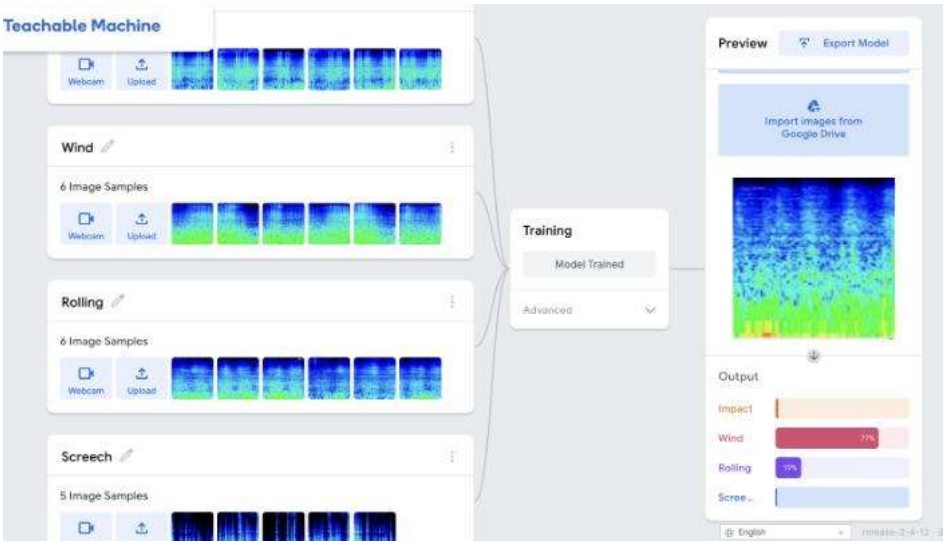


Рисунок 1 – Результат роботи моделі по розпізнаванню спектрограми вітру

Після формування навчальної вибірки було виконано навчання нейронної мережі для задачі класифікації спектрограм. У правій частині рисунка наведено результат тестування моделі на новому зразку спектрограми, що містить переважно акустичний сигнал вітру, а також компоненти шуму кочення. Модель визначила найбільш ймовірний клас Wind з імовірністю 77 %, тоді як імовірність належності сигналу до класу Rolling становила 19 %, що відповідає фактичній структурі сигналу, де присутні як аеродинамічний шум, так і фоновий шум руху поїзда.

На рисунку 2 видно, що модель визначила клас Impact з імовірністю 92 %, тоді як імовірність належності сигналу до класів Wind, Rolling та Screech була незначною і не перевищувала кількох відсотків. Такий розподіл імовірностей свідчить про чітку ідентифікацію характерних ознак ударної взаємодії колеса та рейки

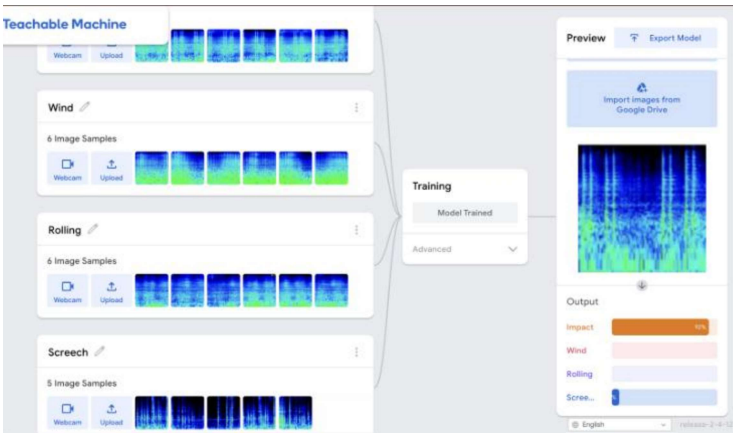


Рисунок 2 – Результат роботи моделі по розпізнаванню спектрограми ударної взаємодії колеса з рейкою

Високе значення ймовірності для класу Impact 92 % свідчить про достатню якість навчання моделі та її здатність впевнено виділяти інформативні ознаки ударної взаємодії серед інших типів акустичних сигналів. Таким чином, для даного тестового зразка модель продемонструвала коректну роботу та правильну класифікацію спектрограми, що підтверджує ефективність використаного підходу для автоматизованого розпізнавання імпульсних акустичних подій у системі моніторингу рухомого складу.

Висновки. У роботі запропоновано підхід до обробки акустичних сигналів взаємодії колеса і рейки на основі нейронних мереж. Експериментальні вимірювання виконано під час проходження 204 пасажирських, 282 вантажних вагонів та 38 вагонів електропоїздів у діапазоні швидкостей 5–80 км/год. На основі отриманих акустичних записів побудовано спектрограми та виконано їх експертну розмітку, що дозволило сформувати навчальну вибірку для моделі машинного навчання. Для класифікації сигналів використано згорткову нейронну мережу на базі MobileNet. Результати тестування показали, що модель

розпізнає характерні акустичні події з імовірністю до 99 %, що підтверджує ефективність застосування нейронних мереж у системах акустичного моніторингу технічного стану рухомого складу.

Подяка. Дане дослідження проведено в рамках науково-дослідної роботи "Підвищення безпеки руху залізничного рухомого складу шляхом впровадження інтегрованих технологій підтримки життєвого циклу" (ДР 0125U001907), яка виконується за рахунок коштів державного бюджету України з 2025 р.

Література.

