

**О. Л. Ершова,***кандидат економічних наук, доцент,**завідувач кафедри,**Національна академія статистики, обліку та аудиту,**E-mail: bogi2003@ukr.net**ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3801-9730>;***Л. І. Бажан,***кандидат економічних наук, старший науковий співробітник,**завідувач відділу,**Міжнародний науково-навчальний центр**інформаційних технологій та систем НАН України та МОН України,**E-mail: bazmil@ukr.net**ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6211-202X>***Розумне місто – концепція, моделі, технології, стандартизація**

Розглянуті проблеми цифрової трансформації сучасного міського господарства. Її актуальність для українських міст обумовлена тим, що у світі вже існує значна кількість розумних міст, комфортних для їх мешканців та для менеджменту міських служб. Окреслена проблема, що наразі для України не розроблений комплексний сценарій інтелектуалізації та цифрової трансформації українських міст. Описані невирішені проблеми та виклики, які стримують цифрову трансформацію українських міст, насамперед, відсутність муніципальних інформаційних мереж.

Цифрова трансформація міст розглядається як зміна існуючих бізнес-моделей функціонування міських служб, створення розумної мобільності, організація розумного ресурсоспоживання. Має бути забезпечена інфологічна єдність ресурсів, служб та систем управління ними заради узгодженості дій суміжних структур і служб у випадку аварійних та непередбачуваних ситуацій. Це передбачає підвищення технологічної грамотності для різних верств населення міст. Запропоновані три моделі розумних міст, успішне функціонування кожної з яких залежить від інвестицій, раціонального розпорядження ними, а також підвищення рівня цифрових навичок населення. Технологічність міської інфраструктури має базуватися на мегатрендах у сфері інформаційних технологій, а саме: мобільності; соціальних комунікаціях; хмарних технологіях; великих даних і передбачувальній аналітиці; машинному навчанні та штучному інтелекту; технологіях забезпечення кібербезпеки; інтернеті речей. Ці технології є наскрізними для всього комплексу технологічних рішень, що розробляються для розумних міст. З технологічної позиції описаний сценарій розвитку розумного міста; його базовими складовими є: 1) розумна фізична інфраструктура; 2) розумна цифрова інфраструктура; 3) цифрові платформи; 4) інтегровані цифрові платформи.

Запропонована ідея побудови цифрового двійника, який є точним відображенням реального міста у цифровій реальності й інформація до якого надходить із різних датчиків, систем моніторингу та лічильників ресурсів. Отриманий досвід функціонування можна перевести в реальність, якщо він вдалий. Усе це здійснюватиметься за мінімальних витрат, економії часу та без шкоди для реального міста.

Зроблено висновок, що інформаційно-комунікаційні технології у сфері житлово-комунального господарства забезпечують надійність і безпеку міських систем та ефективність використання ресурсів. Формування розумних міст в Україні гальмується відсутністю технічної бази для створення платформ інформаційних технологій; також не розроблена дорожня карта цифрової трансформації національної економіки. Окреслені напрями подальших наукових розвідок, зокрема статистичне дослідження розумних міст, що базується на збиранні та застосуванні великих даних для цієї мети, а також імплементація зарубіжного досвіду з огляду на реалії української економіки.

**Ключові слова:** *розумне місто, розумна інфраструктура, цифрова платформа, інтернет речей, цифрова трансформація міського господарства*

**Вступ.** Міжнародний досвід показує, що цифрова трансформація економіки висуває нові вимоги до пошуку ефективних рішень щодо функ-

ціонування та розвитку міст. Усе це зумовлює необхідність розробки стратегії розвитку сучасного міського середовища на основі елементів розумного міста. Останнє являє собою інноваційне місто, в якому інформаційно-комунікаційні техно-

логії (далі – ІКТ) та технічні пристрої, що забезпечують зняття, обробку та отримання інформації, використовуються для підвищення якості життя, ефективного функціонування міських систем і надання послуг, задовольняючи потреби сьогодення та не справляючи негативний вплив на економічні, соціальні й екологічні компоненти міста.

Сучасні інформаційні технології розумного міста реалізують перехід до міста, яке управляється даними, що є результатом цифрової трансформації економіки і повсюдного поширення інтернету. Це означає, що в розумному місті наявна не тільки інтелектуалізація, а й цифровізація міського господарства. Наразі комплексний сценарій інтелектуалізації та цифрової трансформації для українських міст не сформований. Усе це стримує розробку ефективних методів створення розумних міст у нашій країні.

**Ступінь розробленості проблеми.** Існує багато зарубіжних публікацій, які висвітлюють проблеми розвитку розумних міст, акцентуючи увагу на розгляді питань соціалізації їх окремих компонентів. Сталий розвиток розумних міст розглядається з позиції упровадження інноваційних інформаційних технологій. Систематичний огляд літератури з управління розумним містом у країнах, що розвиваються, проведено С. Таном і А. Тейхахом [1]. У цьому огляді розглядається стан країн, в яких формуються розумні міста, а також концепції, мотиви й унікальність чинників, що сприяють/перешкоджають розвитку таких міст. У результаті аналізу матеріалів огляду було встановлено, що розумні міста з інноваційними технологіями в країнах, що розвиваються, можуть бути відтворені тільки при одночасному проведенні соціально-економічних, правових і нормативних реформ. З огляду на те, що Україна на нинішньому етапі потребує додаткових інвестицій для впровадження нових технологій проведення цифрової трансформації у всіх сферах економіки, цей досвід може бути корисним для країни.

В Україні протягом останнього десятиліття окреслена тематика стала об'єктом аналітики та наукових досліджень. Технічні й технологічні аспекти формування розумних міст перебувають поза межами цієї статті. Проте аналіз праць українських учених щодо розумних міст показує, що соціальні, гуманітарні й управлінські аспекти їх побудови та функціонування добре усвідомлені науковою спільнотою [2–6]. Водночас усі дослідження вітчизняних авторів спираються виключно на зарубіжний досвід, небагато з них усвідомлюють реалії та проблеми саме для української економіки й урбаністики.

