

## МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМАХ

М.С. Галактіонов<sup>1\*</sup>, В.І. Бредун

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»,  
Полтава, Україна

\*E-mail для листування: nikolay@galaktionov.com

**Отримано:** 06 травня 2025; **Прийнято:** 05 червня 2025

**Цитувати як:** Галактіонов М. С., Бредун В. І. (2025). Моделювання та прогнозування в інтелектуальних транспортних системах. *Проблеми охорони праці в Україні*, 41(1–2), 93–97.

У великих промислових містах, таких як Кривий Ріг, викиди автотранспорту стають дедалі серйознішою проблемою. Інтенсивний рух автотранспорту та велика кількість автомобілів, що не відповідають сучасним екологічним стандартам, суттєво погіршують стан атмосферного повітря. Одним із перспективних рішень є впровадження інтелектуальних транспортних систем (ІТС), що об'єднують сучасні технології збору, аналізу та управління даними. У дослідженні підкреслено важливість інтеграції ІТС із системами екологічного моніторингу, що дозволяє оцінювати вплив транспорту на якість повітря в реальному часі. Це особливо актуально для міст із високим промисловим навантаженням, де екологічні ризики значно посилюються через поєднання транспортних і промислових викидів. Дослідження спрямоване на розробку інтегрованої системи для оптимізації транспортних потоків у поєднанні з екологічним моніторингом міста Кривий Ріг. Запропонована система базується на використанні адаптивних світлофорів, моніторингових платформ і прогнозних моделей, які дозволяють аналізувати транспортні потоки в динаміці. Інтеграція прогнозних моделей із системою «зелена хвиля» забезпечує мінімізацію часу простою транспорту на світлофорах, знижуючи викиди шкідливих речовин. Моделі також враховують сезонні та добові зміни інтенсивності руху, що дозволяє ефективно розподіляти транспортні потоки в часі та просторі. Результати дослідження демонструють, що впровадження таких систем сприяє зниженню екологічного навантаження в найбільш забруднених районах, оптимізації використання міської інфраструктури та покращенню якості життя мешканців. В умовах Кривого Рогу використання інтегрованої платформи допоможе вирішити актуальні проблеми забруднення повітря, викликані як транспортними, так і промисловими викидами.

**Ключові слова:** забруднення повітря, системи прогнозування, викиди автотранспорту, інтелектуальні транспортні системи, екологічний вплив, міський трафік

## MODELING AND FORECASTING IN INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS

Mykola Halaktionov<sup>1\*</sup>, Viktor Bredun

National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava, Ukraine

\*Corresponding email: nikolay@galaktionov.com

**Received:** 06 May 2025; **Accepted:** 15 June 2025

**Cite as:** Halaktionov, Mykola, Bredun, Viktor (2025). Modeling and forecasting in intelligent transportation systems. *Labour Protection Problems in Ukraine*, 41(1–2), 93–97.

In large industrial cities such as Kryvyi Rih, vehicle emissions are becoming an increasingly severe issue. The intense traffic flow and a significant number of vehicles that fail to meet modern environmental standards greatly deteriorate air quality. One of the promising solutions is the implementation of intelligent transportation systems (ITS), which integrate modern technologies for data collection, analysis, and management. The study emphasizes the importance of integrating ITS with environmental monitoring systems, enabling real-time assessment of transport impact on air quality. This is particularly relevant for cities with high industrial loads, where environmental risks are exacerbated by the combined effects of transportation and industrial emissions. The research focuses on the development of an integrated system for optimizing traffic flows in conjunction with environmental monitoring in Kryvyi Rih. The proposed system is based on adaptive traffic lights, monitoring platforms, and predictive models, which enable dynamic analysis of traffic flows. The integration of predictive models with a "green wave" system minimizes vehicle idling time at traffic lights, reducing harmful emissions. The models also account for seasonal and daily variations in traffic intensity, enabling efficient distribution of traffic flows in time and space. The results demonstrate that implementing such systems reduces environmental pressure in the most polluted areas, optimizes urban infrastructure use, and improves residents' quality of life. In Kryvyi Rih, utilizing an integrated platform will help address pressing air pollution problems caused by both transportation and industrial emissions.

