

**ТЕЗИ СТЕНДОВИХ ДОПОВІДЕЙ ТА ВИСТУПІВ
УЧАСНИКІВ КОНФЕРЕНЦІЇ**

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

обчислювальних задач і забезпечує масштабованість мережі у випадку зростання кількості користувачів та пристроїв.

Одним із ключових інструментів дослідження виступають графові моделі, у яких вузли відповідають мережевим елементам, а ребра — каналам зв'язку з їх характеристиками. Кластеризацію в такій постановці можна розглядати як задачу пошуку оптимальних спільнот у графі з урахуванням пропускної здатності, затримки та надійності каналів. Використання графових моделей дозволяє інтегрувати статичні властивості мережі з актуальними параметрами трафіку та робить процес аналізу більш прозорим і формалізованим.

У сучасних роботах активно вивчаються можливості застосування графових нейронних мереж (GNN) для кластеризації. Цей підхід дозволяє поєднати локальні характеристики вузлів із глобальною структурою мережі. На основі історичних даних GNN здатні передбачати оптимальні структури кластерів, швидко адаптуватися до змін навантаження та забезпечувати самонавчання системи. Це робить їх перспективним інструментом для роботи в динамічних і невизначених умовах.

Таким чином, дослідження методів багаторівневої ієрархічної кластеризації є перспективним напрямом досліджень у галузі телекомунікаційних систем з розподіленою обробкою даних. Вони здатні забезпечити масштабованість, адаптивність і ефективність мереж, а також створюють основу для подальшого розвитку інтелектуальних алгоритмів розподілу потоків, оптимізації обчислювальних ресурсів та реалізації концепції самокерованих мереж.

УДК 656.254:621.396

*PhD О.В. Щєбликіна, аспірант Р.М. Кабин
Український державний університет
залізничного транспорту (м. Харків)*

УНІФІКОВАНА АРХІТЕКТУРА ГІБРИДНИХ ОПТОВОЛОКОННО- РАДІОЧАСТОТНИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ЗАСТОСУНКУ

В умовах повномасштабної війни та подальшої повоєнної відбудови роль залізничного транспорту для України набула стратегічного значення. Масштабні руйнування інфраструктури, з одного боку, та курс на європейську інтеграцію, з іншого, створюють унікальне вікно можливостей для технологічного стрибка. Замість відновлення застарілих аналогових систем зв'язку, "Укрзалізниця" має змогу впровадити передову комунікаційну архітектуру, що відповідає майбутнім стандартам європейських залізниць. Глобальним трендом сьогодні є перехід від стандарту GSM-R, що базується на технології 2G і термін підтримки якого добугає кінця, до Системи мобільного зв'язку майбутнього для залізниць (Future Railway Mobile Communication System, FRMCS) на основі технології 5G. Актуальність цього переходу для України підкріплюється нещодавнім рішенням Кабінету Міністрів України про виділення необхідних смуг радіочастот для потреб FRMCS, що створює міцну регуляторну основу для модернізації.

Пропонована у доповіді уніфікована архітектура є гібридною системою, що поєднує два технологічні шари: високошвидкісну транспортну мережу на основі технології "Радіо-по-волокну" (Radio-over-Fiber, RoF) та рівень радіодоступу на базі 5G-R (5G for Railways). Технологія RoF, що передбачає передачу радіочастотних сигналів безпосередньо по волоконно-оптичному кабелю, ідеально підходить для лінійної топології залізниць. Вона забезпечує абсолютну стійкість до потужних електромагнітних завад від контактної мережі та тягового рухомого складу, має надзвичайно низьке затухання сигналу та дозволяє реалізувати архітектуру централізованої мережі радіодоступу (C-RAN). У такій моделі складне та дороге обладнання для обробки сигналів (Baseband Units, BBU) консолідується в захищених центральних вузлах, а вздовж колій розміщуються лише прості та надійні виносні радіомодулі (Remote Radio Heads, RRH). Це кардинально спрощує технічне обслуговування, знижує експлуатаційні витрати та підвищує загальну надійність системи.

Рівень радіодоступу на базі 5G-R надає гнучкі можливості для підтримки широкого спектра залізничних сервісів. Ключовою перевагою 5G є технологія сегментації мережі (Network Slicing), яка

дозволяє створювати на базі єдиної фізичної інфраструктури кілька віртуальних, логічно ізольованих мереж з різними характеристиками.