**Невирішені проблеми.** Українські міста відіграють ключову роль у національній економіці, оскільки в них зосереджені основні продуктивні сили, промислові підприємства і фірми, бізнес-

структури, населення. Ці структурні елементи стикаються з викликами, які впливають на процеси цифрової трансформації економіки. Такими викликами є:

- інфраструктурний розрив і високий рівень зносу основних інфраструктур;
- дефіцит бюджетних ресурсів для вирішення поточних завдань функціонування міста і його розвитку;
- формування вимог до всіх міських послуг і сервісів, обумовлених цифровізацією всіх міських структур для розроблення нових технологічних рішень;
- збільшення забрудненості екологічного міського середовища;
- підвищення вимог до якості міського середовища і забезпечення безпеки діяльності всіх міських структур і населення.

Загальноприйнятих критеріїв для оцінки інтелектуалізації міста наразі не існує. Створення розумних міст залежить від багатьох факторів, серед яких істотну роль відіграє розвиток інформаційної мережі міста. Тому необхідно розглянути підходи, які використовуються в міжнародній практиці, та адаптувати їх для формування розумних міст в Україні.

Метою статті є дослідження проблем формування розумних міст і розроблення системного підходу до вирішення завдань інтелектуалізації та цифрової трансформації міст України.

**Виклад основного матеріалу.** Складність розгляду перспектив і напрямів цифрової трансформації міста зумовлена тим, що набір конкретних технологій, які входять у технологічний пакет, пов'язаний із формуванням розумного міста, нині перебуває у фазі активного формування і до кінця ще не визначений.

Розумне місто можна трактувати по-різному. Але в будь-якому трактуванні воно має бути представлено як високоінтелектуальне інтегроване місто, яке характеризується поєднанням технологій, що стимулюють розвиток інтеграції соціального середовища і підприємництва [7]. Здійснювана цифрова трансформація секторів і формування повністю інтегрованої інтелектуальної інфраструктури міста дозволяє в режимі реального часу здійснювати збирання й аналіз даних і реалізовувати управління всіма процесами діяльності міських служб за активної участі громадян міста.

Концепція розумного міста являє собою інтеграцію інформаційних та інформаційно-комунікаційних технологій, Інтернету й інтернету речей для управління міським господарством, включаючи міські інформаційні системи, системи управління транспортом, енергосистемами, міськими службами та іншими громадськими службами. Інтернет речей – це технічна концепція обчислювальної мережі фізичних предметів (речей), обладнаних

вбудованими технологіями для взаємодії одного з одним або із зовнішнім середовищем; організацію таких мереж розглядають як явище, здатне перебудувати економічні та суспільні процеси. При цьому участь людини в цих процесах повністю або частково виключається [8; 9].

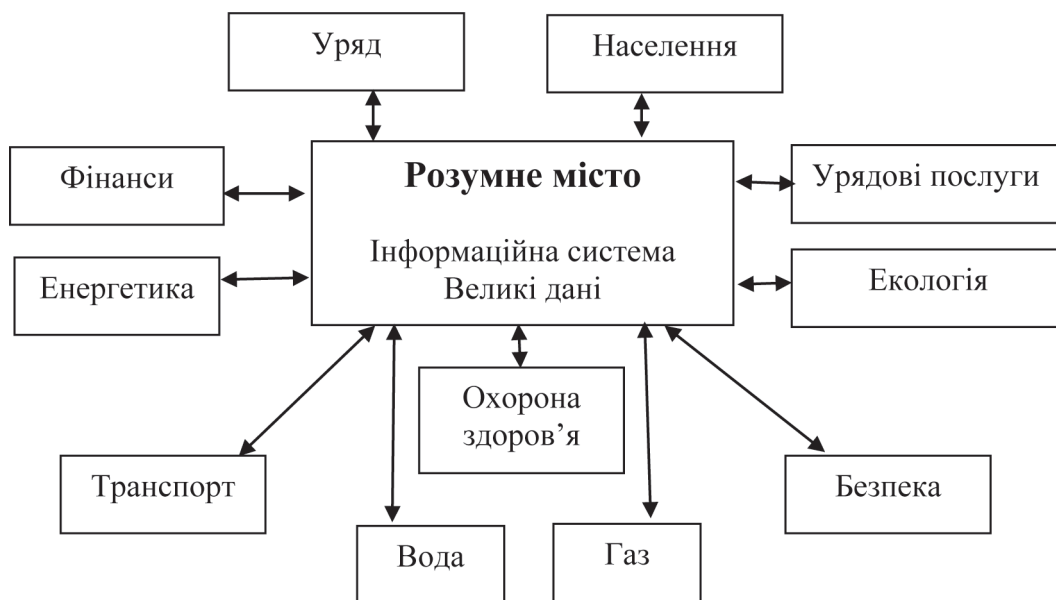
Концепція розумного міста, яка базується на створенні або модернізації ІКТ, дозволяє об'єднати датчики, джерела освітлення та лічильники, які покращують якість послуг, а також відеокамери, сенсори і системи моніторингу, які забезпечують відповідною інформацією систему безпеки.

Розумне місто є містом майбутнього, яке змінює життєві стандарти, полегшує повсякденне життя населення міста і дозволяє економити час. В умовах формування цифрової економіки сценарій цифрової трансформації для розумного міста починається з перебудови управління та інтелектуалізації шляхом таких перетворень: зміна бізнес-моделей і способу створення цінностей у секторах міського господарства; забезпечення новими інструментами для підвищення ефективності активів; залучення нових джерел фінансування для технологічного вдосконалення інформаційних технологій та інформаційно-комунікаційних систем.

