

МОДЕЛЮВАННЯ ПОДАЧІ ТА ЗАВАНТАЖЕННЯ МІСЬКОГО ТРАНСПОРТУ НА ОСНОВІ ДАНИХ СИСТЕМИ «РОЗУМНЕ МІСТО»

Дослідження зосереджено на визначенні ключових характеристик диспетчеризації міського транспорту для забезпечення своєчасного подання на зупинки транспортних засобів відповідного розміру та маршрутів. За результатами моделювання інформаційних потоків здійснено оцінку впливу ініціатив «розумних міст» на міські транспортні системи та покращення відповідного обслуговування населення.

Ключові слова: диспетчеризація міського транспорту, обробка даних, експертні оцінки, моделювання інформаційних потоків, наповненість зупинок, розумне місто, енергонезалежний моніторинг.

Вирішення глобальної проблеми забезпечення міського населення належними транспортними послугами в рамках обмежених ресурсів спонукає міста інвестувати в інтелектуальні транспортні системи (ІТС) та інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ). Ці інвестиції спрямовані на оптимізацію використання існуючої транспортної інфраструктури з кінцевою метою покращення транспортних послуг, зменшення заторів, аварійності та забруднення повітря, і зрештою досягнення статусу «розумного міста». Важливо визначити ключові характеристики «розумних міст» (надалі – Smart City) та оцінити вплив ініціатив Smart City на розвиток міських транспортних систем та покращення відповідного обслуговування населення [1; 2]. Впровадження концепції «розумного міста» та включеної до неї системи розумного транспорту може мати значний вплив на сталий розвиток як окремих міст, так і всієї країни шляхом досягнення цілей сталого розвитку ООН (англ. UN Sustainable Development Goals, SDGs) [3]. Крім того, «розумні міста» характеризуються соціальною залученістю, фінансовою стабільністю, прийняттям рішень на основі аналізу даних, модулювання інформаційних потоків та їх експертних оцінок.

Для аналізу інформаційних потоків з системи міських пасажироперевезень особливого значення набувають методи аналізу великих даних у реальному часі. Використання методів аналізу великих даних включає кілька кроків, включаючи збір, зберігання, обробку та аналіз даних. Для обробки великих безперервних потоків даних потрібні такі передові аналітичні методи, як кластеризація, класифікація та алгоритми оптимізації [4]. Загалом, застосування методів роботи з великими даними вимагає поєднання інноваційних методів збору даних з їх аналізом у режимі реального часу, використання передових аналітичних інструментів та стратегічного підходу до управління даними. У сенсі аналізу транспортної логістики необхідно поєднувати вихідні дані від різних систем, таких як системи GPS-моніторингу транспортних засобів (ТЗ), системи управління гаражем ТЗ (GMS), системи взаємодії з клієнтами (CRM), АСУ перевізників тощо (рис. 1) у поєднанні з даними відповідних підсистем диспетчерської служби системи «Розумне місто». Розвиток систем управління транспортом здійснюється на базі широкого використання інформаційних технологій, IoT (Інтернету речей), зокрема в режимі реального часу, оптимізаційних алгоритмів зменшення часу очікування пасажирів міського транспорту на зупинках, використання техніко-експлуатаційних характеристик ТЗ для запобігання як її переповнення, так і недозавантаженості тощо [5]. Моделювання інформаційних потоків пасажироперевезення та подачі відповідного транспорту за місткістю та маршрутами на підставі накопичених даних 24/7 у розрізі часу доби, днів тижня, районів міста тощо сприяє покращенню громадської безпеки, запобіганню злочинній діяльності на транспорті, вирішенню поточних питань життя міста [6].

