

**ТЕЗИ СТЕНДОВИХ ДОПОВІДЕЙ ТА ВИСТУПІВ
УЧАСНИКІВ КОНФЕРЕНЦІЇ**

**HIGHLIGHTS OF REPORTS AND PRESENTATIONS OF
PARTICIPANTS TO THE CONFERENCE**

для досягнення найбільш оптимального способу доставки вантажів споживачам.

[1] Кісь С. Я. Інтелектуалізація діяльності підприємства: основні визначення і поняття / С. Я. Кісь // «Молодий вчений». – 2015. - №3 (18). – С.72-76.

УДК 339.138

*А.О. Лямзін д.т.н., проф.
Державний університет «Київський
Авіаційний Інститут» (м. Київ)*

ВПЛИВ ПРОЦЕСА ДІДЖІТАЛІЗАЦІЇ НА СИСТЕМУ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

IMPACT OF THE DIGITALIZATION PROCESS ON THE RAIL TRANSPORT SYSTEM

Розвиток і впровадження цифрових технологій сьогодні є ключовою передумовою успішного функціонування бізнесу, адже вони підвищують конкурентоспроможність компаній, сприяють зростанню їх продуктивності та водночас зменшують витрати організацій. Поняття «цифровізація» (від англ. *digitalization*) означає інтеграцію інформаційних та комп'ютерних технологій у бізнес-процеси й суспільне життя загалом [1]. Вона стала одним із головних чинників розвитку сучасної економіки та охоплює різні сфери, зокрема транспорт.

Залізничний транспорт посідає особливе місце у транспортній інфраструктурі, адже має стратегічне значення для економіки держав. Упродовж останніх років цифрові рішення активно впроваджуються в залізничну галузь, що забезпечує підвищення її ефективності та посилення позицій на ринку. Розглянемо основні економічні вигоди від цифровізації залізничного транспорту:

1. Скорочення операційних витрат.

Однією з першочергових переваг цифровізації є зниження витрат на експлуатацію. Автоматизовані системи управління допомагають оптимізувати рух поїздів, зменшити витрати палива та знос інфраструктури. Так, використання систем контролю руху в реальному часі дозволяє уникати заторів, скорочувати час простою та підвищувати пропускну здатність мережі.

2. Підвищення пропускну здатності та швидкості обслуговування. Використання інтелектуальних систем управління та автоматизованих станцій забезпечує кращу організацію транспортних потоків, мінімізує

затримки та збільшує швидкість обслуговування. Це дає змогу ефективніше перевозити вантажі й пасажирів. Наприклад, технології аналізу великих даних дозволяють прогнозувати оптимальні маршрути та час доставки, що зменшує ризики втрат і затримок.

3. Поліпшення безпеки та зменшення ризиків.

Впровадження сучасних систем моніторингу, дистанційного керування та відеоспостереження робить перевезення безпечнішими, знижуючи ймовірність аварій та інцидентів. Це, у свою чергу, зменшує витрати на страхування й компенсацію збитків.

4. Оптимізація управління та ухвалення рішень.

Цифрові системи дозволяють у режимі реального часу збирати та аналізувати дані про роботу транспорту. Це відкриває можливості для точнішого прогнозування попиту, гнучкого встановлення тарифів, ефективнішого використання персоналу та ресурсів. Аналіз інформації також допомагає виявити найприбутковіші напрямки і скорочувати витрати на менш рентабельних маршрутах.

5. Екологічні переваги.

Цифровізація сприяє не лише економії коштів, а й екологічній сталості. Системи контролю витрат палива, управління енергоспоживанням та оптимізована логістика зменшують обсяги викидів вуглекислого газу та інших шкідливих речовин.

[1] Рябошлик В. А. Четверта промислова революція: небачені можливості і передбачувані виклики. Економіст. 2017. №. 6. С. 1–28. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/econ_2017_6_3 (дата звернення: 24.09.2025).