**Моделі розумних міст.** Модель розумного міста має ґрунтуватися на таких характеристиках:

- розумна економіка, що забезпечуватиме продуктивність виробництв, нові продукти, сервіси та бізнес-моделі, міжнародне співробітництво;
- розумна мобільність, що базується на інтегрованих транспортних системах і нових екологічних видах транспорту;
- розумне середовище проживання, що передбачає економію ресурсів, енергоефективність, використання енергії з відновлюваних джерел, захист навколишнього середовища;
- розумні люди. Населення міста повинно мати доступ до навчання впродовж життя брати участь у громадському житті. Такі містяни мають бути кваліфікованими користувачами ІКТ;
- розумний спосіб життя, забезпечуваний зручним плануванням міста, грамотним споживанням послуг, соціальною взаємодією та здоровим способом життя його мешканців;
- розумне управління, що ґрунтується на розумних сервісах, відкритих даних, залученні громадян до прийняття управлінських рішень [10].

Відповідна багатокомпонентна модель представлена на рис. 1.



**Рис. 1. Багатокомпонентна модель міста**

Альтернативними моделями розумних міст залежно від кількості населення в них є:

1) децентралізована модель, яка може бути застосована для міст із мільйонним населенням, де можуть здійснюватися цифрові трансформації за участю великої кількості бізнес-структур в умовах значної ємності ринку для впровадження технологій розумного міста;

2) централізована модель для великих і середніх міст із достатнім обсягом потенційного ринку для впровадження технологій за обмежених ресурсів;

3) модель локальних дій, застосовувана до середніх і малих міст, де в умовах недостатності ресурсів цифрова трансформація відбувається в окремих проблемних інфраструктурних секторах або сферах міської економіки.

Розвиток моделі розумного міста передбачає безперервний процес інноваційних перетворень усіх рівнів управління і аспектів життя населення міста. Процес цей буде проходити не гладко і не швидко насамперед через нестачу інвестицій, а

також недостатню кваліфікацію й освіченість громадян міста.

**Технології та платформи розумних міст.** Метою розумного міста є підвищення його конкурентоспроможності, формування ефективної системи управління міським господарством, створення безпечних і комфортних умов для життя мешканців. Ключовими атрибутами розумного міста є технологічність міської інфраструктури, висока якість управління міськими ресурсами, акцентування на економічній ефективності, в тому числі сервісної складової міського середовища, комфортне і безпечне середовище, орієнтація на людину. Основним інструментом реалізації цього є широке впровадження передових цифрових та інженерних рішень у міській інфраструктурі.

З погляду технологій цифрова трансформація міст ґрунтується на кількох мегатрендах у сфері ІКТ технологій, а саме: мобільності; соціальних комунікаціях; хмарних технологіях; великих даних і передбачувальній аналітиці; машинному навчанні та штучному інтелекті; технології забезпечення кібербезпеки; інтернеті речей. До технологій розумного міста належать: інтернет речей, технологічна концепція якого дозволяє збирати потрібну інформацію від об'єктів і забезпечувати зворотний зв'язок з ними; інфраструктура передачі даних, що зв'язує додатки з об'єктами міської інфраструктури; системи аналізу даних, що дозволяють отримати з великого обсягу даних необхідну інформацію; система агрегації та уніфікації даних, яка впорядковує і синхронізує великі потоки даних. Перераховані технології є наскрізними для всього комплексу технологічних рішень, що розробляються для розумних міст.

Отже, елементами системи є: 1) дані, які формуються в результаті функціонування міста під час цифрової трансформації економіки; 2) технології їх обробки; 3) механізми прийняття рішень. Дані та програмні продукти є головним інструментом створення доданої вартості та ключовим механізмом управління всіма технологічними процесами [11]. Для збирання й обробки великих даних необхідні такі передумови:

- технологічне оснащення міста – наявність інструментів фіксації та накопичення даних, що забезпечують збирання інформації про різноманітні процеси;
- реалізація принципу відкритості даних – вільний доступ до даних (за потребою – візуалізованих) для користувачів усіх рівнів, що сприяє прозорості процесів;
- забезпечення сумісності даних. Для прийняття рішень потрібні одночасні облік і аналіз декількох потоків інформації на основі впровадження стандартизованих підходів до збирання, зберігання, обробки, передачі даних, що уможливило взаємодію різних секторів міста.

З технологічного погляду сценарій розвитку розумного міста має ґрунтуватися на чотирьох базових складових: розумній фізичній інфраструктурі; розумній цифровій інфраструктурі, цифрових платформах, інтегрованих цифрових платформах.

Розумна фізична інфраструктура об'єднує технологічні рішення за окремими напрямками концептуалізації міського життя: розумний будинок, розумний транспорт, розумна енергетика, управління житлово-комунальним господарством, розумна переробка відходів, розумна система охорони здоров'я та ін.

Основою розумної цифрової інфраструктури є первинна цифрова інфраструктура – єдині стандарти та протоколи, що забезпечують сумісність пристроїв. Поєднання розумної фізичної та цифрової інфраструктур є технологічною базою для переходу до таких цифрових платформ, реалізованих у галузевому додатку: інтегровані платформи управління ресурсами; інтегровані транспортні системи; інтегровані енергетичні системи; інтегровані системи управління будинками, районами та ін. Інтегровані цифрові платформи розумного міста дозволяють здійснювати горизонтальну наскрізну інтеграцію даних від вертикально інтегрованих галузевих платформ, що забезпечує прийняття комплексних рішень у режимі реального часу. Основною умовою формування платформ є наявність інфраструктури інтернету речей, заснованої на кіберфізичних системах.

З функціонального погляду технології розумного міста можна розділити за сферами їх застосування в міській екосистемі. Технологічні удосконалення в рамках інфраструктури системи житлово-комунального господарства в режимі реального часу охоплюють:

- упровадження інтелектуального обліку комунальних ресурсів;
- скорочення споживання енергоресурсів;
- упровадження автоматизованого контролю виконання заявок споживачів і усунення аварій;
- упровадження цифрової моделі управління об'єктами комунального господарства;
- упровадження автоматичних систем моніторингу стану будівель, у тому числі шуму, температури, справності ліфтового обладнання, систем протипожежної безпеки і газового обладнання.

