

**THE IMPACT OF “SMART” DIGITAL TECHNOLOGIES
ON THE INNOVATIVE DEVELOPMENT
OF ROAD TRANSPORT**

**ВПЛИВ «РОЗУМНИХ» ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НА ІННОВАЦІЙНИЙ РОЗВИТОК
АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ**

З поглибленням розвитку П'ятої промислової революції (Індустрія 5.0) інтелектуальна цифрова економіка стала важливим двигуном економічного розвитку в усіх країнах, поступово стаючи ключовою рушійною силою сталого економічного та соціального розвитку. Цифрові технології, що підтримуються великими даними, хмарними обчисленнями, 5G, Інтернетом речей (IoT) та штучним інтелектом (ШІ), призвели до глибоких змін у різних країнах та галузях промисловості по всьому світу, зокрема, у ЄС, США, Китаї, інших країнах та регіонах.

У цьому контексті значення цифрових «розумних» технологій у розвитку транспортного сектору дедалі більше виходить на перший план, і вантажний автомобільний транспорт не є винятком. Китай розглядає високоякісний розвиток автомобільного транспорту як стратегічну підтримку для прискорення економічного та соціального прогресу. Відповідно до «Концепції побудови потужної транспортної держави» та «Національного комплексного тривимірного планування транспортної мережі», Китай представив свій перший п'ятирічний план розвитку автомобільного транспорту, «14-й п'ятирічний план розвитку доріг», який наголошує на просуванні шляху, зосередженого на високоякісному розвитку автомобільного транспорту, зумовленому розширенням цифрових можливостей та інноваціями [1].

Зокрема, високоякісний розвиток автомобільного транспорту керується інноваціями та принципами зеленого низьковуглецевого розвитку, узгодженими з національними стратегіями, і досягається шляхом спільної оптимізації структур дорожньої мережі, підвищення

якості послуг та інтенсивного використання ресурсів. Цифрові «розумні» технології відіграють вирішальну роль у цьому процесі [2]. З одного боку, автомобільний транспорт є найбільшим фактором споживання ресурсів та забруднення навколишнього середовища серед різних видів транспорту, що робить його зелений перехід безпосередньо пов'язаним з досягненням цілей вуглецевої нейтральності та високоякісного розвитку. Як революційна інновація, цифрові технології глибоко змінюють організаційні форми та моделі створення вартості традиційних галузей промисловості. У випадку секторів з високим енергоспоживанням та високим рівнем забруднення цифрова трансформація стала ключовим шляхом до подолання вузьких місць у розвитку та досягнення сталого та високоякісного зростання, і діяльність підприємств сектору автомобільного транспорту не є винятком.

Цифрові технології мають потенціал докорінно реструктуризувати моделі переміщення персоналу та товарів, тим самим створюючи систематичний вплив на попит на транспорт, споживання енергії та вплив на навколишнє середовище. Наприклад, інтелектуальні транспортні системи розглядаються як ефективний захід для досягнення цілей енергозбереження та скорочення викидів у транспортному секторі [5]. Цифрові платформи, що базуються на даних, не лише сприяють оптимізації розподілу транспортних ресурсів у режимі реального часу, але й забезпечують ефективні шляхи для зменшення загального вуглецевого сліду. З іншого боку, цифрові технології, з їхнім значним технологічним ефектом побічного впливу, змінюють притаманну логіку та моделі розвитку дорожньо-транспортної системи. Впровадження технології цифрових двійників дозволило точніший та ефективніший розподіл ресурсів у транспортних системах. Завдяки використанню інтелектуальних датчиків Інтернету речей (IoT) та машинного навчання, можна просунути цифровізацію автомобільних доріг, тим самим покращуючи безпеку дорожнього руху, що сприятиме безпеці діяльності підприємств вантажного автомобільного транспорту.

Отже, оскільки передові технології, такі як великі дані, штучний інтелект та IoT, глибоко інтегровані, операційна ефективність, рівень безпеки та якість обслуговування автомобільних перевезень значно покращилися. Ця інтеграція може фундаментально змінити розподіл елементів, моделей управління та інноваційних екосистем транспортних систем, тим самим сприяючи високоякісному розвитку автомобільних перевезень.

Слід зазначити, що цифрова трансформація транспортного сектору також вважається ключовим шляхом для Індії до досягнення сталого розвитку. Також у Європі ширша цифровізація визнається важливим фактором стримування зростання споживання енергії в транспортному секторі.