Впровадження уніфікованої гібридної оптоволоконно-радіочастотної мережі є стратегічним імперативом для України. По-перше, це забезпечує повну технічну сумісність (інтероперабельність) з європейською залізничною системою, що є обов'язковою умовою для повноцінної інтеграції в транс'європейську транспортну мережу (TEN-T) та усунення логістичних вузьких місць на кордонах з ЄС. По-друге, це створює технологічну основу для всеосяжної цифрової трансформації залізниці, підвищення її ефективності, безпеки та конкурентоспроможності.

Використання глобального стандарту 5G, на відміну від нішевого GSM-R, надає доступ до широкої екосистеми виробників, що знижує сукупну вартість володіння та ризики, пов'язані з ланцюгом постачання. Таким чином, повоєнна відбудова надає унікальний шанс не просто відновити зруйноване, а збудувати "краще, ніж було", перетворивши українську залізницю на одного з технологічних лідерів у Європі.

Перелік посилань

1 Впровадження мережі радіозв'язку FRMCS для залізниці дасть змогу підвищити безпеку перевезень – НКЕК // Інтерфакс-Україна. 2024. URL: <https://interfax.com.ua/news/general/1066085.html> (дата звернення: 20.09.2025).

2 Future Railway Mobile Communication System (FRMCS) : brochure / International Union of Railways. 2020. URL: https://uic.org/IMG/pdf/brochure_frmcs_v2_web.pdf (дата звернення: 20.09.2025).

3 Design of an FRMCS 5G E2E System for Future Rail Operation : Study Report / Ericsson, Deutsche Bahn. 2021. URL: https://digitale-schiene-deutschland.de/Downloads/StudyReport_Ericsson_DB_FRMCS_5G_Design.pdf (дата звернення: 20.09.2025).

УДК 656.2:004.932.2

здобувачі освіти Шмонін Є.О., Калашиник М.О.

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

АВТОМАТИЗОВАНА ІДЕНТИФІКАЦІЯ ВАГОНІВ НА СОРТУВАЛЬНИХ ГІРКАХ

Ручна ідентифікація номерів вагонів ("списування") є ключовим вузьким місцем у залізничній логістиці, що призводить до операційних

помилкок, обмежує пропускну здатність та створює значні ризики для безпеки персоналу. Комп'ютерний зір на основі глибокого навчання пропонує трансформаційне рішення, що дозволяє перейти до гнучкої, інтелектуальної системи моніторингу з високою точністю та швидкістю, одночасно знижуючи витрати та підвищуючи безпеку. Попри унікальні виклики, пов'язані з деградованими та нестандартизованими даними, сучасні архітектури глибокого навчання здатні забезпечити надійне розпізнавання номерів, пропонуючи значну рентабельність інвестицій та створюючи платформу для майбутньої цифрової трансформації залізниць.

У доповіді запропонована система, яка працює як багатоетапний конвеєр. В основі лежать згорткові нейронні мережі (CNN), які автоматично вивчають необхідні ознаки з зображень. На практиці часто використовується гібридний підхід: швидкий детектор YOLO для локалізації номера в реальному часі та більш точна архітектура ResNet для розпізнавання самих символів.

Основна складність полягає в низькому співвідношенні сигнал/шум, на відміну від стандартизованих автомобільних номерів. Ключові виклики включають операційні змінні (погодні умови та освітлення (день/ніч), деградація та невідповідність (номери вагонів не мають єдиного стандарту, часто є вицвілими, вкритими брудом, іржею або пошкодженими). Критичною проблемою є трафаретні (сегментовані) номери, які збивають з пантелику стандартні алгоритми OCR. Система використовує багатоетапну архітектуру для послідовного зменшення невизначеності. Для досягнення швидкості обробки в реальному часі (<1.5 секунди на вагон) необхідне використання графічних процесорів з технологією CUDA.

Проведені дослідження демонструють високу точність розпізнавання, що сягає 95-99% за сприятливих умов. Справжня цінність системи полягає в її інтеграції з системами управління залізницею, що дозволяє створити "цифрового двійника" станції та автоматизувати логістичні процеси в реальному часі. Та ж інфраструктура може бути використана для додаткових завдань, як-от виявлення пошкоджень або класифікація типів вагонів.

Таким чином, автоматизоване розпізнавання є не просто заміною ручної праці, а фундаментальним елементом для реалізації концепції «Індустрії 4.0» для залізниць. Ця технологія є ключовою передумовою для подальшої автоматизації, включаючи розумну логістику та автономну маневрову роботу, забезпечуючи перехід до цифрової та, врешті-решт, автономної залізничної системи.