Інноваціями для міського середовища є енергоефективне міське освітлення, автоматизований контроль за роботою дорожньої і комунальної техніки, автоматизована система оренди і прокату, публічні Wi-Fi мережі. Розумний міський транспорт формується як результат інтелектуального управління міським громадським транспортом: інтелектуального управління рухом, створенням системи моніторингу стану дорожнього руху, впровадження системи автоматичної фото-відеофіксації порушень правил дорожнього руху, створенням

системи адміністративного міського паркувального простору. В інтелектуальну систему громадської безпеки входять система інтелектуального відеоспостереження, система інформування громадян про виникнення надзвичайних ситуацій, інтелектуальна система контролю справності усіх систем у місцях масового скупчення людей. Інтелектуальні системи екологічної безпеки базуються на автоматизації системи управління поведінкою з твердими комунальними відходами, а також на системі онлайн-моніторингу атмосферного повітря та води.

Технологічні рішення в області міського управління є однією з важливих складових розумного міста. Вони автоматизують процеси надання державних міських послуг. Основу розумних систем у цій сфері складають технології електронного документообігу й електронного цифрового підпису, а цифровізація та автоматизація збирання даних забезпечує ефективне (та за необхідності – повторне) використання інформації.

Особливу роль в управлінні розумним містом грають ідентифікаційні технології та технології у галузі фінансових послуг, зокрема податкові збори з використанням технології блокчейн – ланцюжків блоків транзакцій або системи розподілених реєстрів даних). У рамках концепції розумного міста велике значення також мають технології 3D-друку і 3D-виробництва, що використовуються в таких галузях, як будівництво, виробництво споживчих товарів та охорона здоров'я.

Упровадження платформ розумного міста, об'єднання елементів інфраструктури в єдину систему функціонування та управління з одночасним підключенням інженерних пристроїв поширюють можливості управління житлово-комунальним господарством міста.

**Цифрові двійники розумних міст.** З розвитком інтернету речей та комп'ютерного моделювання з'явилася можливість створити цифрову версію будь-якого фізичного об'єкта, в тому числі цілого міста з його інфраструктурою. Цифровий двійник – це не статична копія, а динамічна система, основним призначенням якої є проведення експериментів у віртуальному просторі для пошуку оптимальних характеристик її елементів та їх співвідношення й отримання результатів упровадження тих чи інших рішень. Об'єднання технології інтернету речей з цифровим двійником міста сприятиме прийняттю важливих рішень на підставі прогнозу майбутньої ситуації, з огляду на поточний реальний стан елементів міста та його інфраструктури.

Як прототип реального міста, цифровий двійник уможливорює аналіз життєвих циклів об'єкта, його реакцію на можливі зміни та зовнішні впливи. Це точне відображення у цифровій реальності реального міста, інформація про яке надходить з

різного роду датчиків, систем моніторингу та лічильників ресурсів [12]. Цифровий двійник дозволяє проводити передбачувану аналітику, ставити віртуальні досліди, отримувати інформацію та прогнозувати поведінку всього міста або його окремих систем. Цифровий двійник допомагає синхронізувати і зв'язати воедино всі внутрішні структури і характеристики міста: водопостачання, електрифікацію, подачу газу, завантаженість доріг, послуги охорони здоров'я та освіти, екологічний стан, а отже, побачити загальну картину міста і прискорити процеси обміну інформацією між різними структурами. Отриманий досвід можна перевести в реальність, якщо він вдалий, або відмовитися від нього, якщо він негативний. Усе це здійснюється при мінімальних витратах, за економії часу та без шкоди для реального міста.

Головні плюси цифрового двійника міста:

1) усі зміни здійснюються на стадії моделювання та проектування, тому ймовірність помилки в реальності мінімальна;

2) кількість і обсяг віртуальних випробувань практично не обмежені;

3) прискорюється міжгалузевий обмін даними;

4) швидкість реакції на зміни збільшується в рази, система видає оптимальне рішення за лічені хвилини / години;

5) потреба в реальних випробуваннях практично зникає або значно скорочується.

Цифровий двійник міста – це складна комплексна модель, що впроваджується за етапами. Спочатку визначається міська проблема, яку необхідно вирішити, але це неможливо зробити традиційними способами. На першому етапі формується двійник, який починає збирати й накопичувати інформацію про об'єкт. Далі до цифрового двійника додається штучний інтелект, різні сервіси, двійник зростає і на останньому етапі він розвивається до цільової моделі, яка вже повністю повторює фізичний об'єкт. На її основі вже можна робити аналіз, моніторинг і управління міським господарством. Отже, управління містом здійснюється на основі даних з використанням штучного інтелекту за такими напрямками:

– єдина міська платформа даних про жителів міста, міську інфраструктуру, системи державного управління та бізнес-середовище;

– вільне використання великих даних міста;

– управління системами безпеки на основі обробки даних, що надходять в режимі реального часу, з використанням технологій штучного інтелекту;

– участь жителів міста у прийнятті рішень через електронні системи голосування на базі технології блокчейн;

– технології 3D-друку в будівельній індустрії;

– упровадження технології інформаційного моделювання.

Цифровий двійник міста забезпечує вирішення питань узгодженості даних, об'єднання розрізаних міських систем у єдиній платформі, розширення числа джерел даних, зв'язаних єдиною аналітикою, підвищення ефективності та швидкості прийняття управлінських рішень, формування нових бізнес-моделей для міста й бізнесу, а також створення нових ринків товарів і послуг, професій та робочих місць.