УДК 625.17:004.932

*к.т.н. Змій С.О., аспірант Ткаленко М.С.
Український державний університет
залізничного транспорту (м. Харків)*

ОГЛЯД СИСТЕМ ТА АЛГОРИТМІВ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ДЕФЕКТІВ ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ МАШИННОГО ЗОРУ

Традиційні методи діагностики залізничної колії покладаються на ручний візуальний огляд інспекторами мають суттєві недоліки. Вони є трудомісткими, повільними, суб'єктивними та пов'язані з високим ризиком для персоналу, який

змушений працювати в безпосередній близькості до колій. Крім того, ручний огляд не дозволяє виявляти внутрішні дефекти рейок (наприклад, тріщини втоми) та геометричні відхилення, які проявляються лише під динамічним навантаженням рухомого складу. Застарілі регуляторні норми, які в деяких країнах не змінювалися десятиліттями, додатково стримують впровадження сучасних технологій. Ці проблеми зумовлюють необхідність переходу до систем автоматизованої інспекції колії (Automated Track Inspection, ATI). ATI знаменує собою парадигмальний зсув від реактивної моделі обслуговування «знайти та виправити» до проактивної та предиктивної стратегії «прогнозувати та запобігати». Завдяки вищій частоті, точності та об'єктивності перевірок, автоматизовані системи генерують великі масиви даних, що є основою для аналізу тенденцій зносу, прогнозування відмов та оптимізації капіталовкладень в інфраструктуру.

У доповіді показано, що сучасні системи ATI використовують комплексний підхід до збору даних, поєднуючи різні платформи та сенсори для створення цілісної цифрової моделі залізничної інфраструктури. Наземні комплекси, що встановлюються на діагностичних вагонах або інтегруються в рухомий склад, є основою для моніторингу магістральних шляхів. До їх складу входять: високошвидкісні лінійно-скануючі камери для отримання детальних зображень поверхні рейок, шпал та елементів кріплення; системи 3D-лазерного профілювання, які одночасно фіксують 2D-зображення та 3D-хмару точок для точного вимірювання геометрії колії (ширина, рівень, профіль зносу головки рейки); безконтактні ультразвукові дефектоскопи для виявлення внутрішніх тріщин у рейках; та георадари (Ground Penetrating Radar, GPR) для аналізу стану баластної призми та виявлення підповерхневих аномалій.

Обробка даних, отриманих від сенсорних систем, є ключовим етапом діагностики. Історично першими застосовувалися класичні методи обробки зображень, що базувалися на ручній розробці ознак. Ці підходи використовували порогову сегментацію в різних колірних просторах (наприклад, HSI для зменшення впливу освітлення), алгоритми виявлення країв та аналіз текстури за допомогою фільтрів Габора або дескрипторів LBP. Головним недоліком таких методів є їх низька узагальнююча здатність та чутливість до змін умов освітлення та навколишнього середовища. Революцію в автоматичній діагностиці здійснили методи глибокого навчання (Deep Learning), зокрема згорткові нейронні мережі (Convolutional Neural Networks, CNN), які здатні автоматично вивчати ієрархічні ознаки дефектів безпосередньо з вихідних даних. Сучасним стандартом для виявлення дефектів

у режимі реального часу є моделі детектування об'єктів. Їх можна розділити на дві основні родини: двостадійні детектори (наприклад, сімейство R-CNN), що забезпечують високу точність, та одностадійні (наприклад, YOLO, SSD), які пріоритезують швидкість обробки. Моделі сімейства YOLO (You Only Look Once) завдяки своїй архітектурі, що розглядає детектування як єдину регресійну задачу, досягають продуктивності, достатньої для аналізу зображень на швидкості руху поїзда, що робить їх оптимальним вибором для систем моніторингу в реальному часі. Паралельно розвиваються нові архітектури, такі як Vision Transformers (ViT), що використовують механізми уваги для аналізу глобального контексту зображення. Моделі на основі трансформерів, наприклад RailTrack-DaViT, демонструють вищу точність у класифікації дефектів на специфічних наборах даних, що відкриває нові перспективи для підвищення надійності діагностики.

Впровадження систем машинного зору трансформує підходи до технічного обслуговування, забезпечуючи перехід до предиктивного обслуговування (Predictive Maintenance, PdM). Аналіз часових рядів даних про стан колії за допомогою алгоритмів машинного навчання дозволяє не просто констатувати наявність дефекту, а й прогнозувати його розвиток та ймовірний час відмови елемента інфраструктури. Це дає змогу оптимізувати планування ремонтних робіт, скоротити незаплановані простої, продовжити термін служби активів та суттєво підвищити рівень безпеки. Майбутній розвиток галузі пов'язаний з глибшою інтеграцією штучного інтелекту, Інтернету речей (концепція "Internet of Trains") та автономних роботизованих комплексів. Ключовим викликом залишається проблема даних: для навчання високоефективних моделей глибокого навчання потрібні великі, різноманітні та якісно анотовані набори даних, створення яких є складним та ресурсомістким завданням. Вирішення цієї проблеми, зокрема через використання синтетичних даних та нових архітектур, як-от Swin Transformer, є пріоритетним напрямком досліджень.