**Keywords:** air pollution, forecasting systems, vehicle emissions, intelligent transportation systems, environmental impact, urban traffic.

**Постановка проблеми і аналіз останніх досліджень і публікацій.** Зростання кількості автомобілів у містах створює серйозні виклики для їх інфраструктури та навколишнього середовища. З одного боку, це призводить до перевантаження дорожньої мережі, що спричиняє затори, підвищує рівень шумового забруднення та знижує загальну ефективність транспортної системи. З іншого боку, збільшення кількості автомобілів, особливо тих, що не відповідають сучасним екологічним стандартам, значно підсилює рівень забруднення атмосферного повітря. Це

проявляється у зростанні концентрацій шкідливих речовин, таких як CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> та твердих часток, що негативно впливають на здоров'я населення та екосистему.

Одним із перспективних варіантів вирішення проблеми забруднення повітря та перевантаження інфраструктури в містах є впровадження інтелектуальних транспортних систем (ІТС). Ці системи об'єднують передові технології збору, аналізу та управління даними, щоб оптимізувати рух транспорту, зменшити час у заторах і, відповідно, знизити рівень викидів забруднюючих речовин.

### Аналіз джерел досліджень та публікацій.

Численні міжнародні дослідження підкреслюють важливість впровадження ІТС. Дослідження підтверджують, що розвиток ІТС нерозривно пов'язаний із прогресом у галузі транспортної навігації. Завдяки сучасним навігаційним технологіям, таким як GPS, системи прогнозування трафіку та інтегровані платформи управління маршрутами ІТС стають більш ефективними та точними [1–2].

Впровадження ІТС сприяє значному покращенню мобільності населення завдяки оптимізації транспортних потоків, зниженню часу у заторах та підвищенню ефективності використання дорожньої інфраструктури [3]. Системи інтелектуального управління також застосовуються для більш ефективного регулювання руху в місцях масового скупчення людей, таких як вокзали, аеропорти, стадіони та торгові центри. Вони допомагають оптимізувати транспортні потоки, забезпечуючи швидке та безпечне пересування пішоходів і транспортних засобів [4–5].

У сучасних дослідженнях значна увага приділяється питанню екологічності ІТС. Основна мета впровадження таких рішень – зменшення негативного впливу транспорту на навколишнє середовище [6].

**Невирішені аспекти проблеми.** Незважаючи на наявність сучасних систем для впровадження ІТС та моніторингу і прогнозування забруднення повітря, залишається низка невирішених проблем. Основною з них є відсутність реальної інтеграції між даними про транспортні потоки та показниками якості атмосферного повітря, особливо в містах із великим промисловим навантаженням і розвинутою транспортною мережею, наприклад, таких як Кривий Ріг.

Відсутність такої інтеграції призводить до обмеженої ефективності існуючих екологічних програм і транспортних стратегій. Зокрема, дані про інтенсивність руху, типи транспортних засобів і маршрути не враховуються при розробці заходів з покращення якості повітря. Це ускладнює прийняття оперативних рішень, таких як зміна маршрутів або регулювання транспортних потоків у реальному часі для зменшення викидів у найбільш забруднених зонах. Крім того, без інтеграції з даними моніторингу повітря неможливо точно оцінити вплив транспортних заходів на екологію, що ускладнює планування ефективних довгострокових стратегій. У містах, де до проблем транспорту додається значне промислове навантаження, відсутність єдиної системи даних значно посилює складність управління екологічними ризиками.