1. Molodova, M., Li, Z., Dollevoet, R. *Axle box acceleration: Measurement and simulation for detection of short track defects.*Mechanical Systems and Signal Processing, 2014. https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2013.10.011

2. Zhang, W., Li, Z., Dollevoet, R. *Rail defect detection using axle box acceleration measurements.* Mechanical Systems and Signal Processing, 2018. https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2017.10.020

3. Li, Z., Molodova, M., Núñez, A. *Condition monitoring of railway infrastructure and vehicles based on vibration measurements.* Sensors, 2020. https://doi.org/10.3390/s20051472

4. Antoni, J. *The spectral kurtosis: A useful tool for characterising non-stationary signals.* Mechanical Systems and Signal Processing, 2006. https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2004.09.001

5. Randall, R., Antoni, J. *Rolling element bearing diagnostics — A tutorial.* Mechanical Systems and Signal Processing, 2011. https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2010.07.017

6. Zhao, R., Yan, R., Chen, Z., Mao, K., Wang, P., Gao, R. *Deep learning and its applications to machine health monitoring.* Mechanical Systems and Signal Processing, 2017. https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2016.11.030

7. Lei, Y., Li, N., Guo, L., Li, N., Yan, T., Lin, J. *Machinery health prognostics: A systematic review.* Mechanical Systems and Signal Processing, 2020. https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2019.106587

8. Zhang, Y., Qin, Y., Mao, Y. *Deep learning for intelligent fault diagnosis in mechanical systems.* IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2021. https://doi.org/10.1109/TIE.2020.2972442

9. Peng, Z., Chu, F. *Application of wavelet transform in machine condition monitoring.* Mechanical Systems and Signal Processing, 2004. https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2003.09.007

10. Jia, F., Lei, Y., Lin, J., Zhou, X., Lu, N. *Deep neural networks: A promising tool for fault characteristic mining.* Mechanical Systems and Signal Processing, 2016. https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2015.10.025

11. Скуріхін Д. І., Ловська А. О., Равлюк В. Г., Рибін А. В. Цифрові технології підтримки життєвого циклу залізничного рухомого складу: аналітика та вектори розвитку. Розвиток транспорту. 2025. № 3(26). С. 113–125. DOI: https://doi.org/10.33082/td.2025.3-26.08.

12. Bondarenko V. V., Skurikhin D. I., Vizniak R. I., Ravlyuk V. H., Skurikhin V. I. Experimental study of the method and device for wheel-sets acoustic monitoring of railway cars in motion. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. 2019. № 4. С. 30–37. https://doi.org/10.29202/nvngu/2019-4/7.

skurikhin@i.ua

alyonaLovskaya.vagons@gmail.com

ravvg@ukr.net

rybinandrey2006@gmail.com

bonvya@ukr.net

УДК 629.4.018

Фомін О.В., д.т.н, проф., Прокопенко П.М., PhD

Національний транспортний університет, Україна

Іванченко. Д.А., к.т.н.

ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»

ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПЕРЕД ДОПУСКОМ ЇХ ДО ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Анотація. *У роботі розглядаються особливості контролю міцності та динамічних характеристик вантажних вагонів за допомогою сучасних вимірювальних систем, що застосовуються перед допуском рухомого складу до експлуатації на коліях загального користування.*

Ловська А.О. ВИЗНАЧЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ХВИЛЬОПОДІБНИХ ЛИСТІВ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ОБШИВКИ СТІН НАПІВВАГОНІВ 348

Плекан У.М. РОЛЬ ЛЮДСЬКОГО ФАКТОРУ В ПІДВИЩЕННІ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИМІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ 352

Сакно О.П., Клещевников Д.В., Переверзєв Є.М., Медведєв Є.П. ДОСВІД СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ ДО ДІАГНОСТИКИ АВТОМОБІЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ 355

Семененко Ю.О., Середа О.Г., Семененко О.Д. ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЯ ПОШКОДЖЕННЯ ЗОВНІШНІХ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ ТЯГОВИХ ПІДСТАНЦІЙ ЗАЛІЗНИЦЬ 359

Скуріхін Д.І., Ловська А.О., Равлюк В.Г., Рибін А.В., Бондаренко В.В. ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ АНАЛІЗУ СПЕКТРОГРАМ АКУСТИЧНИХ СИГНАЛІВ ВЗАЄМОДІЇ КОЛЕСА І РЕЙКИ 363

Фомін О.В., Прокопенко П.М. ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПЕРЕД ДОПУСКОМ ЇХ ДО ЕКСПЛУАТАЦІЇ 368

Фомін О.В., Козинка О.С., Безлуцький В.О. ВПЛИВ МУЛЬТИФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОКРИТТІВ НА ОСНОВІ ПОЛІКАРБОНАТУ НА ПАРАМЕТРИ ДЕМПФУВАННЯ ТА ЖОРСТКОСТІ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ 373

Фомін О.В., Терещук М.П. РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОСТОРОВОЇ ГЕОМЕТРИЧНОЇ МОДЕЛІ РАМИ ДРЕЗИНИ ВАНТАЖНОЇ КРАНОВОЇ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ РІЗНИХ РЕЖИМІВ НАВАНТАЖЕНЬ 377

Хара М.В., Макогон І.О., Коваленко М.С. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПАРКУ ВАГОНІВ-ХОПЕРІВ МЕТАЛУРГІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА 380

Чуйко С.П. АНАЛІЗ РИЗИКІВ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ У ВОЄННИЙ СТАН 382