

О. ШПАК, П. ФЕДОРКА, М. ПРИГАРА

РОЗУМНІ МІСТА ТА ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ: ВПЛИВ РОЗРОБОК У СФЕРІ ІТ НА РОЗВИТОК МІСТ І ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ЖИТТЯ

Предметом дослідження є аналіз особливостей використання методів і можливостей інформаційних технологій, а також електронних пристроїв-носіїв Інтернету речей для розроблення комбінованої системи з метою визначення їх особливостей. **Мета роботи** – вивчення та аналіз використання розумних технологій для "розумного" міста на основі комбінування інформаційних технологій та пристроїв Інтернету речей, а також визначення ключових критеріїв розвитку сучасних міст та впливу на покращення якості життя для населення. Відповідно до мети сформовано такі **завдання**: розглянути основні можливості застосування інформаційних технологій у поєднанні з електронними вимірально-обчислювальними пристроями Інтернету речей; визначити особливості побудови моделей інформаційних технологій з підключенням пристроїв Інтернету речей до комутаційних мереж; проаналізувати архітектуру туманних та граничних обчислень для пристроїв Інтернету речей; з'ясувати основні ризики та проблеми з питань кібербезпеки з шифруванням інформації пристроїв Інтернету речей за допомогою спеціальних алгоритмів; встановити основні критерії кожної окремої системи розумних технологій для "розумного" міста; на основі виокремлених критеріїв з'ясувати доцільність потреб із потребами населення. **Актуальною проблемою** є визначення та дослідження основних можливостей використання розумних технологій з метою виявлення проблем, пов'язаних із доцільністю забезпечення потреб для населення. У статті розглядається та досліджується вплив комбінованої системи із сукупністю розумних технологій на покращення якості життя з використанням восьми розгалужених систем, а саме: "розумна" інфраструктура, "розумна" економіка, "розумне" довкілля, "розумне" управління, "розумний" транспорт, "розумні" послуги, "розумні" люди та "розумне" життя. Сукупність критеріїв кожної окремої системи необхідно проаналізувати й визначити відповідність до потреб населення для того, щоб комбінована система "розумного" міста мала змогу забезпечити населення умовами, здатними покращити якість життя. **Науковою новизною** роботи є розроблення та впровадження концепції комбінованої системи "розумного" міста для відповідності задоволення потреб серед населення з покращенням рівня якості життя. **Здобуті результати.** Розумні технології ґрунтуються на використанні сучасних технологій, інформації та інновацій для досягнення сталого розвитку окремих систем із визначенням критеріїв, де проаналізовано таке: "розумна" інфраструктура сприяє створенню зручного, ефективного та сталого міського середовища; "розумний" транспорт забезпечує покращення руху й мобільності, зменшує негативний вплив на довкілля, підвищує безпеку й зручність для громадян; "розумне" управління відіграє вагомий внесок у розвиток різних сфер, сприяючи ефективному використанню ресурсів, та покращує якість життя зі сталим розвитком для населення; "розумне" довкілля уможливує збереження природних ресурсів, зменшує негативний вплив на довкілля та забезпечує покращення якості життя для населення; "розумні" послуги сприяють сталому розвитку галузей охорони здоров'я, фінансів, логістики туризму, що допомагає створювати більш зручне й ефективне середовище для споживачів і покращувати якість і доступність різних послуг; "розумні" люди вкладають значний внесок у розвиток і застосування нових можливостей для розроблення інформаційних технологій у поєднанні з Інтернетом речей; "розумне" життя забезпечує сталий розвиток для громадян на основі використання технологій з покращення аспектів повсякденного життя; "розумна" економіка створює умови для впровадження технологічних рішень і сприяє більш ефективному функціонуванню економіки країни. **Висновки.** Результати дослідження демонструють вплив комбінованої системи "розумного" міста на покращення рівня якості життя, що пояснюється визначенням відповідності з потребами й умовами населення. Отже, сукупність критеріїв кожної розумної технології дає змогу трансформувати місто в загальну комбіновану систему з цифровим обслуговуванням для надання послуг. З огляду на здобуті результати та сформовану наукову новизну можна стверджувати, що кожна окрема система розумних технологій задовольняє різні потреби населення й може слугувати для подальшого дослідження щодо створення цифрової моделі "міста майбутнього" із залученням відповідного програмного забезпечення.

Ключові слова: інформаційні технології; Інтернет речей; розумні технології; комбінована система; "розумне" місто.

Вступ

За останні 20 років людство стало свідком значного прогресу, зумовленого появою комп'ютерних технологій та їх можливостей. Це пояснюється розвитком та вдосконаленням вимірально-

обчислювальних машин, які в сучасному світі використовуються в інформаційних технологіях (ІТ). Унаслідок спостерігаємо більш широке застосування ІТ та їх поєднання з Інтернетом речей (ІР) у повсякденному житті [1]. Зі стрімким розвитком науки й технологій, інтернет-індустрія перебуває

в стані безперервного реформування, де інтернет-технології й міське будівництво відкрило нові можливості для подальшого спорудження "розумних" міст [2]. Розробки у сфері ІТ роблять вагомий внесок у розвиток міст та покращення життя для населення, що пояснюється багатофункційністю, ефективністю та зручністю, які надають ІТ-рішення з метою усунення проблем, з якими можуть стикатися міста [2, 7]

"Розумні" міста у поєднанні з ІТ та ІР значно впливають на розвиток міст із покращенням якості життя для населення. Ці інноваційні технології забезпечують підвищення ефективності, зручності та безпеки для міського середовища. Наприклад, ІР можуть широко використовуватися для енергетичного сектору [2, 3], охорони здоров'я [4], екології та для вирішення екологічних проблем міського середовища [5], автоматизованих систем управління ресурсами [6], що в сукупності поєднує в собі розумні технології для покращення якості життя [7]. Тому однією з переваг використання розумних технологій для "розумних" міст є поліпшення інфраструктури та громадських послуг, що пов'язано із застосуванням сенсорів та з'єднанням з мережами ІР для отримання показників рівня забруднення повітря, використання електроенергії та води, а також забезпечення систем моніторингу руху транспорту та інші важливі системи, які можуть безпосередньо стосуватися міського середовища. Такі показники дають змогу великим населеним пунктам здійснювати обґрунтоване планування розвитку, раціонально використовувати ресурси, покращувати рівень комфорту для населення та вдосконалювати якість життя [2, 7].