Для вирішення цієї проблеми необхідно створити інтегровану платформу, яка об'єднує інформацію про транспортні потоки, показники забруднення повітря та дані про діяльність промислових підприємств. Це дозволить не лише здійснювати більш точний аналіз впливу транспорту на якість повітря, але й забезпечити можливість оперативно реагувати на екологічні виклики.

**Постановка завдання.** Це дослідження спрямоване на розробку інтегрованої системи, яка дозволяє оптимізувати транспортні потоки в поєднанні з інфраструктурою екологічного моніторингу міста Кривий Ріг. Основне завдання полягає в об'єднанні інтелектуальних транспортних систем та системи управління екологічною безпекою шляхом:

- створення інтегрованої системи, що забезпечує ефективне управління транспортними потоками та одночасно враховує екологічні фактори;
- прогнозування змін якості повітря залежно від транспортної ситуації та погодних умов;

- прийняття рішень щодо мінімізації забруднення повітря через оптимізацію транспортних потоків;
- покращення екологічної ситуації в місті та підвищення якості життя мешканців.

**Результати дослідження.** Міські транспортні системи у великих містах стикаються зі значними викликами через застарілу систему управління дорожнім рухом, яка не відповідає сучасним вимогам ефективності та безпеки, а також через постійне зростання кількості транспортних засобів. Такі умови призводять до перевантаження транспортної інфраструктури, частих заторів, збільшення часу на дорогу та підвищення рівня забруднення повітря [7].

Застарілі методи управління, які базуються на фіксованих графіках роботи світлофорів чи статичних маршрутних схемах, більше не відповідають реаліям сучасних мегаполісів, де транспортний потік постійно змінюється. Збільшення кількості автомобілів, у тому числі приватного транспорту, створює додатковий тиск на дорожню інфраструктуру, яка не завжди здатна ефективно реагувати на ці зміни.

Для вирішення цих проблем необхідно впроваджувати сучасні технології, такі як ІТС, які дозволяють динамічно регулювати транспортні потоки залежно від реальної ситуації на дорогах. ІТС включають використання адаптивних світлофорів, систем моніторингу та прогнозування заторів, а також платформ для оптимізації маршрутів у реальному часі. Такі рішення не лише допомагають зменшити затори, але й сприяють зниженню викидів шкідливих речовин за рахунок скорочення часу простою транспорту [8].

Крім того, інтеграція транспортних систем з екологічним моніторингом та прогнозними моделями дозволяє враховувати вплив дорожнього руху на стан повітря та приймати відповідні заходи для його покращення. У поєднанні з розвитком громадського транспорту та стимулюванням використання екологічно чистих альтернатив, таких як електромобілі або велосипеди, це сприяє створенню більш сталого та комфортного міського середовища.

Інтелектуальні транспортні системи, засновані на даних про рівень забруднення атмосферного повітря, мають потенціал для ефективного перерозподілу транспортних потоків з метою зменшення екологічного навантаження. Завдяки інтеграції даних з екологічних моніторингових станцій та систем управління дорожнім рухом, такі ІТС можуть оперативно виявляти ділянки з підвищеним рівнем забруднення та спрямовувати транспортні потоки в альтернативні зони.

Наприклад, якщо на певній ділянці дороги спостерігається перевищення гранично допустимих концентрацій (ГДК) шкідливих речовин у повітрі, система може автоматично змінити налаштування світлофорів, обмежити рух вантажного транспорту або запропонувати альтернативні маршрути для автомобілістів. Такі рішення допоможуть не лише зменшити концентрацію шкідливих речовин у повітрі, але й уникнути перевантаження окремих ділянок транспортної мережі.

Крім того, використання ІТС у поєднанні з прогнозними моделями дозволяє передбачати зони можливого забруднення залежно від інтенсивності руху, погодних умов та особливостей міської забудови. Це дає змогу вчасно реагувати на потенційні проблеми та розробляти стратегії управління потоками ще до того, як ситуація стане критичною.