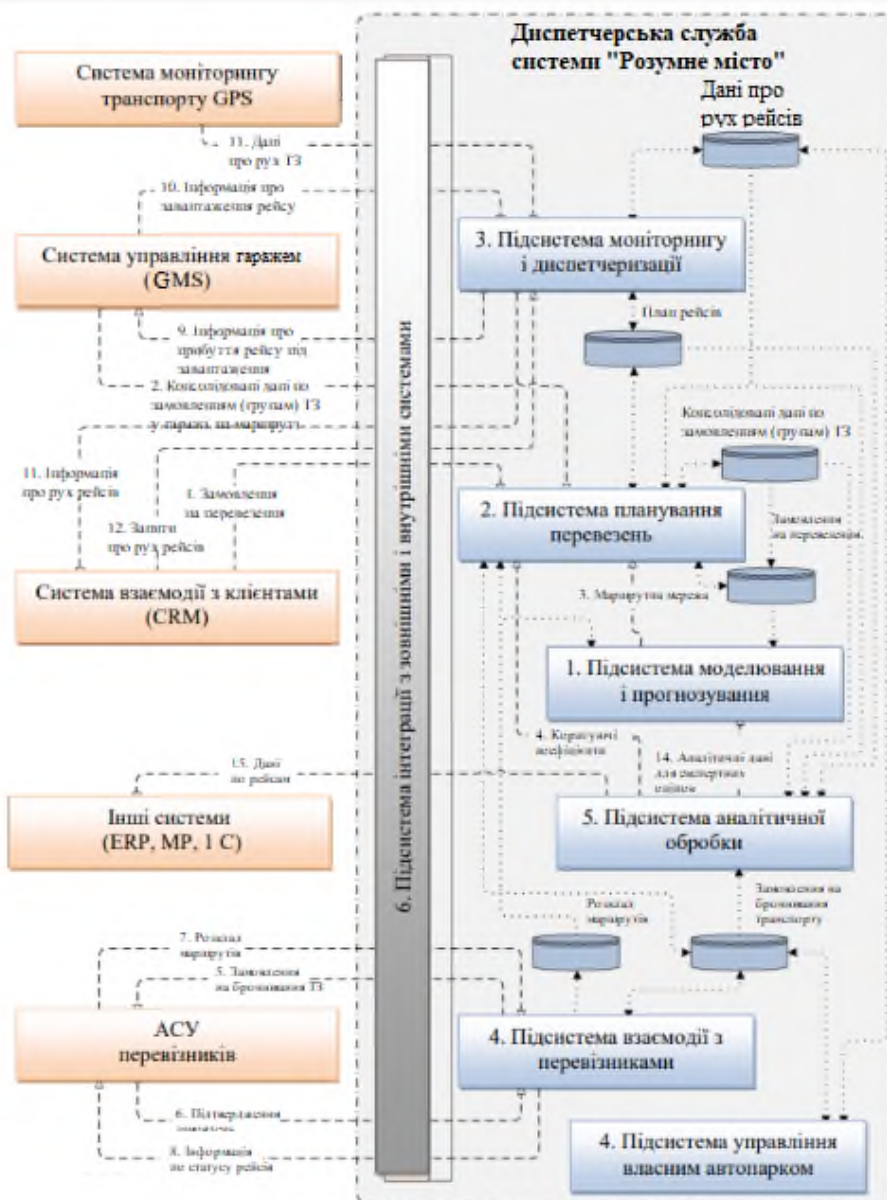


Рис. 1. Структурна схема транспортної логістики системи «Розумне місто»

Для імітаційного моделювання динамічних процесів пасажироперевезень доцільно стратегічно використовувати дані (фото- та відеопотоки) з IP-камер спостереження системи «розумне місто», потенціал геопросторової інформації та застосовувати передові технології, такі як аналіз видимості та відеоаналітика [7]. Щоб отримати в результаті алгоритми своєчасної подачі міського транспорту до зупинок, необхідно вводити до моделі такі чинники як параметри цільової аудиторії (пасажирів на зупинках) у розрізі вибору маршрутів та перевізників (позначено кольором), надання переваги великим/невеликим ТЗ (позначено розміром ТЗ), час очікування оптимального наповнення останніх тощо (рис. 2). За результатами, отриманими з підсистем 1 та 5 (див. рис. 1), міською владою оголошуються тендери на перевізників, формуються механізми реалізації підсистеми 4. Але, враховуючи динамічну природу даних означеної галузі, перевізники повинні мати резервні рішення у власних АСУ, тобто нерозподілені ТЗ (позначені знаком питання у гаражі на рис. 2), які призначені та придатні погасити сплески даних та трендові коливання пасажиропотоків.