Системи моніторингу транспорту та дорожнього руху в громадському середовищі є відносно новими технологіями для забезпечення безпеки способом постійного спостереження за допомогою цифрових технологій (відеокамер та систем сповіщення) [8]. Системи моніторингу призначені для проведення відеоспостереження на вулицях і в громадських приміщеннях, що дає змогу знизити ризик виникнення неприємних інцидентів, аварій зі швидким реагуванням на них. Наприклад, використання систем моніторингу виявляє затори в реальному часі та проводить автоматичне управління сигналізацією світлофорів, що сприяє ефективному поліпшенню руху міського транспорту та зменшує навантаження на дороги [9].

"Розумні" міста стимулюють інновації та розвиток галузей ІТ міського середовища, а також відіграють важливе значення для ІТ-компаній та молодих

фахівців, що зі свого боку сприяє економічному зростанню міст. Унаслідок цього міста стають більш конкурентоспроможними в глобальному економічному середовищі й приваблюють інвестиції [10]. Саме тому "розумні" міста та ІР значно впливають на розвиток міст і покращують якість життя населення, допомагають підвищити ефективність та безпеку, поліпшують інфраструктуру та комунальні послуги, сприяють інноваціям та економічному зростанню. Поширення зазначених технологій у містах, безперечно, є ключем до створення більш сталого, технологічного й комфортного міського середовища.

Сучасний стан розвитку ІТ та впровадження ІР в єдину систему "розумного" міста містить безліч факторів, які можуть спричинити порушення ще на початковому етапі розроблення. Наприклад, у проектуванні інтернет-застосунку необхідно зважати на дизайн, користувацький інтерфейс, з'єднання з мережею Інтернет та протоколи безпеки, де невиконання одного з перелічених пунктів може спричинити збій у системі та до витоку конфіденційної інформації. Інші проблеми можуть бути пов'язані з енергозабезпеченням пристроїв ІР (датчиків), оскільки вони мають нетривалий термін безперебійної роботи.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

За деякими оцінками, якщо до 2050 р. близько 65 % населення всього світу житиме у великих містах, це спричинить значний приріст кількості населення, що потребуватиме впровадження тенденцій стійкого розвитку у великих містах з ефективним місцевим управлінням. Однак сучасна практика місцевого розвитку та управління не спроможна загальмувати деякі загрозливі наслідки нестійкої урбанізації, що унеможливило покращення якості життя для населення. Тому з метою забезпечення й покращення рівня якості життя розглядаються ІТ з поєднанням ІР, що об'єднує в собі загальну систему управління для створення розумних технологій та "розумних" міст [11].

У роботі [12] описуються прості набори даних розумного міста на основі Інтернету речей (автомобільна мережа, "розумне" паркування, "розумний" дім, забруднення доквілля, моніторинг погоди), що розглядаються як аналіз для створення "розумного" міста з рішенням міського планування. Автори запропонували архітектуру, що складається з чотирьох рівнів, а саме: функції збору, агрегації,

зв'язку, оброблення та інтерпретації з використанням технологій *Hadoop* та *Spark*, що дає змогу обробляти інформацію в реальному часі. Запропонована архітектура із системою дають змогу надавати ефективні результати, працюючи з великим набором даних, що пояснюється пропускнуою здатністю системи, яка збільшується зі збільшенням розміру даних. Однак для того, щоб реалізувати запропоновану архітектуру, необхідно звернути увагу на безпеку передачі інформації та проаналізувати всі можливі варіанти її витоку, що ставить під загрозу існування та користування такою запропонованою системою.

Очікується, що ринок "розумних" міст у найближчі 20–25 років перевищить позначку 1,8 трильйона доларів, проте взаємозв'язок між віртуальною та фізичною інфраструктурою забезпечує роботу "розумного" міста, що створює нові ризики для кібербезпеки. У роботі [12] подані рекомендації щодо конфіденційності та безпеки в "розумних" містах. Автори наголошують, що з кожною додатковою точкою доступу вразливість чутливої інформації зростає, а "розумні" міста можуть бути вразливими до численних методів кібератак, наприклад, віддалене користування та глушіння сигналів, завантаження шкідливого програмного забезпечення, маніпуляції з інформацією тощо. У праці [12] наголошується, що застосування сучасних "розумних" технологій у поєднанні з ІТ підвищує безпеку, зменшує трафік, знижує рівень забруднення довкілля та покращує загальний стан якості життя для населення.

Деякі з досліджень дають змогу використовувати технології блокчейн у "розумному" місті для сталого розвитку й управління містом. У роботі [13] автори проаналізували можливість, як міста за допомогою технологій блокчейну можуть вдосконалюватися в багатьох сферах, наприклад, мобільність, комунальні послуги, управління, ресурси та логістика. Автори запропонували структуру інтеграції "розумного" міста та блокчейну способом опитування серед значної кількості населення для того, щоб виявити сприйняття громадянами "розумного" та сталого розвитку міста запропонованої структури. Водночас у роботі [14] на основі критичного аналізу автор досліджує, як недостатньо вивчений взаємозв'язок між "розумністю" та "сталістю" в контексті міського розвитку можуть мати розбіжності, що, імовірно, спричинить паралельні режими сталості унаслідок невідповідності розумних технологій і суспільних потреб. Тому для формування комплексного

розуміння взаємозв'язку між розумними технологіями та міським життям, у статті [15] розглядаються та аналізуються розумні технології в широкому розумінні, де прикладом застосування таких технологій можуть бути застосунки для смартфонів і накопичувальні пристрої-носії (смарт-годинники, автономні транспортні засоби, інтелектуальні транспортні системи, БПЛА, роботи й "розумні" будинки), що генеруються розумними технологіями.

Постановка проблеми.

