

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет залізничного транспорту



ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ

VI МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

ПРОГРАМА КОНФЕРЕНЦІЇ



ITT2025

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ

**Тези доповідей 6-ої міжнародної
науково-технічної конференції**

«ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

Харків 2025

6-а міжнародна науково-технічна конференція «Інтелектуальні транспортні технології», Харків, 24–26 листопада 2025 р.: Тези доповідей. – Харків: УкрДУЗТ, 2025. – 300 с.

Збірник містить тези доповідей науковців вищих навчальних закладів України та інших країн, підприємств транспортної та машинобудівної галузей за чотирьма напрямками: розвиток інтелектуальних технологій при управлінні транспортними системами; транспортні системи та логістика; інтелектуальне проектування та сервіс на транспорті; функціональні матеріали та технології при виготовленні та відновленні деталей транспортного призначення.

© Український державний університет
залізничного транспорту, 2025

МІЖДИСЦИПЛІНАРНИЙ ТРАНСФЕР АЛГОРИТМІЧНИХ ПАРАДИГМ ДЛЯ СТВОРЕННЯ АВТОНОМНИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ СИСТЕМ

INTERDISCIPLINARY TRANSFER OF ALGORITHMIC PARADIGMS FOR THE CREATION OF AUTONOMOUS RAILWAY SYSTEMS

*М.Ю. Куш, PhD О.В. Щебликіна науковий керівник
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*М. Yu. Kushch, O. V. Shcheblykina (Scientific Supervisor) PhD (Tech.)
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Сучасна парадигма автоматизації залізничного транспорту, що базується на системах CBTC та ETCS, досягла певного технологічного плато, де подальший рух до повної автономності на магістральних лініях стримується фундаментальними архітектурними обмеженнями, а не недосконалістю існуючих алгоритмів. Ключовими бар'єрами є залежність від колійної інфраструктури для гарантування вільності колії, складність забезпечення моніторингу цілісності поїзда (ТІМ) без тотальної модернізації вагонного парку, а також реактивна природа поточних систем планування, нездатних до миттєвої адаптації у непередбачуваному "відкритому" середовищі [1].

У доповіді запропоновано змінити вектор досліджень та здійснити трансфер зрілих технологічних рішень з інших доменів - автономного водіння, робототехніки, ройового інтелекту та сучасної логістики. Для переходу до роботи у відкритому світі критично важливо наділити локомотив власним "зором", адаптувавши стек Sensor Fusion з індустрії автономних автомобілів, що поєднує камери для семантичного розуміння, LiDAR для точної 3D-геометрії та радары для роботи в складних погодних умовах. Замість класифікації нескінченної множини типів перешкод пропонується семантична сегментація на два класи: безпечна зона колії та аномалії, що кардинально змінює задачу з "розпізнати невідому загрозу" на "підтвердити відсутність аномалій". Для локалізації доцільно перейти від класичних фільтрів Калмана до Фільтрів Частинок, що дозволить ефективно вирішувати проблеми мультимодальної невизначеності при виїзді з тунелів та негауссового шуму багатопроменевого поширення в міських каньйонах [2].

Проблему ТІМ, що застопорила впровадження ETCS Level 3, пропонується вирішити через адаптацію авіонічних принципів, використовуючи автономні кінцеві пристрої (EOTD) з диференціальним GNSS та IMU на останньому вагоні, які створюють незалежний канал підтвердження цілісності через порівняння

векторів стану та моніторинг тиску в гальмівній магістралі. Такий підхід усуває необхідність дорогої модернізації всього парку, вимагаючи лише обладнання локомотивів та один автономний блок на состав.

В області управління пропонується гібридна дворівнева архітектура, запозичена з мобільної робототехніки: стратегічний рівень залишається за Model Predictive Control для глобальної енергоефективної оптимізації, тоді як тактичний рівень посилюється алгоритмами інкрементного перепланування, такими як D* Lite, здатними миттєво генерувати безпечні локальні траєкторії при виявленні сенсорами раптових перешкод. Для реалізації концепції Віртуального зчеплення доцільно перейти від жорстких алгоритмів консенсусу до біоінспірованих підходів Swarm Intelligence, зокрема моделі Voids та методу штучних потенційних полів (APF), що дозволить поїздам у групі децентралізовано підтримувати безпечну динамічну формацію через три прості правила: розділення, вирівнювання та згуртованість [3, 4].

На рівні управління мережею статичні розклади повинні поступитися місцем динамічним методам з логістики, таким як Adaptive Large Neighborhood Search, який через ітеративне руйнування та відновлення частини розкладу дозволяє диспетчерським системам адаптуватися до збоїв за секунди, що незрівнянно швидше за повний перезапуск генетичних алгоритмів. У середньостроковій перспективі перспективними є Liquid Neural Networks для адаптивних контролерів, що навчаються в реальному часі без перенавчання, та fog computing архітектура для зменшення латентності критичних рішень. У довгостроковій перспективі розподіл пропускну здатності може бути делегований самим поїздам через механізми теорії ігор та автоматизовані аукціони, де кожен агент автономно домовляється про пріоритет проходження без централізованої диспетчеризації.

Таким чином, інтеграція перевірених методів із суміжних високотехнологічних галузей через модульну архітектуру є найбільш ефективним шляхом до подолання існуючих технологічних бар'єрів та досягнення справжньої автономності на залізниці, усуваючи фундаментальні прогалини на стику фізичного та цифрового світів.

- [1] Barruffo, Lorenzo & Caiazzo, Bianca & Petrillo, Alberto & Santini, Stefania. (2024). A GoA4 Control Architecture for the Autonomous Driving of High-Speed Trains Over ETCS: Design and Experimental Validation. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. PP. 1-16. 10.1109/TITS.2023.3338295.
- [2] Ullah, Inam & Su, Xin & Zhang, Xuewu & Choi, Dongmin & Hou, Zhenguo & Zhu, Jinxiu. (2020). Evaluation of Localization by Extended Kalman Filter, Unscented Kalman Filter, and Particle Filter-Based Techniques. Wireless Communications and Mobile Computing. 2020. 15. 10.1155/2020/8898672.
- [3] Kong, Huifang & Zhang, Qian. (2022). Path Planning for Collision Avoidance Based on Artificial Potential Field with Vehicle Dimension Constraint. 5371-5376. 10.23919/CCC55666.2022.9901691.
- [4] Ahmadvand, Reza & Sharifi, Safura & Banad, Yaser. (2024). Swarm Intelligence in Collision-free Formation Control for Multi-UAV Systems with 3D Obstacle Avoidance Maneuvers. 10.48550/arXiv.2412.12437.