

DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-81-92>

УДК 004.8:352:303.732

РОЗВИТОК СМАРТ-ІНФРАСТРУКТУРИ В ГРОМАДАХ: РОЛЬ ЦИФРОВИХ ПЛАТФОРМ ТА АЛГОРИТМІВ ПРОГНОЗУВАННЯ У МІСЦЕВОМУ САМОВРЯДУВАННІ

DEVELOPMENT OF SMART INFRASTRUCTURE IN COMMUNITIES: THE ROLE OF DIGITAL PLATFORMS AND PREDICTIVE ALGORITHMS IN LOCAL SELF-GOVERNANCE

Новікова Ольга Володимирівна

аспірант,

Полтавський університет економіки і торгівлі

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-3490-4986>

Novikova Olga

Poltava University of Economics and Trade

Стаття аналізує роль цифрових платформ та алгоритмів прогнозування у формуванні смарт-інфраструктури територіальних громад. Зосереджено увагу на тому, як інтегровані цифрові сервіси, геоінформаційні системи та аналітичні панелі створюють інформаційне середовище, що забезпечує якісну підтримку управлінських рішень. Розкрито потенціал прогнозних моделей для моделювання сценаріїв, оптимізації ресурсів та підвищення ефективності місцевого самоврядування. Узагальнено ключові міжнародні підходи до впровадження smart-технологій і визначено основні виклики, що постають перед українськими громадами. Обґрунтовано значення інтероперабельності даних та інституційної спроможності як передумов успішної цифрової трансформації. Практична цінність статті полягає у формуванні рекомендацій щодо інтеграції цифрових рішень, спрямованих на підвищення стійкості, прозорості та адаптивності управлінських процесів.

Ключові слова: смарт-інфраструктура, цифрові платформи, прогнозування, місцеве самоврядування, цифрова трансформація, інтероперабельність.

The article examines the role of digital platforms and predictive algorithms in the formation of smart infrastructure within territorial communities, emphasizing their growing importance in the context of rapid digital transformation and the need for more efficient public governance. The aim of the study is to determine how integrated digital solutions can enhance managerial capacities and support evidence-based decision-making at the local level. The methodological framework combines structural-functional analysis, comparison of international municipal practices, and conceptual modelling of key components of the smart infrastructure ecosystem, allowing for the identification of interconnections between technological tools, data flows, and management processes. The findings indicate that digital service platforms, geospatial systems, sensor networks, and real-time analytical dashboards collectively create an information-rich environment that improves the quality and timeliness of administrative decisions. Predictive algorithms further expand these possibilities by enabling scenario modelling, forecasting infrastructural and socio-economic changes, and supporting proactive resource management. The study also shows that the effectiveness of smart infrastructure depends not only on technological integration but also on institutional readiness, data interoperability, and coordinated governance efforts at the community level. The practical value of the article lies in outlining approaches that can guide local authorities in designing and implementing smart solutions tailored to their specific needs. These insights contribute to strengthening governance resilience, increasing transparency, and improving the overall sustainability of community development in a digital society. Additionally, the results provide a conceptual basis for further research into adaptive digital ecosystems capable of supporting long-term strategic planning in territorial communities. Overall, the study highlights the transformative potential of data-driven tools in reshaping local governance and accelerating the transition toward smarter, more resilient communities.

Keywords: smart infrastructure, digital platforms, forecasting, local self-government, digital transformation, interoperability.

Постановка проблеми. Швидке поширення цифрових технологій трансформує системи місцевого самоврядування, змінюючи традиційні підходи до планування, управління та надання публічних послуг. У сучасних громадах формується попит на інфраструктуру, здатні інтегрувати великі масиви даних, забезпечувати оперативний обмін інформацією та підтримувати прийняття рішень на основі об'єктивних аналітичних показників. У цих умовах особливого значення набувають цифрові платформи та алгоритми прогнозування, що дозволяють підвищувати ефективність управлінських процесів, оптимізувати використання ресурсів і забезпечувати стійкість територіального розвитку.