Мета роботи й завдання

У розвитку міст за допомогою ІТ є безліч можливостей, що породжують нові виклики для вирішення проблем. До найбільш поширених питань належить недостатня кількість інфраструктури, незабезпеченість населення доступом до технологій, проблеми з кібербезпекою та конфіденційністю інформації, а також технологічними інноваціями, які ставлять під загрозу збереження історичної та культурної спадщини міст. Також необхідно збалансувати впровадження таких технологій, щоб уникнути цифрового розриву, коли деякі користувачі матимуть доступ до інновацій, а інші ні. Тому необхідно вирішувати ці виклики на рівні політики, інфраструктури та доступу до навчання.

Розроблення "розумних" міст із використанням ІР також супроводжується новими викликами, що визначаються такими чинниками:

1) кібербезпека (зростання кількості підключених пристроїв створює більшу вірогідність для кібератак), яка потребує захисту від несанкційного доступу та зломів, оскільки вразливість одного пристрою може поставити під загрозу всі інші пристрої в наявній системі;

2) конфіденційність даних (збір величезної кількості інформації від підключених пристроїв здатний порушити особисту конфіденційність користувачів), що може забезпечуватися ефективним зберіганням та обробленням інформації на основі використання стандартів конфіденційності;

3) стандартизація (відсутність єдиної стандартизації може призвести до розбіжностей між пристроями та системами, що, імовірно, ускладнить їх взаємодію та інтеграцію);

4) енергозабезпечення (безліч пристроїв ІР мають обмежену потужність і живлення від батареї), завданням якого є забезпечення ефективного

управління енергоспоживанням, щоб не обмежувати функційність та продуктивність системи;

5) управління ресурсами (розширення "розумних" міст та використання IP вимагає потужних обчислювальних ресурсів та інфраструктури);

6) вартість (реалізація "розумних" міст та IP-систем може бути дорогим завданням, що пов'язано зі встановленням і облаштуванням нових пристроїв та інфраструктури);

7) людський фактор (успіх таких проєктів безпосередньо залежить від прийняття та залучення населення до використання нових та інноваційних технологій, недоцільне навчання або невідповідна підготовка може стати перешкодою).

Предмет дослідження – використання методів і можливостей інформаційних технологій, а також електронних пристроїв-носіїв Інтернету речей для розроблення комбінованої системи з метою визначення їх особливостей.

Метою роботи є дослідження та аналіз використання розумних технологій для "розумного" міста на основі комбінування інформаційних технологій та пристроїв Інтернету речей, а також визначення ключових критеріїв розвитку сучасних міст із впливом на покращення якості життя населення. Відповідно до мети сформовано такі **завдання**: розглянути основні можливості застосування інформаційних технологій у поєднанні з електронними вимірально-обчислювальними пристроями Інтернету речей; визначити особливості побудови моделей інформаційних технологій з підключенням пристроїв Інтернету речей до комутаційних мереж; проаналізувати архітектуру туманних і граничних обчислень для пристроїв Інтернету речей; з'ясувати основні ризики й проблеми з питань кібербезпеки із шифруванням інформації пристроїв Інтернету речей за допомогою спеціальних алгоритмів; визначити основні критерії кожної окремої системи розумних технологій для "розумного" міста; на основі виокремлених критеріїв з'ясувати доцільність потреб із потребами населення.

Актуальною проблемою є визначення та вивчення основних можливостей використання розумних технологій з метою виявлення проблем, які пов'язані з доцільністю забезпечення потреб для населення. У цій роботі розглядається та досліджується вплив комбінованої системи із сукупністю розумних технологій на покращення якості життя з використанням восьми розгалужених систем, а саме: "розумна" інфраструктура, "розумна" економіка, "розумне" довкілля, "розумне" управління,

"розумний" транспорт, "розумні" послуги, "розумні" люди та "розумне" життя. Сукупність критеріїв кожної окремої системи необхідно проаналізувати й визначити відповідність до потреб населення для того, щоб комбінована система "розумного" міста мала змогу забезпечити населення умовами, здатними покращити якість життя.

Науковою новизною роботи є розроблення та впровадження концепції комбінованої системи "розумного" міста для задоволення потреб серед населення та покращення рівня якості життя.

Матеріали й методи

Матеріалами в цій статті розглядаються елементи та пристрої передачі інформації – датчики та виконавчі пристрої, пов'язані між собою в комбінованій системі розумних технологій як носіїв інформації, що використовується для передачі, зберігання та виявлення проблем. Основні методи містять побудову двох систем, а саме застосування IT з підключенням пристроїв IP до комутаційних мереж для оброблення інформації та побудова архітектури туманних і граничних обчислень IP із застосуванням IT. Окрім того, наводиться стисла інформація про конфіденційність та безпеку з питань кібербезпеки.

Елементи Інтернету речей

Апаратний елемент пристроїв IP складається з датчика (що має живлення від батареї), виконавчого механізму й системи зв'язку. Функція датчика полягає в збиранні показників із певного середовища. Такими показниками можуть бути швидкість потоку, температура, тиск, фізичні рухи, відстань, маса тощо. Зібрана інформація обробляється на пристрої, після чого вона може бути відправлена на віддалені сервери через мережу зв'язку [17]. На рис. 1 подано структуру взаємодії IP за допомогою комутаційних мереж різного застосування.

Датчики є пристроями IP, здатними збирати та переробляти необхідну інформацію для передачі пристроям-отримувачам, отже, датчики є енергоємними пристроями системи IP. Єдиним і суттєвим недоліком для повноцінного впровадження технології IP є обмеження часу автономної роботи пристроїв. За допомогою високого споживання енергії здійснюється збір значної кількості інформації

з подальшим опрацюванням. Кількість і точність інформації безпосередньо залежить від обмеженого терміну служби батареї, яку необхідно періодично

заряджати для надійності та безперебійності роботи, що є проблематичним для використання мільярдів взаємопов'язаних один з одним пристроїв [17].



Рис. 1. Можливість застосування ІТ з підключенням пристроїв ІР до комутаційних мереж із метою оброблення інформації.
Джерело: сформовано авторами на основі [17]

Архітектура туманних і граничних обчислень для ІР

Комплексна архітектура туману (рис. 2) ґрунтується на сучасній обчислювальній архітектурі та має три основні рівні передачі інформації: хмара, туман і край. Для надання мережних послуг між хмарою та туманом розташована опорна мережа,

хмара розміщена на верхньому рівні ядра й віддалена від граничних пристроїв. Туман розташований на середньому рівні та ближче до граничних пристроїв, ніж хмара, де кожен вузол туману підключений до хмари й з'єднані між собою, що свідчить про наявність зв'язку між туманними обчисленнями, туману з хмарою та туману з граничними обчисленнями [18].