**Система побудови розумного міста на основі системи вимог, заснованих на стандартах.** Розумне місто об'єднує в собі безліч різних технологій і систем, які повинні забезпечувати:

- можливість отримання об'єктивних актуальних даних про міську інфраструктуру, на основі яких приймаються управлінські рішення;
- виникнення нових сервісів користування первинними послугами житлово-комунального господарства, екологічних, громадського транспорту, охорони здоров'я, освіти тощо;
- можливість агрегації великих даних для подальшого аналізу їх використання з метою підвищення якості надання послуг і сервісів.

Інформаційні технології неперервно вдосконалюються, тому розумні міста повинні постійно покращувати свої послуги з позиції безпеки, ефективності енергосистем та загального добробуту жителів міста. За цих умов актуальним і дуже важливим завданням є захист даних розумного міста від атак на міські системи житлово-комунального господарства і системи управління містом. До таких атак належать складні кібератаки на інфраструктуру міста, які погіршують життєдіяльність усіх міських систем, на вузли керування промисловими системами, що призводить до зниження працездатності окремих компонентів підприємства або відмови підприємства загалом при маніпуляції з датчиками та сенсорами. Також слід зазначити загрози зловживання глобальними і корпоративними мережами, їх блокування, незаконного отримання особистих даних.

Для того, щоб убезпечити інформаційні технології розумного міста від різних видів атак, необхідна розробка стандартів серії "Інформаційні технології реалізації цифрової трансформації економіки". До об'єктів стандартизації належать технології:

- інтернету речей, інтернету будівель, інтернету енергії, інтернету транспорту;
- інформаційного моделювання в будівництві;
- хмарні технології та платформи;
- великих даних;
- розподілених реєстрів тощо.

У деяких країнах, де успішно реалізуються програми з розвитку розумних міст, розробляються гармонізовані з міжнародними національними стандарти, що забезпечують стійкий розвиток

міського господарства на основі отримання індикаторів міських сервісів і якості життя.

Збирання даних від міст і їх аналіз здійснює міжнародна організація Всесвітня рада по міських даних (World Council on City Data, WCCD), яка виконує функції сертифікації міст щодо їх відповідності ISO-стандартам. За державної підтримки модернізації інфраструктури міста компанії отримують можливість інвестувати в комерційно вигідні проекти. Використання стандартів допомагає кількісно виміряти стан справ за різними напрямками в містах та визначити проблемні сфери. Приймаючи рішення на підставі отриманих даних, міста покращують ключові показники та зміцнюють позиції в міжнародному реєстрі WCCD.

Дослідження напрямів розвитку і критеріїв розумного міста здійснюється з урахуванням міжнародних стандартів (ISO) і напрацювань Британського інституту стандартів (BSI). Метрики ISO-стандартів відображають діяльність за різними напрямками: підвищення якості послуг, ефективності інфраструктури та окремих об'єктів. Це передбачає оптимізацію систем енергопостачання, водопостачання, громадського транспорту, освітлення тощо на основі комплексного використання аналітики. У 2014–2015 рр. розроблені ISO-стандарты, в яких зазначено, що існує три рівні проектів: інфраструктурний рівень, рівень об'єктів і рівень міських послуг [13]. У стандартах визначено перелік цільових показників, вимірювання і контроль яких дозволяє містам оцінювати їх розвиток. Так, стандарт ISO 37120:2014 "Сталий розвиток громади. Показники міських послуг та якості життя" регламентує 46 обов'язкових і 56 допоміжних показників за 17-ма напрямками. Стандарт ISO 37151:2015 "Інтелектуальні інфраструктури комунального господарства. Принципи та вимоги до системи робочих показників" містить методичку оцінки продуктивності комунальної інфраструктури розумних міст за 14-ма категоріями основних потреб спільноти (відповідно до інтересів мешканців міста, місцевої влади та навколишнього середовища).

Критерії Міжнародного союзу електрозв'язку (МСЕ), спеціалізованої установи ООН з інформаційно-комунікаційних технологій, який відповідає за розробку міжнародних стандартів, обґрунтовують основні показники функціонування розумних міст, що мають бути відповідними точками для прийняття рішень і підвищення рівня стійкості міської системи до загроз.

**Зарубіжні практики створення розумних міст.** Як правило, розумні міста проєктуються з нуля і не розраховані на розширення, додаткове будівництво та інші зміни. Кожна квартира в такому місті оснащена системою "розумний дім". Усі процеси в цій квартирі, починаючи від відкривання замків і до регулювання освітлення, є автоматизо-

ваними. На вулицях стоїть безліч камер і датчиків, які регулюють транспортний потік, повідомляючи при цьому про необхідність ремонту та інші потреби. У такому місті не повинно бути шкідливого виробництва. Всі системи споживають екологічно чисту енергію. Наразі такі системи не дуже мають попит у населення через їх велику вартість. Так, спеціально побудоване розумне місто Сонгдо (Південна Корея) не породило зацікавленості у корінного населення та іноземців, оскільки життя в ньому виявилось неймовірно дорогим.

Водночас для того, щоб зробити місто розумним, вважаємо, немає необхідності будувати його ізольовано. Необхідно модернізувати системи, які є чинними в містах.

**Упровадження цифрових рішень існуючих міських агломерацій на основі підходу “розумне місто”.** Цифрові технології дають можливість безмежного доступу до великого обсягу різноманітної інформації, що дозволяє забезпечувати відкрите інформаційне обслуговування населення на основі масового інформаційного обміну та масових комунікацій. У цьому напрямі рухаються такі міста світу, як Мельбурн, Токіо, Берлін, Сеул, Чикаго, Сан-Франциско, Нью-Йорк, Лондон, Сінгапур. Останній є найбільш високорозвиненим містом світу із добре налагодженою системою транспорту, де реальністю стали безпілотні автомобілі, в кожному будинку встановлені датчики для перевірки споживання води, електроенергії та вимірювання інших показників.