Однак, незважаючи на активне впровадження елементів «розумної» інфраструктури, залишається низка невирішених проблем, пов'язаних із фрагментованістю даних, відсутністю єдиних стандартів інтеграції інформаційних систем, недостатнім рівнем цифрової компетентності органів влади та обмеженим застосуванням прогнозно-аналітичних моделей у практиці місцевого управління. Значна частина громад все ще використовує застарілі або неузгоджені інструменти, що унеможливорює повноцінне формування підходів до управління, орієнтованих на дані (data-driven governance).

Наукова проблема полягає у визначенні ролі цифрових платформ і алгоритмів прогнозування як ключових компонентів смарт-інфраструктури, здатних забезпечити якісно новий рівень управління територіями, а також у розробленні принципів і моделей їх ефективної інтеграції в системи місцевого самоврядування. Практична значущість дослідження зумовлена необхідністю підвищення результативності управлінських рішень, оптимізації бюджетних витрат, покращення якості життя населення та формування стійких механізмів розвитку громад в умовах цифрової трансформації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

У сучасних дослідженнях значну увагу приділено цифровим платформам, смарт-інфраструктурі та прогнозним технологіям як основі трансформації міського управління. Праці S. Bibri і J. Krogstie розкривають потенціал дано-орієнтованого управління, тоді як дослідження О. Якопен демонструють вплив цифрових сервісів на структуру міського простору. У роботах S. Mazzetto та E. Sacoto-Cabrera систематизовано підходи до застосування цифрових двійників для моделювання

міських процесів. В українській науковій науці проблематика smart city висвітлена у працях В. Бабаєва, С. Дейкала, М. Миргородської, а технічні аспекти цифрових двійників – у дослідженнях В. Щеглова та О. Морозової.

Разом із тим низка аспектів проблеми залишається недостатньо розробленою. Передусім потребують уточнення механізми інтеграції цифрових платформ із прогнозними моделями, стандарти інтероперабельності даних та умови адаптації аналітичних інструментів до локальних особливостей громад. Також обмежено представлено дослідження, що комплексно розглядають поєднання технологічних, управлінських та аналітичних компонентів смарт-інфраструктури, що зумовлює необхідність подальших наукових розвідок у цьому напрямі.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою статті є теоретичне обґрунтування та аналітичне дослідження ролі цифрових платформ і алгоритмів прогнозування у формуванні смарт-інфраструктури територіальних громад, а також визначення умов їх ефективної інтеграції в систему місцевого самоврядування. Для досягнення цієї мети поставлено такі завдання: проаналізувати концептуальні засади смарт-інфраструктури та сучасні підходи до її розвитку; охарактеризувати ключові типи цифрових платформ і визначити їх функціональне значення у процесах управління громадою; дослідити можливість застосування прогнозно-аналітичних моделей для підтримки управлінських рішень на локальному рівні; узагальнити міжнародний досвід упровадження smart-технологій; окреслити потенціал і виклики цифрової трансформації українських громад та визначити напрями подальшого удосконалення смарт-інфраструктури.

Виклад основного матеріалу дослідження. Концепція смарт-інфраструктури посідає ключове місце в сучасних дослідженнях цифрової трансформації територіальних громад, оскільки формує підґрунтя для впровадження інноваційних механізмів управління та підвищення ефективності публічних послуг. У науковій літературі смарт-інфраструктура трактується як інтегрована система технологічних, інформаційних та організаційних рішень, що забезпечує збір, обробку та використання даних для підтримки сталого розвитку та оптимізації функціонування поселень. Вона включає технічні елементи, цифрові сервіси й управлінські практики, що спільно створюють екосистему «розумної» громади.

У цьому контексті поняття smart community описує соціально-територіальну систему, в якій жителі, бізнес, влада та інституції взаємодіють за допомогою цифрових платформ і інформаційних технологій для підвищення якості життя та ефективності публічного управління. На відміну від традиційних моделей розвитку, smart community ґрунтується на активній участі громадян, прозорості даних та інноваційних підходах до використання ресурсів. Поняття smart governance, своєю чергою, окреслює нову парадигму управління, що передбачає застосування аналітичних інструментів, автоматизації, алгоритмізації процесів прийняття рішень та максимальне використання потенціалу цифрових даних [1, с. 28].