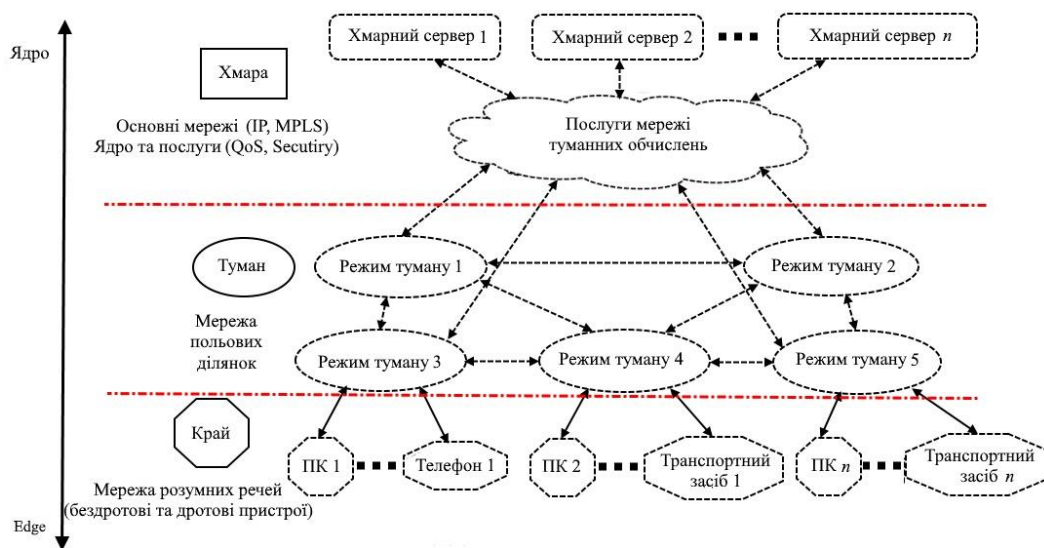


Рис. 2. Архітектура туманних і граничних обчислень для Інтернету речей із застосуванням ІТ.
Джерело: сформовано авторами на основі [18]

Хмара складається з високопродуктивних серверів і пристроїв зберігання великого обсягу інформації для її оброблення та аналізу. Хмара є центром зберігання віддаленого контролю та управління і дає змогу обробляти складні завдання. Надсилання інформації в хмару можливе за допомогою високошвидкісного бездротового й дротового зв'язку. Хмара як сховище забезпечує зберігання інформації для задоволення потреб користувачів, де також здійснюється інтелектуальний аналіз даних.

На відміну від хмари, туман складається з мережі взаємопов'язаних вузлів туманних обчислень і дає змогу забезпечити георозподілену, низьку затримку в обробленні та передачі даних. Кожен вузол туману є ресурсом центру зберігання ефемерної інформації. Туманна хмара сприяє мережним трансформаціям, а основними функціями є збирання інформації, її завантаження та зберігання, обчислення та управління [18].

Кібербезпека та шифрування інформації Інтернету речей за допомогою алгоритмів

Для захисту інформації туманних обчислень застосовуються блокові алгоритми шифрування, які сприяють підвищенню захисту оброблюваної інформації між пристроями IP [20]. Здійснення процесу шифрування та дешифрування за допомогою блокових алгоритмів відбувається з використанням мови C++, розробленої на основі платформи з бібліотекою скриптів, і дає змогу здійснити програмну та апаратну реалізацію. Для програмної реалізації блокових алгоритмів шифрування можуть застосовуватися програмні забезпечення *Python* і *Matlab* із вбудованою бібліотекою скриптів. Для математичної оптимізації та орієнтованості на визначення розрядності платформи алгоритму шифрування використовується програмна реалізація. Для апаратних операцій та прискорення процесів обчислення з обробленням інформації застосовується апаратна реалізація, що містить сучасні процесори, потужні плати та відеокарти. Суттєва різниця між програмною та апаратною реалізацією полягає в швидкісних показниках під час використання різної довжини ключа блокового алгоритму [20].

"Розумне" місто

Об'єктом дослідження є "розумне" місто – міське середовище, у якому можуть використовуватися

інформаційні технології та дані для оптимізації функціонування, покращення якості життя населення та забезпечення сталого розвитку. "Розумне" місто містить такі аспекти:

- інфраструктура – застосування сучасних інфраструктурних рішень, підключених до мережі IP, а саме: дороги, будівлі, енергетичні системи й водопостачання;

- транспорт – оптимізація роботи транспорту, зокрема електричні автомобілі, інноваційні системи громадського транспорту та розумні системи управління трафіком;

- енергетика – використання енергозберігальних технологій, розподіл енергії, відновлювані джерела енергії та моніторинг енергоефективності;

- водопостачання та утилізація відходів – використання систем управління водопостачанням, зменшення витрат води, а також покращення утилізації відходів;

- підключення та з'єднання – високошвидкісний інтернет, бездротові мережі та доступ до інформації для громадян;

- управління інформацією – її збір, аналіз і застосування для вдосконалення керування містом;

- соціальна інтеграція – забезпечення доступу до технологій усіх верств населення та розвиток соціальних ініціатив;

- безпека – використання систем відеоспостереження, розумних систем безпеки та моніторингу;

- управління містом – використання аналітики даних для прийняття рішень з планування розвитку міста, управління ресурсами, реагування на кризові ситуації тощо.

Результати досліджень та їх обговорення

Інформаційні технології змінили розвиток міст і покращили якість життя, що зумовлено поєднанням міської системи з розумними технологіями. Розглянемо деякі такі системи в табл. 1. У ній наводяться основні міські системи, джерела (вихідні виконавчі органи) та обґрунтування з показниками, що є окремим складником міської системи.