Поряд із Сінгапуром титул найрозумнішого міста у світі мають Лондон і Барселона [14]. Остання стала на шлях розумного міста в 2011 р. і модернізується поступово. Розумне місто в Барселоні розвивається за трьома напрямками: збирання даних із датчиків, обробка отриманих даних і подальше поширення інформації з каналів спеціалізованої інформаційної платформи. За допомогою операційної системи дані, зібрані з усіх датчиків, обробляються і прогноуються можливі ситуації із окресленням слабких місць, що допомагає планувати подальше безперебійне функціонування міської системи. У результаті місто отримує екологічно чистий транспорт, безпечний рух на транспортній мережі міста, розумне освітлення.

У Лондоні високорозвинений транспортний вузол забезпечує жителям і туристам вільну та зрозумілу орієнтацію в схемах підземних переходів і транспорту. Це допомагає планувати пересування по місту за допомогою онлайн-сервісів і додатків. У Нью-Йорку впроваджені пристрої, що розпізнають вібрацію від пострілів, а отже, поліцейські оперативно реагують і усувають загрозу. Місто визнано найбезпечнішим і мобільним. Сан-Франциско орієнтований на захист екології і називається найзеленішим розумним містом. Переробка відходів тут досягає 80%. Місто також

має найкращі результати в категорії “мобільність і продуктивність”. Чикаго став першим у запуску аналітичної платформи Windy Grid, яка дозволяє ознайомитися з корисною інформацією всього міста. Місто має найкращі результати у категоріях “мобільність” і “охорона здоров'я”. Сеул завдяки високотехнологічним ліхтарям, які економлять електроенергію, безкоштовному Wi-Fi тощо називається кібермістом. Також він має найкращі результати щодо охорони здоров'я та безпеки. У Берліні особлива увага приділяється енергозберігаючим технологіям, які зменшують викиди токсичних речовин; загалом у столиці Німеччини встановлені високі вимоги до досліджень і розробок технологій у сфері навколишнього середовища. Місто також демонструє найкращі результати в категоріях “охорона здоров'я” і “продуктивність”. Завдяки застосуванню передових технологій Токіо став мегаполісом хмарочосів з чистим повітрям. А завдяки розвиненій транспортній інфраструктурі нині тут можливо відстежувати і прогнозувати автомобільний трафік, що робить японську столицю містом з розумним транспортом, яке також має кращі результати у сферах охорони здоров'я і мобільності.

Київ тільки починає свій шлях до розумного міста. Наразі у столиці затверджена концепція “КИЇВ СМАРТ СІТІ 2020”, яка визначає засади інфраструктурного, технологічного та соціального розвитку міста, а також формує новий вектор трансформації міського простору [15]. Ця Концепція береться до уваги при розробці міських цільових програм. З уже реалізованих технологій можна назвати такі: 1) онлайн-оплата; 2) сервіс електронних петицій; 3) інтелектуальна система управління дорожнім рухом. Пріоритетними напрямками реалізації концепції є:

1) якісні комунальні послуги, що передбачає ефективне управління послугами житлово-комунального господарства (енергетика, водопостачання/водовідведення, поводження з відходами, зокрема перероблення твердих побутових відходів та очищення стічних вод, використання та збереження відновлюваних ресурсів);

2) інноваційне середовище, яке повинно забезпечити особливі умови для бізнесу та залучення інвестицій, розвиток електронних форм освіти та залучення громадян і бізнесу до сфери міських інновацій;

3) е-урядування, на основі якого Київ має стати демократичним містом, жителі якого будуть залучені до управління містом; передбачається визначення стратегії розвитку столиці, прозорість та контроль за міською політикою;

4) медицина, що охоплює використання технологій для забезпечення безпеки, швидкого реагування на екстрені виклики, уваги до проблем киян.

**Висновки.** Аналіз зарубіжних джерел, які описують концепцію, моделі, технології, платформи і стандарти розумного міста, показав, що застосування сучасних ІКТ є невід’ємною і головною рисою його формування. Розглянуті технології є не тільки головною рисою розумного міста, а й спрямовані на поліпшення якості життя населення, збільшення ефективності та доступності міських сервісів, підвищення рівня безпеки та захисту навколишнього середовища, розвитку соціально-економічної системи міста.

ІКТ у сфері житлово-комунального господарства забезпечують надійність і безпеку відповідних міських систем і ефективність використання ресурсів. Інтелектуальні технології застосовують для підвищення комфортності будинків, для додавання їм економічності, екологічності, енергоефективності та інших властивостей. Водночас перехід до моделі розумних міст в Україні обмежується відсутністю технічної бази для створення плат-

форм інформаційних технологій. Не розроблена дорожня карта цифрової трансформації національної економіки. Тому основними перешкодами на шляху цифрової трансформації міст в Україні є бар’єри для розвитку нових технологічних рішень через невирішені проблеми в галузі стандартизації нових технологій, роботи з великими даними.

На думку авторів статті, неабиякий інтерес для подальших наукових розвідок становить статистичне дослідження функціонування розумних міст, зокрема збирання та застосування великих даних для цієї мети, а також імплементація у реалії української економіки зарубіжного досвіду за правовими, соціальними, технологічними й освітніми аспектами.

Представлені наукові результати отримані в рамках НДР “Дослідження деяких аспектів функціонування соціально-економічних систем у цифровій економіці” (реєстраційний номер 0118U006677, 01.01.2019–31.12.2022 рр.).