Такі інноваційні підходи сприяють створенню більш екологічно сталих міських середовищ, забезпечуючи

баланс між потребами транспортної системи та збереженням якості повітря для здоров'я мешканців.

Застосування прогнозних моделей є важливим інструментом для підвищення ефективності організації систем моніторингу забруднення повітря та впровадження таких рішень, як система «зелена хвиля», особливо у промислових містах, таких як Кривий Ріг.

Прогнозні моделі дозволяють аналізувати дані про інтенсивність транспортних потоків, погодні умови, рівень забруднення повітря та інші фактори, щоб передбачати можливе перевищення концентрацій шкідливих речовин на певних ділянках дороги. Це особливо актуально для міст із високим промисловим навантаженням, де автомобільний транспорт і промислові підприємства створюють значне екологічне навантаження.

Інтеграція таких моделей із системою «зелена хвиля» – адаптивним регулюванням світлофорів для забезпечення безперервного руху транспорту, дозволяє значно зменшити час простою на світлофорах, а отже, знизити викиди шкідливих речовин від автотранспорту. Для Кривого Рогу це може стати ефективним рішенням, враховуючи значну кількість транспортних потоків та їхній вплив на атмосферне повітря у поєднанні з викидами від промислових підприємств.

Крім того, прогнозні моделі дозволяють оптимізувати маршрути громадського та вантажного транспорту, перенаправляючи їх у зони з меншим рівнем забруднення. Це забезпечить зниження екологічного навантаження в найбільш проблемних районах міста.

Завдяки прогнозним моделям і сучасним транспортним системам можна не лише зменшити рівень забруднення, але й підвищити загальну ефективність міської транспортної інфраструктури.

За допомогою прогнозних моделей можна ефективно прогнозувати добові та сезонні зміни рівня

забруднення атмосферного повітря викидами автотранспорту, використовуючи дані про переміщення транспортних засобів у межах міста.

Ці моделі дозволяють аналізувати транспортні потоки в різні години доби, враховуючи пікові навантаження, такі як ранкові та вечірні години, а також зміни активності в різні пори року. Наприклад, у зимовий період може спостерігатися підвищення викидів у зв'язку з прогрівом двигунів автотранспорту, а у літній сезон зростає кількість автомобілів у зонах відпочинку чи туристичних місцях.

На основі цих даних система може прогнозувати рівень концентрації шкідливих речовин, таких як оксиди азоту (Nox), оксиду вуглецю (CO) і дрібнодисперсних часток (PM), у різних районах міста залежно від часу доби та сезонного навантаження.

У містах із високою транспортною інтенсивністю, наприклад, Кривий Ріг, використання таких моделей дозволяє виявляти найбільш критичні часові періоди та місця підвищеного забруднення. Це дає можливість вчасно впроваджувати регулюючі заходи, а саме: аналіз транспортних потоків, адаптація світлофорів, обмеження руху важкого транспорту або стимулювання використання громадського транспорту в певні години.

Прогнозування добових і сезонних змін також допомагає краще інтегрувати транспортну систему з екологічним моніторингом, надаючи міській адміністрації інструменти для прийняття рішень щодо зменшення екологічного навантаження. Зокрема, це може включати створення «зелених коридорів» або зон з обмеженим рухом у періоди високого забруднення.

За даними фактичних досліджень, проведених у межах основних автомагістралей міста Кривий Ріг, побудовано прогнозні моделі добової інтенсивності руху та потужності викидів по оксидам вуглецю (CO) та діоксиду азоту (NO<sub>2</sub>) від різних типів транспорту та відображені на графіках рис. 1.