Міська інфраструктура стосується розбудованого середовища, зокрема транспортної інфраструктури (дороги, мости, тунелі, місця паркування, пішохідні зони); водної інфраструктури (водопостачання, водовідведення та санітарії, що використовуються

для водопостачання, водовідведення та зливової каналізації); енергетична інфраструктура застосовується для постачання електроенергії, газу та централізованого теплопостачання, а також для громадського освітлення; інфраструктура для збирання та перероблення муніципальних відходів; громадські будівлі, що використовуються для спорту, мистецтва, культури, освіти, охорони здоров'я та адміністрації.

Показники мають містити цифрову модель міської інфраструктури із застосуванням цифрових інструментів, таких як ГІС (географічна інформаційна система) та БІС (будівельна інформаційна система); динамічні показники, пов'язані з функціонуванням інфраструктури, зокрема споживання рідини, потік, тиск, якість рідини, електрична напруга, частота струму, температура й вологість.

Таблиця 1. Основні показники для "розумного" міста.

Джерело: сформовано авторами на основі [21]

Міська система	Джерело	Показники
Міська інфраструктура	Міська та міжгалузева адміністрація, постачальники міських послуг, менеджери об'єктів	Цифрова модель з географічною прив'язкою для архітектури й компонентів (географічна інформаційна система, інформаційне моделювання будівель), показники щодо функціонування (трафік, затори, споживання, потік, тиск, якість, напруга, частота, температура та вологість, доступність)
Міське середовище	Міська адміністрація, екологічні та метеорологічні служби (неурядова організація), міські постачальники з надання послуг, громадяни, державні органи	Індикатори щодо забруднення повітря, якості води та ґрунтів, біорізноманіття, зокрема зелені зони, біологічні види, показники громадського здоров'я та показники безпеки
Міські послуги	Міська адміністрація, а також постачальники міських послуг (транспорт, вода, енергія, муніципальні відходи), громадяни, компанії	Показники щодо якості, наявності, доступності, ризиків міських послуг (мобільність, енерго- та водопостачання, телекомунікації, муніципальні відходи, санітарія, охорона здоров'я, освіта, культурні, спортивні та мистецькі заходи)
Зацікавлені представники міста	Громадяни та політичні особи, постачальники міських послуг і соціально-економічних суб'єктів	Показники для громадян щодо міських показників (міські послуги, стратегії, значущі проекти, аналіз впливу, фінанси). Інформація від громадян, зокрема з відгуками та оцінкою про міські послуги, функціонування міста, якість життя, а також пропозиції щодо покращення
Соціально-економічна діяльність	Міська адміністрація, органи державної влади, громадські органи влади, менеджери та провайдери соціальної діяльності, економічні суб'єкти	Показники щодо типу й розподілу соціально-економічної діяльності, потенціалу будівель, промислового та інноваційного потенціалу, привабливості міста, наявності та використання культурних і спортивних об'єктів, наявності комерційних і промислових земельних ділянок, наявності робочої сили

З огляду на інформацію з табл. 1 можна схарактеризувати сукупну систему, яка поєднує в собі ІТ та ІР, що в сукупності створює загальну систему розумних технологій. На відміну від традиційного управління містом, технологія "розумного" міста має ширші можливості для "розумної" інфраструктури, економіки, управління та надання послуг. Тому "розумне" місто об'єднує окремі системи розумних технологій, що відповідають за управління розумними системи з метою уникнення та вирішення проблем, а також надають користувачам можливість для створення "розумного" суспільства. Для цього була побудована модель, що об'єднує системи з їх компонентами в єдине ціле й містить взаємозалежність одна з одною, як показано на рис. 3.

"Розумна" інфраструктура є сучасною інфраструктурою, що обладнана інформаційними технологіями й сенсорами, які дають змогу збирати, аналізувати та використовувати інформацію для оптимізації, функціонування та покращення якості послуг для громадян. У табл. 2 наведені основні ознаки "розумної" інфраструктури.

"Розумна" економіка складається з концепції, що ґрунтується на використанні інформаційних технологій, показників та інновацій для сталого зростання, покращення якості життя та оптимального застосування ресурсів. Основною ідеєю "розумної" економіки є впровадження технологічних рішень, що сприяють більш ефективному функціонуванню економіки на користь для країни. У табл. 3 наведено основні ознаки "розумної" економіки.