Сучасна смарт-інфраструктура охоплює кілька взаємопов'язаних компонентів:

- Цифрові сенсори та пристрої збору даних, що забезпечують моніторинг стану інфраструктурних об'єктів, транспортних потоків, екологічних параметрів, енергоспоживання тощо. Дані з сенсорів формують первинну інформаційну базу для подальшого аналізу.

- Інформаційні системи, які інтегрують різні джерела даних у єдині управлінські платформи. До таких систем належать геоінформаційні системи (GIS), системи управління ресурсами громади, інфраструктурні реєстри та платформи надання цифрових адміністративних послуг.

- Аналітичні модулі, включно з алгоритмами прогнозування, машинним навчанням та моделями оцінювання. Вони забезпечують глибокий аналіз тенденцій, оптимізацію управлінських рішень та формування сценаріїв розвитку територій.

- Цифрові сервіси, орієнтовані на кінцевих користувачів: електронні звернення, системи участі громадян, сервіси для управління комунальними послугами, мобільні додатки та інформаційні панелі (dashboard) [10].

Ефективність смарт-інфраструктури визначається дотриманням кількох ключових принципів. Інтегрованість передбачає взаємопов'язану роботу систем і сервісів, що дозволяє уникнути дублювання функцій та забезпечує узгодженість управлінських процесів. Інтегрованість означає здатність різних цифрових компонентів обмінюватися даними незалежно від технічних характеристик чи походження систем, що є критичною умовою для створення повноцінного цифрового середовища громади. Принцип data-driven decision-making окреслює орієнтацію управління на доказову базу та об'єктивні

аналітичні показники, що підвищує раціональність і прозорість публічної політики [1, с. 32].

Формування смарт-інфраструктури неможливе без відповідного інституційного та організаційного забезпечення. Важливу роль відіграють нормативно-правові акти, які визначають стандарти збору, обробки і використання даних, а також регулюють питання кібербезпеки та захисту персональної інформації. Організаційні умови передбачають наявність компетентних фахівців, розвинених комунікаційних механізмів, ефективних моделей взаємодії між органами влади, громадськістю та бізнесом. Спроможність інституцій упроваджувати інновації, адаптувати управлінські структури до цифрових викликів та забезпечувати сталість розвитку стає ключовим чинником успішності смарт-трансформацій [4].

Цифрові платформи формують інфраструктурний каркас сучасної системи місцевого самоврядування, забезпечуючи інтеграцію даних, оперативність управлінських процесів та доступність публічних послуг для громадян. У межах концепції smart community вони розглядаються як ключові інструменти координації взаємодії між органами влади, бізнесом і населенням, а також як технологічна база для впровадження алгоритмів прогнозування та інших аналітичних рішень. Їх розвиток дозволяє переходити до моделей управління, орієнтованих на дані, де прийняття рішень спирається на об'єктивні інформаційні потоки, а комунікація з громадянами стає прозорою та ефективною [3, с. 68].

Слід зазначити, що одним із ключових напрямів цифровізації є розвиток платформ цифрових публічних послуг, які забезпечують подання звернень, участь у громадському голосуванні, подання електронних петицій та взаємодію громадян із місцевою владою в онлайн-форматі. Такі платформи сприяють підвищенню рівня громадської участі, пришвидшують обробку звернень та формують новий формат комунікаційних процесів, що базується на принципах відкритості і зворотного зв'язку.

Важливим елементом інфраструктури управління є геоінформаційні системи (GIS), що забезпечують збір, структурування та візуалізацію просторових даних. GIS-технології дозволяють моделювати сценарії територіального розвитку, оптимізувати розміщення об'єктів інфраструктури, моніторити стан земельних ресурсів та планувати забудову з урахуванням екологічних, соціальних і технічних факторів. Використання таких систем

створює можливості для підвищення точності управлінських рішень у сфері просторового планування [6, с. 133].