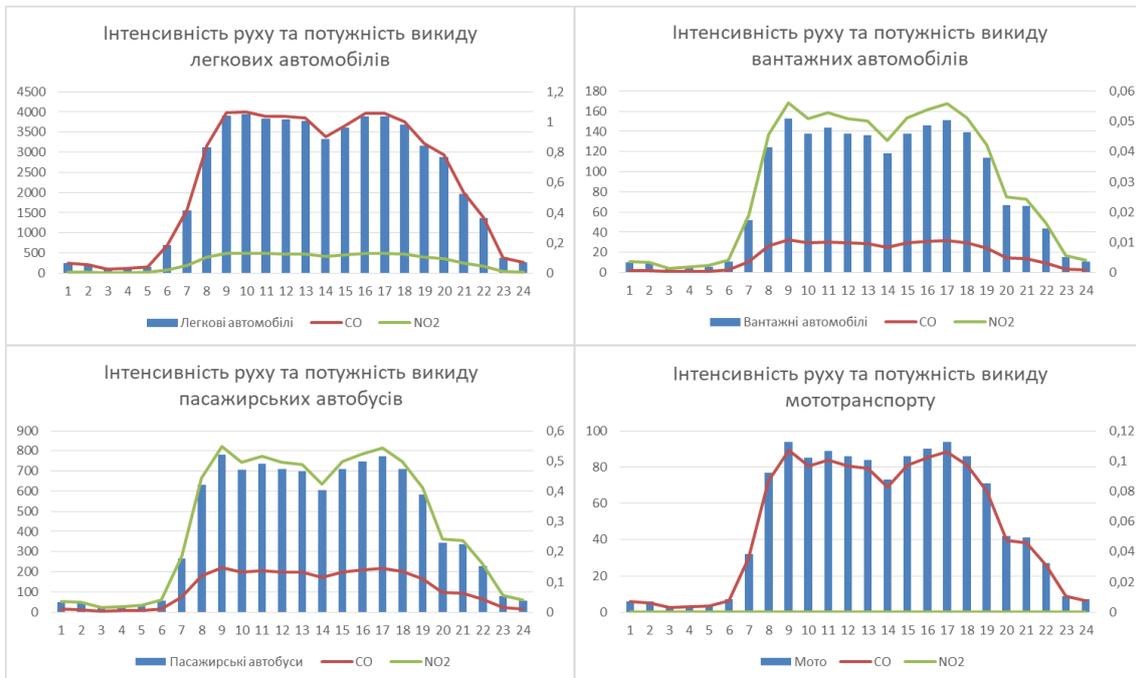


Рисунок 1 – Графіки добової інтенсивності руху та потужності викидів

У процесі дослідження встановлено, що пікові інтервали інтенсивності руху припадають на ранкові (8:00–11:00) та вечірні (15:00–18:00) години. Ця інформація має ключове значення для планування заходів

із зменшення негативного впливу автотранспорту на атмосферне повітря. У ці періоди, коли навантаження на дорожню мережу є максимальним, відбувається значне збільшення концентрацій забруднюючих речовин, таких

як оксиди вуглецю (CO) і діоксид азоту (NO<sub>2</sub>), що може суттєво впливати на здоров'я населення, особливо в густонаселених районах поблизу транспортних магістралей.

Для підвищення точності прогнозування викидів доцільно використовувати дані, отримані з інтелектуальних транспортних систем, зокрема з камер відеоспостереження, датчиків руху, метеостанцій, постів екологічного моніторингу. Це дозволяє не лише відстежувати поточну ситуацію, а й ідентифікувати найбільш забруднені ділянки. Крім того, ефективним інструментом для аналізу та прогнозування розподілу забруднюючих речовин у атмосферному повітрі є математичні моделі дисперсії, такі як CALINE4, AERMOD, ADMS-Urban та ОНД-86. Їх використання дозволяє не лише оцінювати рівень забруднення, а й оптимізувати транспортні потоки в рамках інтелектуальних транспортних систем. Аналіз отриманих даних дає змогу регулювати рух у режимі реального часу, перенаправляючи транспортні потоки для зниження концентрації забруднюючих речовин у критичних зонах, що сприяє покращенню екологічної ситуації в місті.