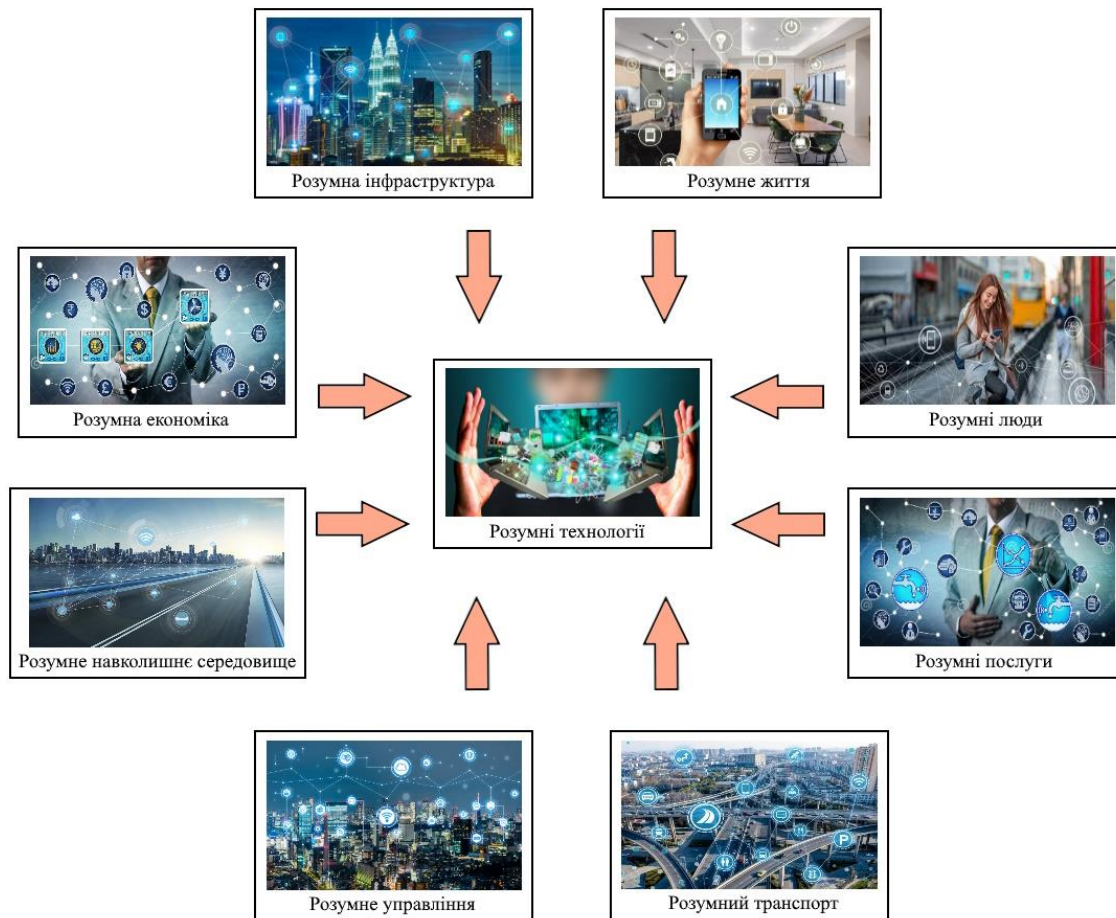


Рис. 3. Застосування розумних технологій у сфері інформаційних технологій та їх можливості

Таблиця 2. Основні ознаки "розумної" інфраструктури

Ознака	Пояснення
Підключеність	"Розумна" інфраструктура ґрунтується на підключенні різних елементів – від доріг і будівель до енергетичних систем і водопостачання до мережі IP, що дає змогу збирати інформацію та обмінюватися нею для оптимізації управління
Сенсори та датчики	"Розумна" інфраструктура містить різноманітні сенсори й датчики, що збирають показники про стан різних елементів інфраструктури. Це може бути інформація про рух транспорту, якість повітря, води, рівень води у водоймах тощо
Аналіз показників	Зібрані показники аналізуються за допомогою різних алгоритмів і штучного інтелекту для виявлення патернів, тенденцій і можливих проблем. Це дає змогу приймати обґрунтовані рішення
Оптимізація та управління	"Розумна" інфраструктура допомагає оптимізувати використання ресурсів, зменшити витрати енергії, покращити роботу транспорту, забезпечити ефективне водопостачання та відведення стічних вод тощо
Покращення якості життя	"Розумна" інфраструктура сприяє зростанню зручностей для громадян. Наприклад, вона може забезпечувати інформацію про транспорт, допомагати швидше реагувати на аварійні ситуації, покращувати якість водопостачання тощо
Сталість	"Розумна" інфраструктура може сприяти збереженню ресурсів і використанню енергії більш стало
Сприяння інноваціям	"Розумна" інфраструктура створює нові можливості для розвитку технологій та інноваційних підходів у різних галузях
Безпека й захист інформації	Важливий аспект "розумної" інфраструктури – це захист інформації та забезпечення кібербезпеки, оскільки значна кількість підключених систем може стати об'єктом кібератак

Таблиця 3. Основні ознаки "розумної" економіки

Ознака	Пояснення
Цифрова трансформація	Упровадження цифрових технологій, штучного інтелекту, аналіз інформації та автоматизації допомагає оптимізувати бізнес-процеси, підвищити продуктивність і забезпечити більш точне прийняття рішень
Інновації	Сприяння розвитку нових ідей, технологій і продуктів є ключовим аспектом "розумної" економіки. Інвестування в дослідження та розвиток, підтримка стартапів і співпраця між науковими галузями й бізнесом стимулюють інноваційний розвиток
Сталість та ефективність ресурсів	"Розумна" економіка, спрямована на зменшення витрат ресурсів, енергії та виробництва відходів. Застосування "зелених" технологій і практик допомагає зберігати довкілля та покращує сталість та ефективність ресурсів
Гнучкість та адаптивність	"Розумна" економіка спроможна швидко адаптуватися до змін у суспільстві та ринкових умов. Гнучкість управління та здатність до реагування на зміни вимагають найменших витрат
Відкритий доступ до інформації	Інформація є цінним активом "розумної" економіки. Забезпечення доступу до інформації та її оброблення допомагають виявляти тенденції, прогнозувати ризики й розвивати нові можливості
Соціальна інтеграція	"Розумна" економіка має враховувати потреби різних верств суспільства, забезпечуючи доступ до технологій та можливості для всіх
Створення нових ринків	"Розумна" економіка сприяє виникненню нових секторів і ринків, що ґрунтуються на інноваціях і технологіях

Однак упровадження "розумної" економіки також створює нові виклики, зокрема питання конфіденційності інформації, регулювання нових технологій та адаптація робочої сили до нових вимог.

"Розумні" люди – це користувачі, що мають досвід у застосуванні розумних технологій, а також фахівці, які працюють у сфері ІТ та ІР і використовують технології для вирішення різноманітних завдань, які ще не були розглянуті. Безліч інженерів, розробників програмного забезпечення, дослідників та аналітиків проєктують нові технології (створюють апаратні та програмні рішення, що дають змогу різним пристроям і сенсорам підключатися до мережі ІР); аналізують інформацію (обробляють значні обсяги інформації, зібраної з підключених пристроїв для виявлення тенденції та взаємозв'язку); розробляють рішення для бізнесу, допомагаючи підприємствам і клієнтам; займаються аналітикою та штучним інтелектом, залучаючи методи штучного інтелекту для покращення функцій ІР і автоматичного управління та прогнозування несправностей тощо; проєктують нові застосунки для покращення різних аспектів життя від сільського господарства до медицини; досліджують нові технології та інновації для розвитку ІР та забезпечують його ефективність. Окрім того, фахівці також вивчають безпеку та впроваджують нові методи й заходи для забезпечення кібербезпеки в мережі ІР, щоб запобігти зломам і несанкційному доступу.