До інноваційних інструментів належать системи управління інфраструктурою громади, зокрема Smart City Dashboard, які інтегрують дані з різних джерел і забезпечують візуалізацію ключових показників у режимі реального часу. Подібні платформи дозволяють органам влади контролювати транспортні потоки, енергоспоживання, стан комунальної інфраструктури, якість повітря та інші важливі параметри міського середовища. Їх функціонування сприяє оперативній реакції на проблеми та формуванню стратегічних управлінських рішень.

Окрему групу складають платформи управління комунальними послугами, що охоплюють сервіси для споживачів (оплата послуг, подання показників, заявки на ремонт), а також модулі для моніторингу та оптимізації роботи підприємств житлово-комунального господарства. Завдяки таким платформам забезпечується прозорість тарифоутворення, ефективний контроль за витратами ресурсів і підвищення якості комунальних послуг [3, с. 70].

Важливо також зазначити, що в умовах зростання цифрових загроз ключового значення набуває кібербезпека, яка забезпечує захист даних, безперервність роботи платформ і довіру громадян до цифрових сервісів. Наявність надійних протоколів безпеки, систем моніторингу та процедур реагування на інциденти є критичними елементами стійкості цифрової інфраструктури громади. Водночас принцип прозорості формує підґрунтя для підзвітності органів влади, дозволяє громадянам відслідковувати процеси прийняття рішень та взаємодіяти з ними на основі відкритих даних [2, с. 91].

Узгоджена робота цифрових платформ створює основу для аналітичної підтримки управління, що зумовлює необхідність переходу до систематичного використання алгоритмів прогнозування в діяльності органів місцевого самоврядування.

У сучасних умовах підвищеної динамічності соціально-економічних процесів ефективність управління територіальними громадами значною мірою залежить від здатності передбачати можливі зміни та моделювати наслідки управлінських рішень. Прогнозна аналітика стає невід'ємною складовою цифрового управління, оскільки забезпечує органи влади об'єктивними даними про май-

бутні тенденції, дозволяє зменшувати невизначеність і формувати політику, орієнтовану на випереджальний розвиток. Застосування алгоритмів прогнозування відкриває можливості для оптимізації транспортних потоків, раціонального планування бюджету, підвищення енергоефективності, моніторингу соціально-економічних процесів та забезпечення безпеки громади в умовах зростання ризиків. Широкий спектр методів – від моделей машинного навчання до цифрових близнюків територій – дозволяє адаптувати прогнозні підходи до конкретних завдань, формуючи багатокomпонентну систему підтримки прийняття рішень (Таблиця 1) [10].

Світовий досвід демонструє, що впровадження смарт-інфраструктури та алгоритмів прогнозування є тривалим і системним процесом, який ґрунтується на формуванні цифрової екосистеми, стандартизації даних та використанні аналітичних інструментів для підтримки управлінських рішень. Розглянуті міжнародні практики дають змогу виокремити різні стратегії цифрової трансформації та оцінити їхню релевантність для територіальних громад.

Барселона: інтегровані smart-платформи.

Барселона є одним із лідерів у створенні комплексної міської цифрової інфраструктури, що поєднує сенсорні мережі, інтернет речей та аналітичні модулі в єдину платформу. Місто впровадило систему Sentilo – відкриту платформу управління сенсорними даними, що забезпечує збір і аналіз інформації в реальному часі щодо транспорту, енергоспоживання, екологічних параметрів і інших показників функціонування міського середовища. Інтеграція різних цифрових сервісів дозволяє місту прогнозувати інфраструктурні навантаження та оптимізувати роботу служб, роблячи управління більш адаптивним та орієнтованим на дані [7].

Таллінн: е-регулювання та прогнозування транспортних потоків.