Перелік посилань

- Wang, T.; Yang, F.; Tsui, K.-L. Real-Time Detection of Railway Track Component via One-Stage Deep Learning Networks. *Sensors* 2020, 20, 4325. <https://doi.org/10.3390/s20154325>.
- Hasslinger, G.; Ntougias, K.; Hasslinger, F.; Hohlfeld, O. Scope and Accuracy of Analytic and Approximate Results for FIFO, Clock-Based and LRU Caching Performance. *Future Internet* 2023, 15, 91. <https://doi.org/10.3390/fi15030091>.

9. Wang Z. et al. CBAM-SwinT-BL: An Enhanced Swin Transformer with Bottleneck Layer and CBAM for Rail Surface Defect Detection. arXiv preprint arXiv:2409.20113. 2024.
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2409.20113>.

УДК 004.946:625.2:378

М.В. Ушаков

*Український державний університет
залізничного транспорту*

НИЗКОБЮДЖЕТНЕ VR/AR СЕРЕДОВИЩЕ З ВІДКРИТИМ КОДОМ У ПІДГОТОВЦІ ІНЖЕНЕРІВ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ

Системи залізничної автоматики (світлофори, стрілочні переводи, автоблокування) є складними для засвоєння студентами без доступу до реального обладнання. Системи віртуальної (VR) та доповненої реальності (AR) вже зарекомендували себе в технічній освіті. Вони підвищують мотивацію студентів, дозволяють відпрацьовувати аварійні сценарії та формують навички роботи з автоматикою без ризику пошкодження обладнання [1, 2]. Водночас вартість сучасних тренажерів на основі VR/AR технологій залишається високою: професійні VR-системи (Oculus Rift, HTC Vive) коштують сотні доларів, що обмежує їх застосування у вищих навчальних закладах України. Тому актуальним є пошук доступних і низькобюджетних рішень з використанням відкритого ПЗ.

Існують відкриті платформи для розробки VR/AR додатків: Unity (безкоштовна версія для освіти), Godot Engine (повністю open source), Blender для 3D моделювання,

AR.js та Google ARCore для мобільних AR-сценаріїв.

Дослідження показують, що навіть прості VR-рішення на основі смартфонів забезпечують значний навчальний ефект [3]. Пропонується створення низькобюджетного VR/AR середовища для навчання спеціальностей залізничної автоматики, що включає:

- апаратна частина: смартфон + картонна гарнітура (типу Google Cardboard, ціна ≈

10–15 \$);

- програмна частина: Unity або Godot для моделювання залізничних пристроїв;
- AR-режим: використання камери смартфона для накладення підказок на схеми, друківані плакати, макети при роботі в аудиторії.

Очікувані результати та ефективність: гнучкість - використання відкритого ПЗ дозволяє викладачам модифікувати контент під власні навчальні плани; практична користь - можливість відпрацювання аварійних сценаріїв, які неможливо змоделювати у реальній лабораторії; перспективність: такі рішення можна масштабувати для дистанційної освіти, коли не тільки студенти виконують лабораторні завдання з дому але й працівники залізничного транспорту можуть підвищувати кваліфікацію у зручний час.

Подальші дослідження можуть бути пов'язані з:

- інтеграцією VR/AR з системами SCADA,
- створенням мультикористувачьких VR-лабораторій,
- використанням елементів штучного інтелекту для аналізу дій студентів.

Література

- 1 Скларов, М. В., Шаповалов, О. І., Черненко, П. В., Семенченко, С. В., Кашканов, А. А., Кашканов, В. А. Використання технології доповненої реальності у підготовці фахівців з експлуатації та ремонту багатоцільової броньованої військової техніки. Вісник машинобудування та транспорту, 17(1), 153–162. <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2023-17-1-153-162>
- 2 Змій С. О. Розробка спеціалізованих навчальних програм для фахівців із залізничної автоматики в Україні з використанням симуляції та віртуальної реальності / С. О. Змій, Міхрібан Алмамедова // Міжнародна транспортна інфраструктура, індустріальні центри та корпоративна логістика: матеріали двадцять першої наук.-практ. міжнарод. конф. (5-6 червня 2025 р.). - Харків: УкрДУЗТ, 2025. - С. 40-42.
- 3 Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., Wohlgenannt, I. A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design