"Розумне" життя складається з концепції, що передбачає використання інформаційних технологій

та інновацій для покращення якості життя громадян, забезпечення зручності, безпеки та сталого розвитку. Ця концепція передбачає впровадження різних рішень і технологій, що допомагають зробити повсякденне життя більш комфортним та ефективним. До основних аспектів належать: зручність (платежі, покупки, резервації); покращення комфорту (використання автоматизованих систем для контролю за домашнім оточенням, освітленням, температурою тощо); здоров'я та добробут (застосування датчиків і пристроїв для відстеження стану здоров'я, фізичної активності та забезпечення здорового способу життя); безпека (використання систем відеоспостереження, сигналізації та інших технологій особистої безпеки); ефективне застосування ресурсів (зниження витрат енергії, води, матеріалів тощо); містять можливості ("розумні" міста та громади надають населенню доступ до інновацій, сучасних сервісів і можливостей для освіти, розваг та розвитку); екологічна сталість (використання технологій для підтримання сталого розвитку та мінімізації негативного впливу на довкілля); взаємодія з громадою (упровадження цифрових платформ для спілкування, залучення громадян до прийняття рішень і розв'язання важливих питань).

"Розумні" послуги застосовують ІТ, аналітику та інновації для покращення якості та ефективності надання послуг громадянам, бізнесу та іншим споживачам, що ґрунтуються на використанні інформації з наданням індивідуально налаштованих оптимальних рішень. До основних аспектів належать:

персоналізація; взаємодія та комунікація (використання цифрових платформ для забезпечення ефективної взаємодії між провайдерами послуг і споживачами); швидкість і зручність (розумні послуги спрощують процеси та роблять їх більш доступними й зручними для користувачів); покращення якості (використання інформації для постійного вдосконалення якості надання послуг); споживання за запитом ("розумні" послуги надаються за потребою та на запит користувачів); покращення ефективності (використання технологій для оптимізації процесів

і зниження витрат); прогнозування (використання аналітичних інструментів для прогнозування потреб і розвитку попиту на послуги).

"Розумне" управління залує використання ІТ з метою аналізу інформації для оптимізації управлінських процесів, прийняття обґрунтованих рішень і покращення ефективності різних сфер, зокрема бізнес, громадську адміністрацію, організації тощо. "Розумне" управління допомагає знизити витрати, покращити якість послуг і забезпечити сталість. Основні ознаки "розумного" управління наведені в табл. 4.

Таблиця 4. Основні ознаки "розумного" управління

Ознаки	Пояснення
Збір та аналіз інформації	Використання сенсорів, датчиків та іншого обладнання для збирання інформації про процеси, якості, взаємодію тощо. Аналіз цієї інформації допомагає отримати інсайти (сприйняття чогось неочевидного) для прийняття рішень
Штучний інтелект і аналітика	Використання алгоритмів машинного навчання та штучного інтелекту для виявлення патернів, прогнозування тенденцій та вирішення складних завдань
Автоматизація	Упровадження автоматичних процесів і роботизації для покращення ефективності та зниження ризиків помилок
Взаємодія з громадянами	Використання цифрових каналів комунікації для забезпечення ефективного спілкування та залучення громадян до прийняття рішень
Оптимізація ресурсів	Застосування інформації для оптимізації використання ресурсів, зокрема енергії, води, матеріалів тощо
Прогнозування	Використання аналітичних інструментів для прогнозування подій, змін і розвитку ситуацій
Моніторинг та управління	Системи моніторингу й керування, що дають змогу відстежувати різні параметри та втручатися в процеси за необхідності
Покращення послуг	Застосування технологій для поліпшення якості надання послуг, які забезпечуються організаціями та установами

"Розумний" транспорт складається з концепції використання ІТ та інформації для оптимізації руху транспорту, забезпечення безпеки, покращення якості послуг та зменшення впливу на довкілля. Мета "розумного" транспорту полягає в тому, щоб зробити міський рух більш ефективним, зручним і сталим. До основних ознак "розумного" транспорту належать: відстеження (застосування GPS і сенсорів для відстеження місця розташування транспортних засобів у режимі реального часу); трафік і навігація (використання інформації про рух транспорту та стан доріг для визначення оптимальних маршрутів та уникнення заторів); електрична мобільність (розроблення популяризації електричних автомобілів, забезпечення інфраструктури для їх зарядки); спільне використання транспорту (розвиток послуг спільного застосування транспорту, що допомагає зменшити кількість приватних автомобілів на дорогах); безпілотне управління (розроблення автономних автомобілів і систем автоматичного управління, що можуть знизити кількість аварій і покращити

ефективність руху); безпека (використання системи відеоспостереження, систем екстреної сигналізації та взаємодії транспортних засобів для покращення безпеки); ефективне управління публічним транспортом (застосування інформації та технологій для покращення графіків, руху й сервісу громадського транспорту); зменшення забруднення ("розумний" транспорт передбачає розвиток екологічних транспортних засобів та заходи для зменшення викидів речовин-забруднювачів); управління паркуванням (використання датчиків та інформації для оптимізації паркування та зменшення пошуку місць для стоянки).

Отже, "розумний" транспорт спрямований на покращення руху й мобільності, зменшення негативного впливу на довкілля, підвищення безпеки та зручності для громадян. Це важливий аспект сталого розвитку міст і сучасного транспортного середовища.

"Розумне" довкілля складається з концепції використання ІТ та інновацій для створення ефективних і сталих взаємодій між людьми,

технологіями та природним середовищем. Мета полягає в забезпеченні більш екологічної, здорової та сталої спільноти, де технології сприяють покращенню якості довкілля.

Перелічимо основні аспекти "розумного" навколишнього середовища.

1. Моніторинг природних ресурсів. Використання сенсорів і датчиків для збирання інформації про якість повітря, води, ґрунту та інших природних ресурсів, що допомагає відстежувати забруднення та сприяє кращому управлінню довкіллям.

2. Екологічний дизайн. Застосування технологій та інновацій в архітектурі, будівництві та дизайні для створення екологічно чистих і енергоефективних споруд.

3. Енергоефективність. Упровадження розумних систем керування енергією, використання відновлюваних джерел енергії та зменшення витрат енергії.

4. Розумне управління відходами. Застосування технологій для оптимізації сортування, перероблення та утилізації відходів.

5. Екологічний транспорт. Популяризація електричних, гібридних та інших екологічних видів транспорту.