Таллінн демонструє модель цифрового урядування, що базується на широкому застосуванні електронних сервісів і прогнозно-аналітичних технологій. Система управління транспортом використовує машинне навчання для прогнозування інтенсивності руху, аналізуючи історичні та сенсорні дані. Це дозволяє регулювати транспортні потоки в реальному часі, оптимізувати роботу світлофорів та зменшувати затори. Е-регулювання включає електронну ідентифікацію, цифровий документообіг та автоматизовані адміністративні

Таблиця 1

Сфери застосування прогнозування та відповідні методи

Сфера застосування прогнозування в громаді	Зміст управлінського завдання	Методи прогнозування, що застосовуються
Транспортні потоки і логістика	Оцінювання навантаження на транспортну мережу, прогноз заторів, оптимізація маршрутів	Машинне навчання (ML), моделі часових рядів, GIS-аналіз
Планування бюджету громади	Прогноз доходів і видатків, оцінка бюджетних сценаріїв, моделювання фінансових ризиків	Моделі часових рядів, регресійні моделі, ML-алгоритми
Управління енергоспоживанням	Передбачення пікових навантажень, оптимізація споживання ресурсів, планування енергоефективних заходів	Машинне навчання, цифрові близнюки, моделі оптимізації
Моніторинг соціально-економічних тенденцій	Аналіз демографічних змін, ринку праці, споживчих патернів, міграційних процесів	ML, моделі часових рядів, аналітика великих даних
Безпека та реагування на надзвичайні ситуації	Прогнозування ризиків, аналіз відеопотоків, планування заходів реагування	Відеоаналітика (ML / CV), GIS-аналіз, цифрові близнюки територій

Джерело: сформовано автором

процеси, що забезпечує високу ефективність управління [8, с. 61].

Торонто: цифровий близнюк міста.

Торонто є одним із найпоказовіших прикладів застосування технології міського цифрового близнюка. Створення детальних 3D-моделей, інтегрованих із сенсорними даними, дає змогу моделювати різноманітні сценарії розвитку інфраструктури, оцінювати вплив урбаністичних рішень та прогнозувати динаміку соціально-економічних процесів. Такий підхід підсилює здатність міста до стратегічного планування та мінімізує ризики, пов'язані з прийняттям складних управлінських рішень [9].

Аналіз міжнародного досвіду дозволяє виокремити кілька провідних моделей цифрової трансформації:

1. Інтеграційно-технологічний підхід (Барселона) – акцент на створенні єдиної цифрової платформи, інтероперабельності та масштабованості рішень.

2. Регуляторно-адміністративний підхід (Таллінн) – цифровізація процесів управління, впровадження е-ідентифікації та автоматизованих сервісів.

3. Аналітично-моделювальний підхід (Торонто) – застосування цифрових близнюків та високоточних прогнозних моделей для стратегічного планування.

Поєднання цих підходів може стати ефективною основою для розвитку смарт-

інфраструктури українських громад, зокрема через акцент на інтероперабельності, відкритості даних та впровадженні сучасних алгоритмів прогнозування.

Українські територіальні громади перебувають у процесі активної цифрової трансформації, що відбувається під впливом державних ініціатив, розвитку національних платформ та впровадження сучасних інструментів публічного управління. Значний потенціал цифровізації формується завдяки екосистемі застосунків та сервісів «Дія», діяльності Міністерства цифрової трансформації України, а також упровадженню цифрових рішень на рівні об'єднаних територіальних громад (ОТГ), що охоплюють електронні послуги, інформаційні системи управління ресурсами, модулі просторового планування та аналітичні панелі. Зростання цифрової спроможності громад створює передумови для підвищення ефективності управління, прозорості процесів і залучення громадськості до прийняття рішень.

Водночас розвиток смарт-інфраструктури стикається з низкою системних бар'єрів. Одним із ключових обмежень є нестача фінансування, що ускладнює модернізацію технологічної інфраструктури, впровадження сенсорних мереж і підтримку складних аналітичних систем. Дефіцит кваліфікованих фахівців у сфері даних, кібербезпеки та цифрового управління зменшує можливості гро-

мад щодо повноцінної експлуатації сучасних технологій і розроблення прогнозних моделей. Важливою проблемою залишається фрагментованість даних, що проявляється у відсутності єдиних стандартів, недостатній інтеграції інформаційних систем та обмежній сумісності наявних платформ. Правові та етичні обмеження, пов'язані з використанням персональних даних, кіберризики та алгоритмічною відповідальністю, також стримують активне впровадження інноваційних інструментів у діяльність місцевого самоврядування [4].