### Список використаних джерел

1. Tan S. Y., Taeiagh A. Smart City Governance in Developing Countries: A Systematic Literature Review. *Sustainability*. 2020. 12 (3). 899. doi:10.3390/su12030899. URL: <https://ssrn.com/abstract=3526607>
2. Жукович І. А. Smart-міста як новий об’єкт статистичних досліджень: визначення терміна. *Статистика України*. 2015. № 1. С. 18–22.
3. Кунанець Н. Е., Небесний Р. М., Мацюк О. В. Особливості формування цілей соціальних та соціо-комунікаційних складових у проектах “розумних міст”. *Вісник Національного університету “Львівська політехніка”. Інформаційні системи та мережі*. 2016. № 854. С. 257–274.
4. Чукут С. А., Дмитренко В. І. Смарт-сіті чи електронне місто: сучасні підходи до розуміння впровадження е-урядування на місцевому рівні. *Інвестиції: практика та досвід*. 2016. № 13. С. 89–93.
5. Терновая И. А. Применение smart-критериев постановки целей в стратегическом планировании организации. *Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна, серія “Економічна”*. 2011. № 970. С. 381–385.
6. Корепанов О. С. Інноваційні методології використання “відкритих даних” для потреб “розумного” сталого міста // *Управління економічними процесами на макро- і мікрорівні: проблеми та перспективи вирішення: мат. III Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. молодих учених (Львів, 24 квітня 2018 р.)*. Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2018. С. 56–58.
7. Smart cities: Digital solutions for a more livable future / Woetzel J. et al. McKinsey Global Institute. 2018. 18 p. URL: <https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/smart-cities-digital-solutions-for-a-more-livable-future>
8. Мунистер В. Д. Компьютерные сети. IoT & межмашинное взаимодействие: учеб.-теор. издание. Москва: Интернет-издание, 2020. 100 с. URL: <https://www.twirpx.com/file/3020982/>
9. Зараменских Е. П., Артемьев И. Е. Интернет вещей. Исследование и область применения: монография. Москва: ИНФРА-М, 2018. 188 с. URL: <https://znanium.com/catalog/product/959279>
10. Саак А. Э., Тюшняков В. Н., Пахомов Е. В. Модели информационно-технологической структуры умного города. *Фундаментальные исследования*. 2017. № 10, Ч. 2. С. 387–391. URL: <https://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=41845>
11. Кононова О. В., Павловская М. А. Технологии цифровой экономики в проектах умный город: участники и перспективы. *Современные информационные технологии и ИТ-образование*. 2018. Т. 14., № 3. С. 692–706. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-tsifrovoy-ekonomiki-v-proektah-umnyy-gorod-uchastniki-i-perspektivy>
12. Atzori L., Antonio L., Giacomo M. From “smart object” to “social object”: The next evolutionary step of the internet of things. *IEEE Communications Magazine*. 2014. Vol. 52, 1. P. 97–105. URL: [https://www.academia.edu/29491011/From\\_smart\\_object\\_o\\_smart\\_social\\_a\\_next\\_evolutionary\\_of\\_IoT](https://www.academia.edu/29491011/From_smart_object_o_smart_social_a_next_evolutionary_of_IoT)
13. Технічне регулювання у сфері стандартизації “розумних громад” та “розумних міст”: європейський досвід. Аналітична записка. URL: <http://old2.niss.gov.ua/articles/2338/>
14. Ismail N. What are the most advanced smart cities in the world? 2018. URL: <https://www.information-age.com/advanced-smart-cities-world-123470745/>
15. Концепція “КІІВ СМАРТ СІТІ 2020”. URL: <https://www.kyivsmartcity.com/concept/>



References

1. Tan, S. Y., & Taeihagh, A. (2020). Smart City Governance in Developing Countries: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 12 (3), 899. Retrieved from: [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=3526607](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3526607)
2. Zhukovych I. A. (2015). Smart-mista yak novyi ob'ekt statystychnykh doslidzhen: vyznachennia termina [Smart-city as a new object of statistical research: definition of the term]. *Statystyka Ukrainy – Statistics of Ukraine* 1, 18–22 [in Ukrainian].
3. Kunanets, N. E., Nebesnyi R. M., & Matsiuk O. V. (2016). Osoblyvosti formuvannia tsilei sotsialnykh ta sotsio-komunikatsiinykh skladovykh u proektakh “rozumnykh mist” [Peculiarities of formation of goals of social and socio-communication components in projects of “smart cities”]. *Visnyk Natsionalnoho universytetu “Lvivska politekhnika”. Informatsiyni systemy ta merezhi – Journal of Lviv Polytechnic National University “Information Systems and Networks”, 854, 257–274* [in Ukrainian],
4. Chukut, S. A. & Dmytrenko, V. I. (2016). Smart-siti chy elektronne misto: suchasni pidkhody do rozuminnia vprovadzhennia e-uriaduvannia na mistsevomu rivni [Smart city or e-city: modern approaches to understanding the implementation of e-government at the local level]. *Investytsii: praktyka ta dosvid – Investments: practice and experience*, 13, 89–93 [in Ukrainian].
5. Ternovaya, I. A. (2011). Primeneniie smart-kriteriiev postanovki tseley v strategicheskoy planirovaniy organizatsii [Application of smart-criteria for setting goals in the strategic planning of the organization]. *Visnyk KHNU imeni V. N. Karazina – Bulletin of V. N. Karazin Kharkiv National University, Economic Series*, 970, 381–385 [in Russian].
6. Korepanov, O. S. (2018). Innovatsiini metodolohii vykorystannia “vidkrytykh danykh” dlia potreb “rozumnoho” staloho mista [Innovative methodologies for the use of “open data” for the needs of a “smart” sustainable city]. Proceeding from Management of economic processes at the macro- and microlevels: problems and prospects: III Mizhnarodna naukovo-praktychna internet-konferentsiia molodykh uchenykh (Lviv, 24 kvitnia 2018 roku) – 3rd International. *Scientific and practical internet-conference of young scientists*. (pp. 56–58). Lviv [in Ukrainian].
7. Woetzel, J., Remes, J., Boland, B., Lv, K., Sinha, S., & Strube, G., et al. (2018). Smart cities: Digital solutions for a more livable future. *McKinsey Global Institute*. Retrieved from <https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/smart-cities-digital-solutions-for-a-more-livable-future>
8. Munyster, V. D. (2020). *Kompiuternye seti. IoT & mezhmashynnoe vzaymodeistviye [Computer networks. IoT & machine-to-machine communication]*. Moscow: Uchebno-teoreticheskoe izdanie. Retrieved from <https://www.twirpx.com/file/3020982/> [in Russian].
9. Zaramenskykh, E. P., & Artemiev, Y. E. (2018). *Internet veshchei. Issledovanie i oblast pryimeneniia [Internet of Things. Research and scope]*. Moscow: INFRA-M. Retrieved from <https://znanium.com/catalog/product/959279> [in Russian].
10. Saak, A. E., Tiushniakov, V. N., & Pakhomov, E. V. (2017). Modeli informatsionno-tekhnologicheskoi struktury umnogo goroda [Models of the information technology structure of a smart city]. *Fundamentalnye issledovaniya. – Fundamental research*, 10, Part 2, 387–391. Retrieved from <https://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=41845> [in Russian].
11. Kononova, O. V. & Pavlovskaia, M. A. (2018). Tekhnologii tsyfrovoy ekonomyky v proektakh umnyy gorod: uchastniki i perspektivy [Digital Economy Technologies in Smart City Projects: Participants and Prospects]. *Sovremennyye informatsionnyye tekhnologii i IT-obrazovanie – Modern information technology and IT-education*, Vol. 14, 3, 692–706. Retrieved from <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-tsifrovoy-ekonomiki-v-proektah-umnyy-gorod-uchastniki-i-perspektivy> [in Russian].
12. Atzori, L., Antonio, L., & Giacomo, M. (2014). From “smart object” to “social object”: The next evolutionary step of the internet of things. *IEEE Communications Magazine*, Vol. 52, 1, 97–105. Retrieved from [https://www.academia.edu/29491011/From\\_smart\\_object\\_o\\_smart\\_social\\_a\\_next\\_evolutionary\\_of\\_IoT](https://www.academia.edu/29491011/From_smart_object_o_smart_social_a_next_evolutionary_of_IoT)
13. Tekhnichne rehuliuвання u sferi standartyzatsii “rozumnykh hromad” ta “rozumnykh mist”: yevropeyskyi dosvid [Technical regulation in the field of standardization of “smart communities” and “smart cities”: European experience]. (n.d.). *old2.niss.gov.ua*. Retrieved from <http://old2.niss.gov.ua/articles/2338/> [in Ukrainian].
14. Ismail, N. (2018). What are the most advanced smart cities in the world? *www.information-age.com*. Retrieved from <https://www.information-age.com/advanced-smart-cities-world-123470745/>
15. Kontseptsiiia “Kyiv Smart Sity 2020” [The Concept of “Kyiv Smart City 2020”]. *www.kyivsmartcity.com*. Retrieved from <https://www.kyivsmartcity.com/concept/> [in Ukrainian].