Інтеграція отриманих даних з ІТС дозволяє автоматизувати процеси моніторингу, аналізу та управління транспортними потоками в реальному часі. Розуміння цих часових закономірностей дозволяє розробляти цілеспрямовані заходи для оптимізації руху транспорту, наприклад, шляхом впровадження адаптивного керування світлофорами, перенаправлення потоків у менш завантажені райони чи запровадження обмежень для вантажного транспорту в години пік. Крім того, ці дані є базою для прогнозування і моделювання сценаріїв зниження викидів, що дозволяє мінімізувати екологічне навантаження у найбільш критичні періоди. Тобто, врахування пікових інтервалів інтенсивності руху є важливим інструментом для підвищення ефективності заходів із покращення якості атмосферного повітря в місті.

Таким чином, прогнозні моделі є ключовим компонентом у розробці комплексного підходу до управління транспортними потоками та збереження якості повітря, особливо у містах із складною екологічною ситуацією, враховуючи як добові, так і сезонні аспекти транспортної активності.

Інтелектуальні транспортні системи здатні розпізнавати тип транспортних засобів, їхню модель, марку, рік випуску, тип палива та відповідність екологічним стандартам, таким як Євро-4, Євро-5, Євро-6 чи навіть перспективний стандарт Євро-7 [9]. Така деталізація даних дозволяє проводити більш точні прогнози щодо рівня забруднення та оцінювати вплив автотранспорту в межах автодоріг.

Завдяки інтеграції даних про екологічні стандарти, ІТС можуть враховувати відмінності у викидах для різних транспортних засобів залежно від їхнього класу. Наприклад, автомобілі, що відповідають стандарту Євро-6, мають значно нижчі рівні викидів оксидів азоту (NO<sub>x</sub>) та дрібнодисперсних часток (PM) порівняно з транспортом, який відповідає лише стандарту Євро-3 або Євро-4. Це особливо важливо для міст із високою транспортною інтенсивністю, таких як Кривий Ріг, де транспорт є суттєвим джерелом забруднення повітря.

ІТС також дозволяють визначати зони з підвищеним рівнем забруднення, де можна обмежити рух транспорту, що не відповідає сучасним екологічним стандартам. Наприклад, у зонах з найбільшим трафіком або поблизу житлових масивів можна вводити спеціальні режими руху для автомобілів із низькими екологічними класами,

стимулюючи перехід до використання електромобілів або транспортних засобів із меншими викидами.

Додатково розпізнавання екологічних стандартів допомагає створювати прогностичні моделі, що враховують зміну складу автопарку міста з часом, а також вплив нових технологій і екологічних регуляцій на якість повітря. Це стає основою для планування довгострокових стратегій щодо поліпшення екологічного стану міста, враховуючи як місцеві, так і глобальні тенденції.

Таким чином, інтеграція можливостей розпізнавання типу транспорту, екологічних стандартів і технічних характеристик в ІТС є важливим етапом у створенні комплексного підходу до управління транспортними потоками та зменшення їхнього впливу на навколишнє середовище.

На основі даних про рівні забруднення, отриманих за допомогою ІТС, можна здійснювати довгострокове планування та розробляти ефективні заходи для поліпшення стану навколишнього середовища та розвитку міської інфраструктури.

Такі дані дозволяють проводити детальний аналіз просторового та часового розподілу забруднень, визначати найбільш критичні зони та періоди, коли рівень шкідливих речовин у повітрі перевищує нормативні значення. Це є основою для прийняття обґрунтованих рішень щодо впровадження локальних або загальноміських екологічних ініціатив.