У цих умовах особливої актуальності набуває формування комплексних політик, спрямованих на створення сталої цифрової екосистеми громад. Першочерговими напрямками є розвиток системи відкритих даних, яка забезпечує прозорість і доступність інформації для громадян, бізнесу та аналітичних платформ; посилення кібербезпеки, що передбачає впровадження сучасних методів захисту даних і підвищення стійкості цифрової інфраструктури; а також запровадження стандартів інтероперабельності, які уможливають безперешкодний обмін даними між різними інформаційними системами та дозволяють формувати цілісне цифрове середовище. Реалізація таких політик підсилить інституційну спроможність громад та сприятиме ефективному використанню смарт-технологій для сталого розвитку територій [5, с. 137–138].

Висновки. Отже, цифрові платформи, аналітичні інструменти та алгоритми прогнозування формують нову модель управління територіальними громадами, орієнтовану на дані та підвищення ефективності публічних послуг. Міжнародний досвід свідчить, що успішне впровадження смарт-інфраструктури базується на системності, інституційній готовності та стандартизації роботи з даними. Українські громади мають значний потенціал для впровадження подібних рішень, однак стикаються з низкою бар'єрів, серед яких фінансові обмеження, нестача фахівців, фрагментованість даних і нормативні ризики. Подолання цих викликів потребує комплексної державної політики, спрямованої на розвиток відкритих даних, кібербезпеку та забезпечення інтероперабельності цифрових систем.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з поглибленим аналізом моделей інтеграції цифрових платформ у місцеве самоврядування, оцінюванням ефективності прогнозно-аналітичних рішень та вивченням застосування машинного навчання і цифрових близнюків для моделювання інфраструктурних та соціально-економічних процесів. Важливими напрямками є також дослідження правових та етичних аспектів використання даних і штучного інтелекту, а також розроблення компетентнісних моделей для посадових осіб, які забезпечуватимуть спроможність громад реалізовувати цифрову трансформацію на практиці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Бабаєв В. Ю., Дейкало С. О. Розвиток концепції розумного міста: публічноуправлінський аспект. *Актуальні проблеми державного управління*. 2024. № 1 (64). С. 27–44. DOI: <https://doi.org/10.26565/1684-8489-2024-1-02>
2. Миргородська М. Концепція «Smart City» та цифрові технології забезпечення комфортного міського середовища. *Аспекти публічного управління*. 2023. № 11 (2). С. 88–95. DOI: <https://doi.org/10.15421/152323>
3. Орел Ю., Комар О. SMART CITY як інноваційна основа розвитку місцевого самоврядування в Україні. *Collection of Scientific Papers «ЛОГОС»*. 2025. С. 65–71. DOI: <https://doi.org/10.36074/logos-13.12.2024.013>
4. Панченко А., Мороз Ю., & Підвисоцький Є. Трансформація українських міст у смарт-регіони в контексті відбудови та сталого розвитку. *Економіка та суспільство*. 2025. № 74. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-74-71>
5. Перелі Д. Д. Концепція смарт-міста в умовах розвитку інформаційного суспільства. *Публічне управління і адміністрування в Україні*. 2023. Вип. 33. С. 136–140. DOI: <https://doi.org/10.32782/pma2663-5240-2023.33.25>
6. Щеглов В. Р., Морозова О. І. Методи та технології розроблення цифрових двійників для гарантоздатних систем індустріального інтернету речей. *Системи управління, навігації та зв'язку*. 2022. № 4. С. 127–137.
7. Bibri S. E., Krogstie, J. The emerging data-driven Smart City and its innovative applied solutions for sustainability: the cases of London and Barcelona. *Energy Inform.* 2020. № 3 (5). DOI: <https://doi.org/10.1186/s42162-020-00108-6>
8. Jakonen O. I. Smart cities, virtual futures? – Interests of urban actors in mediating digital technology and urban space in Tallinn, Estonia. *Urban Studies*. 2024. № 62 (1). P. 52–68. DOI: <https://doi.org/10.1177/00420980241245871>