**O. L. Yershova,**

PhD in Economics, Associate Professor,  
Head of the Department,  
National Academy of Statistics, Accounting and Audit,  
Email: bogi2003@ukr.net  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3801-9730>;

**L. I. Bazhan,**

PhD in Economics, Senior Researcher,  
Head of the Department,  
International Research and Training Center for Information Technologies and Systems  
under NAS and MES of Ukraine,  
Email: bazmil@ukr.net  
ORCID: 0000-0002-6211-202X

### Smart City: Concept, Models, Technologies, Standardization

The digital transformation problems of modern urban economy are considered. Their relevance for Ukrainian cities is caused by the fact that there are already a significant number of "smart cities" in the world, which are comfortable for their residents and for the management of urban services. The outlined problem for Ukraine is that a complex scenario of intellectualization and digital transformation of Ukrainian cities has not been formed yet. Unresolved problems and challenges that hinder the digital transformation of Ukrainian cities, namely the lack of municipal information networks, are described. Areas of further research are outlined, in particular, the statistical study of "smart cities", which is based on the collection and application of large data for this purpose, as well as the implementation of foreign experience in the Ukrainian realities of the economy.

The digital transformation of cities is reviewed as a change of existing business models of urban services, the creation of smart mobility, smart resource consumption. An infographic unity of resources, services and management systems should be created in order to coordinate the actions of related structures and services in case of emergencies and unforeseen situations. This involves increasing technological literacy for different segments of the urban population. Three models of "smart cities" are proposed, the successful operation of each depends on investment, their rational management, as well as improving the level of digital skills of the population. The manufacturability of urban infrastructure should be based on megatrends in the field of information technology, namely: mobility, social communications, cloud technologies, big data and predictive analytics, machine learning and artificial intelligence, cybersecurity technology, the Internet of Things. These technologies are end-to-end for the whole set of technological solutions developed for "smart" cities. The scenario of development of "smart city" from the technological point of view is described; its basic components are: smart physical infrastructure; smart digital infrastructure; digital platforms; integrated digital platforms.

The idea of building a digital duplicate, which is an accurate reflection of the real city in digital reality – the information comes to it from various sensors, monitoring systems and resource counters. The received experience of functioning can be translated into reality if it is successful, or to refuse it. All this is done at minimal cost, time savings and without harm to the real city.

It is concluded that: information and communication technologies in the field of housing and communal services ensure the reliability and security of urban systems and resource efficiency; the formation of "smart cities" in Ukraine is limited by the lack of technical base for the creation of information technology platforms; a roadmap for the digital transformation of the national economy has not been developed.

**Key words:** *smart city, smart infrastructure, digital platform, internet of things, digital transformation of urban economy.*

Бібліографічний опис для цитування:

Єршова О. Л., Бажан Л. І. Розумне місто: концепція, моделі, технології, стандартизація. *Статистика України*. 2020. № 2–3. С. 68–77. Doi: 10.31767/su.2-3(89-90)2020.02-03.08.

Bibliographic description for quoting:

Yershova, O. L., & Bazhan, L. I. (2020). Rozumne misto – kontseptsiiia, modeli, tekhnolohii, standartyzatsiia [Smart City: Concept, Models, Technologies, Standardization]. *Statystyka Ukrainy – Statistics of Ukraine*, 2–3, 68–77. Doi: 10.31767/su.2-3(89-90)2020.02-03.08.