Зокрема, на основі отриманих даних можна:

- розробляти заходи для зменшення викидів у критичних зонах, наприклад, впроваджувати обмеження для руху транспорту, що не відповідає сучасним екологічним стандартам, або створювати «зелені зони» з обмеженням доступу для приватних автомобілів;

- оптимізувати транспортну інфраструктуру шляхом перенаправлення транспортних потоків, модернізації дорожньої мережі або впровадження адаптивних світлофорів для зниження заторів;

- планувати розвиток громадського транспорту, надаючи пріоритет екологічно чистим рішенням, таким як електробуси або велодоріжки, що сприяє зменшенню кількості приватних автомобілів на дорогах;

- розробляти довгострокові стратегії з озеленення міста, оскільки збільшення кількості зелених насаджень може сприяти зниженню рівня забруднення та покращенню мікроклімату в густонаселених районах.

Для промислових міст, таких як Кривий Ріг, інтеграція даних про забруднення в процес довгострокового планування дозволяє не лише зменшити вплив автотранспорту на навколишнє середовище, але й створити умови для підвищення якості життя населення. Завдяки такому підходу місто може рухатися до сталого розвитку, забезпечуючи баланс між економічним зростанням, екологічною безпекою та соціальними потребами.

**Висновки.** Для забезпечення сталого розвитку міської інфраструктури та підвищення якості повітря у промислових містах, таких як Кривий Ріг, необхідна інтеграція інтелектуальних транспортних систем (ІТС) із системами екологічного моніторингу. Проведені дослідження та прогнозовані моделі підтвердили, що пікові періоди інтенсивності руху припадають на ранкові (8:00–11:00) та вечірні (15:00–18:00) години, що супроводжується підвищенням концентрацій забруднюючих речовин, таких як оксид вуглецю (CO) і діоксид азоту (NO<sub>2</sub>).

Запропонована система інтегрує ІТС із прогнозними моделями та екологічними даними, що забезпечує як оперативне реагування на екологічні виклики, так і

довгострокове планування. Це дозволяє адаптивно керувати світлофорами за принципом «зеленої хвилі» для оптимізації транспортних потоків і перенаправляти рух у менш завантажені зони. Крім того, система прогнозує критичні зони забруднення, що дає змогу своєчасно впроваджувати регулюючі заходи.

ІТС із функцією аналізу типу транспорту, його екологічних характеристик і відповідності стандартам, таким як Євро-6, дозволяють проводити точніший моніторинг впливу транспорту на довкілля. Це дає можливість знизити кількість шкідливих викидів,

особливо у зонах із високою транспортною завантаженістю, та забезпечити оптимальне використання міської дорожньої інфраструктури.

Впровадження такої системи сприятиме комплексному підходу до управління транспортною мережею міста, забезпечуючи баланс між економічною ефективністю, екологічною безпекою та покращенням якості життя мешканців.

**Конфлікт інтересів.** Під час проведення дослідження щодо змісту статті конфлікту інтересів сторін не спостерігалось.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Катерна, О. К. (2018). Формування концепції інтелектуального управління на транспорті. *Електронне наукове фахове видання з економічних наук «Modern Economics»*, (9), 30–42. doi:10.31521/modecon.V9(2018)-04
2. Soltus, A., & Rud, M. (2021). Prospects for the application of the global high-speed, low latency broadband satellite internet in the field of road transport. *Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences*, (4(35)), 254–264. doi:10.32515/2664-262x.2021.4(35).254–264
3. Sankar, P., Joel, M. R., & Husain, A. J. (2023). Design and Implementation of Intelligent Traffic-Management System for Smart Cities using Roaming Agent and Deep Neural Network (RAD2N). *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*, 11(10s), 81–88. doi:10.17762/ijritcc.v11i10s.7598
4. Чередніченко, О., & Валацкене, А. (2022). Інтелектуальні транспортні системи як інструменти управління транспортними потоками (на прикладі м. Київ). *Містобудування та територіальне планування*, (80), 416–450. <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2022.80.416-450>
5. Zamri, M. A., & Hamzah, N. (2022). The Implementation of Intelligent Traffic Management System in Solving Traffic Congestion: A Survey of Federal Route 3214. *Journal of Physics: Conference Series*, 2319(1), 012032. doi:10.1088/1742-6596/2319/1/012032
6. Tomaszewska, E. J. (2021). Barriers related to the implementation of intelligent transport systems in cities - the Polish local government's perspective. *Engineering Management in Production and Services*, 13(4), 131–147. doi:10.2478/emj-2021-0036
7. Stepanchuk, O., Reizen, E., & Bieliatynskiy, A. (2014). Моделирование транспортных потоков на вулично-дорожной сети городов. *Proceedings of National Aviation University*, 2, 10–29.
8. Самчук, Г. О., & Копитков, Д. М. (2023). Методичні рекомендації до організації самостійної роботи та проведення практичних занять із навчальної дисципліни «Інтелектуальні транспортні системи» (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної і заочної форм навчання спеціальності 275», Транспортні технології (за видами). Харків: Харк. нац. акад. міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова.
9. Широкун, К. (2024, 14 травня). Від "Євро-0" до "Євро-6": Які стандарти викидів авто діють в Україні. Взято з <https://www.rbc.ua/rus/news/vid-evro-0-evro-6-ki-standarti-vikidiv-avto-1715631306.html>