Така інтеграція зовнішніх та внутрішніх підсистем у Smart City має базуватися на енергонезалежному обладнанні інформаційно-вимірювальних мереж ІТС. В такому сенсі вуличне обладнання має комбінувати засоби електроживлення від стаціонарної мережі з альтернативними джерелами (нп., доєднання до їх конструкції сонячних батарей та акумуляторів), а також резервувати кабельні/бездротові канали зв'язку та ресструвати адекватні дані в умовах поганого освітлення. Так, наприклад, на рис. 2 як вуличну моніторингову IP-камеру доцільно використовувати модель камери відеоспостереження Solar ABQ-Q1 Full HD Icsee з режимом нічного бачення, інтерфейсами WiFi-802,11b/g/n та Ethernet 10/100Mbps [8] та живленням від сонячної енергії та батареї (3000 мА · год; 18650 × 2 шт.).

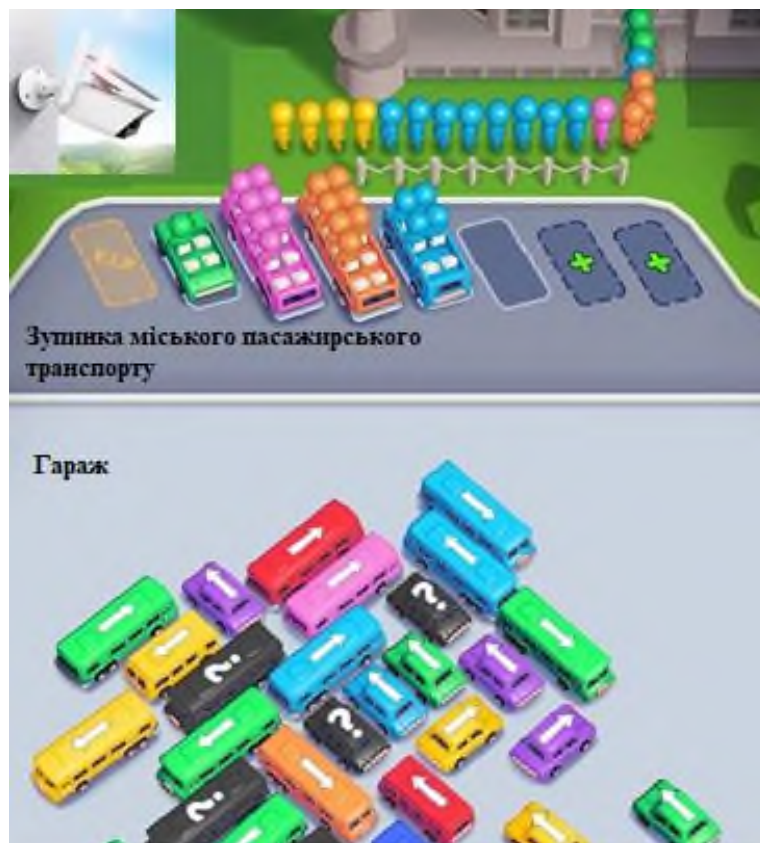


Рисунок 2 – Моделювання завантаження ТЗ різної місткості (за розміром ТЗ) та різних маршрутів (за кольорами ТЗ)

Використовуючи передову аналітику даних, міста можуть покращити процеси прийняття рішень, оптимізувати управління ресурсами та покращити державні послуги, зрештою сприяючи створенню більш сталого та комфортного для життя міського середовища.

На основі проаналізованих наукових робіт та реалізованих транспортних проєктів у дослідженні відображено принципи впливу системи розумного транспорту, її підсистем та функціональних елементів на досягнення деяких SDGs та відповідних показників у контексті впровадження концепції «розумного міста». Дослідження сприяє детальному системному розумінню важливості та потенціалу «розумного транспорту» у вирішенні проблем сталого розвитку міст та міських агломерацій. «Розумні міста» все ширше використовують ІКТ для впровадження широкого спектру застосувань, спрямованих на покращення якості життя та вдосконалення міських послуг. Однак, інтеграція систем взаємодії між органами влади, диспетчерськими центрами, перевізниками та клієнтами (пасажирами) в інфраструктуру «розумного міста» є значною мірою недослідженою галуззю. У цьому дослідженні здійснена спроба багатовимірного моделювання в контексті розвитку «розумного міста». Результати дослідження виявили кілька важливих аспектів: створення узагальненого ІТ-середовища моніторингу, диспетчеризації та управління міськими пасажиропотоками, визначення належного просторового розподілу точок спостереження системи «розумне місто», прив'язаних до геосистеми зупинок міського транспорту, створення геобаз даних для точок спостереження, що містить інформацію про поле зору, кути, відстань та 3D-координати спостереження. Отже, дослідження показує зв'язок між процесами відеоспостереження у Smart City, імітаційним моделюванням, аналітичною обробкою даних великого обсягу та наданням корисної інформації у режимі реального часу для оптимізації пасажироперевезень.