Важливим напрямком впливу цифрових розумних технологій на інноваційний розвиток автомобільного транспорту виступає інтеграція автономних транспортних засобів у поєднанні з продуманим маршрутизуванням та методами екологічного водіння. Емпіричні дослідження показують, що: 100% впровадження акумуляторних електромобілів може скоротити викиди CO₂ на 75%, але проблеми з інфраструктурою та витратами зберігаються; гібридні електромобілі досягають помірного скорочення викидів CO₂ (35–40%), тоді як електронне паливо передбачає обмежене скорочення на 5% [3]. Також потрібно підкреслити важливу роль еко-маршрутів та стратегій еко-водіння у скороченні викидів та покращенні часу подорожі. Інтеграція автономних транспортних засобів з прогноною маршрутизацією демонструє додаткові переваги у скороченні викидів та оптимізації транспортних потоків.

Використання транспортних засобів, що працюють на альтернативних видах палива, таких як електроенергія, водень та біопаливо, вважається ідеальним способом обмеження шкідливих викидів від транспортних засобів. Однак, наявність ресурсів для сталого використання цих альтернативних видів палива, можливі ризики та їхня доля в кінці терміну служби часто ставляться під сумнів, що вимагає детальної оцінки факторів, що впливають на використання всіх трьох видів альтернативного палива для транспортних засобів. Хоча транспортні засоби, що працюють на акумуляторах та паливних елементах, є «локально» транспортними засобами з нульовим рівнем викидів, вони мають дефіцит ресурсів, обмеження інфраструктури та є відносно дорогими, що обмежує їх проникнення на ринок вантажного автомобільного транспорту та сприйняття споживачами. Хоча біопаливо може використовуватися в існуючих транспортних засобах, забезпечення необхідної кількості сировини все ще залишається складним завданням. Подолання цих проблем є вирішальним та критично важливим кроком для сталого використання цих альтернативних видів палива як основного транспортного палива.

Безсумнівно, що сектор автомобільного транспорту потребує масштабної трансформації для досягнення довгострокових цілей

мінімізації негативного впливу зміни клімату та зниження рівня забруднення в транспортному секторі. Масштабне використання екологічно чистих електромобілів та мінімально забруднюючого біопалива було запропонованим та широко підтриманим рішенням як на національному, міжнародному, так і на глобальному рівнях. Такий перехід може бути здійснено поступово, і підприємства досліджуваного сектору, які здійснюють його на нинішньому етапі, реалізують прогресивні інноваційні кроки, пов'язані як і орієнтиром на досягнення цілі сталого розвитку, так і на економічність (екологічне паливо є дешевшим порівняно із викопним).

Перспективи впровадження розумних цифрових технологічних інновацій (цифрових датчиків, технологій управління маршрутами, цифрових технологій виробництва відновлюваних джерел енергії, цифрових інтелектуальних рішень керування електродвигуном транспортного засобу) є багатообіцяючими [4]. А саме, зі зниженням вартості технологій та стандартизацією правил виникне можливість розвитку автопарків важких та комерційних екологічно чистих транспортних засобів, оснащених передовими системами зв'язку, інтелектуальними системами штучного інтелекту, здатними навчатися та адаптуватися до реальних дорожніх умов.

Література:

1. Li P., Chen K., Liu L., Hou Z., Yang D., Zhang H. Dual effects of digital technology on high quality development of road transportation in Heilongjiang Province China. *Scientific Reports*. 2025. Vol. 15. 30779. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-11878-y>
2. Sabet S., Farooq B. Exploring the combined effects of major fuel technologies, eco-routing, and eco-driving for sustainable traffic decarbonization in downtown Toronto. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2025. Vol. 192. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2025.104385>.
3. Sandaka B.P., Kumar J. Alternative vehicular fuels for environmental decarbonization: A critical review of challenges in using electricity, hydrogen, and biofuels as a sustainable vehicular fuel. *Chemical Engineering Journal Advances*. 2023. Vol. 14. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.100442>.
4. Visconti P., Rausa G., Del-Valle-Soto C., Velázquez R., Cafagna D., De Fazio R. Innovative Driver Monitoring Systems and On-Board-Vehicle Devices in a Smart-Road Scenario Based on the Internet of Vehicle Paradigm: A Literature and Commercial Solutions Overview. *Sensors*. 2025. Vol. 25 (2). P. 562. DOI: <https://doi.org/10.3390/s25020562>
5. Zhong X., Duan Z., Liu C., Chen W. Research on the coupling mechanism and influencing factors of digital economy and green technology innovation in Chinese urban agglomerations. *Scientific Reports*. 2024. Vol. 14. 5150. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-55854-4>