#### REFERENCES

1. Katerna, O. (2018). Concept formulation of intelligent management in transport. *Modern Economics*, 9(1), 30–42. doi:10.31521/modecon.v9(2018)-04
2. Soltus, A., & Rud, M. (2021). Prospects for the application of the global high-speed, low latency broadband satellite internet in the field of road transport. *Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences*, (4(35)), 254–264. doi:10.32515/2664-262x.2021.4(35).254–264
3. Sankar, P., Joel, M. R., & Husain, A. J. (2023). Design and Implementation of Intelligent Traffic-Management System for Smart Cities using Roaming Agent and Deep Neural Network (RAD2N). *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*, 11(10s), 81–88. doi:10.17762/ijritcc.v11i10s.7598
4. Cherednichenko, O., & Valackienė, A. (2022). Intelligent transport systems as traffic flow management tool (the case of Kyiv). *Urban Development and Spatial Planning*, (80), 416–450. doi:10.32347/2076-815x.2022.80.416–450
5. Zamri, M. A., & Hamzah, N. (2022). The Implementation of Intelligent Traffic Management System in Solving Traffic Congestion: A Survey of Federal Route 3214. *Journal of Physics: Conference Series*, 2319(1), 012032. doi:10.1088/1742-6596/2319/1/012032
6. Tomaszewska, E. J. (2021). Barriers related to the implementation of intelligent transport systems in cities - the Polish local government's perspective. *Engineering Management in Production and Services*, 13(4), 131–147. doi:10.2478/emj-2021-0036
7. Stepanchuk, O., Reizen, E., & Bieliatynskiy, A. (2014). Modeliuvannia transportnykh potokiv na vulychno-dorozhniy merezhi mist. *Proceedings of National Aviation University*, 2, 10–29.
8. Samchuk, H. O., & Kopytkov, D. M. (2023). Metodychni rekomendatsii do orhanizatsii samostiinoi roboty ta provedennia praktychnykh zaniat iz navchalnoi dystsypliny «Intelektualni transportni systemy» (dlia zdobuvachiv pershoho (bakalavrskoho) rivnia vyshchoi osvity dennoi i zaочноi form navchannia spetsialnosti 275», Transportni tekhnolohii (za vydamy). Kharkiv: Khark. nats. akad. misk. hosp-va im. O. M. Beket.
9. K. Shyrokun, K. (2024, 14 travnia). Vid "Yevro-0" do "Yevro-6": Yaki standarty vykydiv avto diuit v Ukraini. Vziazto z <https://www.rbc.ua/rus/news/vid-evro-0-evro-6-ki-standarti-vikidiv-avto-1715631306.html>