References

1. Oniya O., Gumbo T. Smart Cities and their impact on urban transportation systems and development. *In book: Emerging Technologies for Smart Cities*. Springer, Cham, 2024. P.105–129. DOI: 10.1007/978-3-031-66943-9_5.
2. Burenko V. O. Analiz napovnenosti zupynok pasazhyrskoho transportu za dopomohoiu alhorytmiv obrobky zobrazen z IR-kamer «rozumnoho mista». *Visnyk Khmel'n. nats. un-tu. Seria: Tekhnichni nauky*. 2023. T. 1, № 5. S. 47–52. DOI: 10.31891/2307-5732-2023-325-5. [in Ukrainian]
3. Do you know all 17 SDGs? : Report of United Nations Department of Global Communications. 2024. Retrieved from: <https://sdgs.un.org/goals> (Last accessed: 10.05.2025).

4. Abdillah A., Widianingsih I., Buchari R. A., Nurasa H. Using big data methods in Bandung City planning research: Urban resilient governance with Smart City. *Government & Resilience*. 2025. Vol. 3, Is. 1. P. 52–62. DOI: 10.62503/gr.v3i1.24.
5. Bondar A. V., Lapkin O. O. Metody y modeli formuvannia portfeliiu proiektiv rozvytku miskoho transportu na bazi kontseptsii Smart Port-Siti. *Suchasnyi stan naukovykh doslidzhen ta tekhnolohii v promyslovosti*. 2023. № 2 (24). S. 179–190. DOI: 10.30837/ITSSI.2023.24.179. [in Ukrainian]
6. Burenko V. O. Hrupovi ekspertni otsinky obrobky informatsii v kompiuternykh systemakh «rozumnoho mista». *Visnyk Khersonskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu*. 2024. № 2 (89). S. 118–125. DOI: 10.35546/kntu2078-4481.2024.2.16. [in Ukrainian]
7. Xu Yi. Research on urban transportation planning and optimization based on the concept of Smart City. *Advances in Economics, Management and Political Sciences*. 2025. Vol. 148. P. 157–163. DOI: 10.54254/2754-1169/2024.LD19186.
8. Vulychna WiFi-kamera videosposterezhenia Solar ABQ-Q1 Full HD. Rezhym dostupu: <https://realshop.com.ua/ua/p1550284023-ulichnaya-wifi-kamera.html> (data zvernennia: 10.05.2025). [in Ukrainian]

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.09

Volodymyr Burenko

MODELING OF URBAN TRANSPORT SUPPLY AND LOADING BASED ON DATA FROM THE SMART CITY SYSTEM

The research focuses on identifying key characteristics of urban transport dispatching to ensure the timely submission of vehicles of appropriate size and routes to stops. Based on the results of information flow modeling, an assessment of the impact of "Smart City" initiatives on urban transport systems and improvement of relevant services to the population was conducted.

Keywords: urban transport dispatching, data processing, expert estimates, information flow modeling, bus stop occupancy, Smart City, energy-independent monitoring.

Відомості про автора / Information about the Author

Володимир Буренко, аспірант спеціальності 122 Комп'ютерні науки Національного університету кораблебудування ім. адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна. E-mail: volodymyr.burenko22@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0009-0004-7346-5906>.

Volodymyr Burenko, PhD Student of the specialty 122 Computer Science at the Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: volodymyr.burenko22@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0009-0004-7346-5906>.

© В. Буренко
20.05.2025.

Стаття отримана редакцією