9. Mazzetto S. A Review of Urban Digital Twins Integration, Challenges, and Future Directions in Smart City Development. *Sustainability*. 2024. № 16 (19). 8337. DOI: <https://doi.org/10.3390/su16198337>
10. Sacoto-Cabrera E. J., Perez-Torres A., Tello-Oquendo L., & Cerrada M. IoT, AI, and Digital Twins in Smart Cities: A Systematic Review for a Thematic Mapping and Research Agenda. *Smart Cities*. 2025. № 8 (5). 175. DOI: <https://doi.org/10.3390/smartcities8050175>

REFERENCES:

1. Babaiev V. Yu., Deikalo S. O. (2024). Rozvytok kontseptsii rozumnoho mista: publichno-upravlinskyi aspekt [Development of the smart city concept: public administration aspect]. *Aktualni problemy derzhavnoho upravlinnia*, 1 (64), 27–44 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.26565/1684-8489-2024-1-02>
2. Myhrorodska M. (2023). Kontseptsiiia «Smart City» ta tsyfrovi tekhnolohii zabezpechennia komfortnoho miskoho seredovyscha [The «Smart City» concept and digital technologies for ensuring a comfortable urban environment]. *Aspekty publichnoho upravlinnia*, 11 (2), 88–95 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.15421/152323>
3. Orel Yu., Komar O. (2025). SMART CITY yak innovatsiina osnova rozvytku mistsevoho samovriaduvannia v Ukraini [SMART CITY as an innovative foundation for the development of local self-government in Ukraine]. *Collection of Scientific Papers «ΛΟΓΟΣ»*, pp. 65–71 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.36074/logos-13.12.2024.013>
4. Panchenko A., Moroz Yu., Pidvysotskyi Ye. (2025). Transformatsiia ukrainskykh mist u smart-rehiony v konteksti vidbudovy ta staloho rozvytku [Transformation of Ukrainian cities into smart regions in the context of reconstruction and sustainable development]. *Ekonomika ta suspilstvo*, 74 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-74-71>
5. Pereli D. D. (2023). Kontseptsiiia smart-mista v umovakh rozvytku informatsiinoho suspilstva [The concept of a smart city in the conditions of information society development]. *Publichne upravlinnia i administruvannia v Ukraini*, 33, 136–140 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.32782/pma2663-5240-2023.33.25>
6. Shcheglov V. R., Morozova O. I. (2022). Metody ta tekhnolohii rozroblennia tsyfrovyykh dviynykiv dlia harantozdatnykh system industrialnoho internetu rechei [Methods and technologies for the development of digital twins for fault-tolerant industrial IoT systems]. *Systemy upravlinnia, navihatsii ta zv'iazku*, 4, 127–137 (in Ukrainian).
7. Bibri S. E., Krogstie J. (2020). The emerging data-driven Smart City and its innovative applied solutions for sustainability: the cases of London and Barcelona. *Energy Informatics*, 3 (5). <https://doi.org/10.1186/s42162-020-00108-6>
8. Jakonen O. I. (2024). Smart cities, virtual futures? – Interests of urban actors in mediating digital technology and urban space in Tallinn, Estonia. *Urban Studies*, 62 (1), 52–68. <https://doi.org/10.1177/00420980241245871>
9. Mazzetto S. (2024). A Review of Urban Digital Twins Integration, Challenges, and Future Directions in Smart City Development. *Sustainability*, 16 (19), 8337. <https://doi.org/10.3390/su16198337>
10. Sacoto-Cabrera E. J., Perez-Torres A., Tello-Oquendo L., & Cerrada M. (2025). IoT, AI, and Digital Twins in Smart Cities: A Systematic Review for a Thematic Mapping and Research Agenda. *Smart Cities*, 8 (5), 175. <https://doi.org/10.3390/smartcities8050175>