6. Системи контролю забруднення. Використання моніторингових систем та інформаційних технологій для виявлення забруднення та швидкої реакції на екологічні кризи.

7. Залучення громадян. Упровадження цифрових інструментів для підвищення екологічної свідомості та залучення громадян до дій для покращення довкілля.

8. Сільське господарство та вирощування продуктів. Використання технологій "розумних" ферм для оптимізації вирощування й поліпшення врожаю.

З огляду на розглянуті ключові аспекти "розумного" довкілля можна зробити висновок, що ця технологія забезпечує збереження природних ресурсів, зменшує негативний вплив на навколишнє середовище та покращує якість життя. Тому така система здатна поєднувати в собі інновації з екологічною відповідальністю для створення більш сталого й здорового майбутнього.

Проаналізувавши загальну систему розумних технологій, припустимо, що кожна окрема система взаємопов'язана одна з одною й залежить від наявності електронно-вимірювальних і обчислювальних пристроїв, за допомогою яких вихідна інформація фіксується та оброблюється для виведення користувачеві цифрових даних. Аналіз основних ознак та аспектів кожної системи показав, що якість життя активно проникає як у міське, так і в сільське

середовище. Міста є вузловими точками для цивільних служб, таких як безпека, охорона здоров'я, санітарія, електропостачання, водопостачання тощо. Якість життя багатомірною й залежить від рівня реалізації основних потреб, вимог безпеки, соціалізації та психосоціальних чинників.

Автори в роботі [7] розглядають, як в наші дні якість життя можна досягти в майбутніх "розумних" містах, і підтверджують це звітами про практики якості життя в "розумному" місті. Завдяки технологічній революції відбувається значне економічне піднесення серед населення, яке готове витратити їх на поліпшення якості свого життя. Описано, як корпоративним гігантам доводиться співпрацювати з місцевими міськими будівельниками або бізнесменами, що працюють з нерухомістю для того, щоб будівельники могли отримати оновлені знання про розгортання нових технологій IP з метою підвищення ефективності роботи міста в майбутніх міських просторах. До них належать смарт-картки для доступу в будь-якому місці, а системи відеоспостереження, IP-камери для забезпечення безпеки громадян, автентифікація об'єктів і моніторинг подій є іншими важливими аспектами, а також RFID, ГІС і GPS – для логістики й транспорту.

Висновки й перспективи подальшого розвитку

У статті описано та розглянуто можливість використання інформаційних технологій з елементами електронних пристроїв для збирання інформації (датчиків). Визначено основні недоліки, а саме: датчики мають живлення від батареї та належать до енергоємних пристроїв з обмеженим часом автономної роботи; кількість і точність інформації безпосередньо залежать від обмеженого терміну служби батареї, якій властиво з часом розряджатися; термін роботи батареї має забезпечувати надійність безперебійної роботи зв'язаних пристроїв між собою; деякі можливості використання датчиків можуть бути обмеженими або недоступними. Тому суттєвим недоліком застосування інформаційних технологій у поєднанні з пристроями Інтернету речей є наявність застарілих цифрових пристроїв, які необхідно вдосконалювати та шукати нові рішення щодо забезпечення "розумного" міста безперебійним моніторингом. Окрім елементів Інтернету речей, у статті розглянуто комплексну архітектуру туману з описаним принципом передачі показників,

що складається з трьох рівнів (хмара, туман і край), а також описано можливості використання методів шифрування інформації Інтернету речей з питань кібербезпеки для підвищення рівня захисту під час оброблення інформації.

Розумні технології ґрунтуються на застосуванні ІТ, інформації та інновацій для досягнення сталого розвитку окремих систем. Визначено вплив кожної окремої системи з визначенням критеріїв відповідності: "розумна" інфраструктура забезпечує створення зручного, ефективного й сталого міського середовища; "розумний" транспорт дає змогу покращити рух і мобільність, зменшує негативний вплив на довкілля, підвищує безпеку та зручність для громадян; "розумне" управління здійснює вагомий внесок у розвиток різних сфер, сприяє ефективному використанню ресурсів і покращує якість життя зі сталим розвитком для населення; "розумне" довкілля дбає про збереження природних ресурсів, зменшує негативний вплив на довкілля та забезпечує покращення якості життя для населення; "розумні" послуги створюють умови для сталого розвитку галузей охорони здоров'я, фінансів, логістики туризму, що сприяє зручному й ефективному середовищу для споживачів, якості та доступності різних послуг; "розумні" люди вкладають значний внесок у розвиток і застосування нових можливостей для розроблення

інформаційних технологій у поєднанні з Інтернетом речей; "розумне" життя забезпечує сталий розвиток для громадян на основі використання технологій з покращення аспектів повсякденного життя; "розумна" економіка містить вагомий внесок для впровадження технологічних рішень і сприяє більш ефективному функціонуванню економіки країни.

На основі проаналізованих джерел визначено особливості застосування інформаційних технологій та електронних пристроїв-носіїв Інтернету речей з можливістю розроблення комбінованої системи "розумне" місто, де було розглянуто сукупність критеріїв кожної розумної технології окремо. Результати дослідження демонструють вплив комбінованої системи "розумного" міста для покращення якості життя, що пояснюється визначенням відповідності до потреб та умов населення. Отже, сукупність критеріїв кожної розумної технології дає змогу трансформувати місто в загальну комбіновану систему з цифровим обслуговуванням для надання послуг. Із здобутих результатів і сформованої наукової новизни можна стверджувати, що системи розумних технологій, які відповідають задоволенню потреб серед населення, можуть слугувати для подальшого дослідження щодо створення цифрової моделі "міста майбутнього" із залученням відповідного програмного забезпечення.

Список літератури

1. Aggarwal A. Internet of things driven perceived value co-creation in smart cities of the future: a PLS-SEM based predictive model. *Journal of Computational and Theoretical Nanoscience*. 2019. Vol. 16. №. 9. P. 4053–4058. DOI: <https://doi.org/10.1166/jctn.2019.8292>
2. Ahmad T., Zhang D. Using the internet of things in smart energy systems and networks. *Sustainable Cities and Society*. 2021. Vol. 68. P. 102–783. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102783>
3. Farahani B. Towards collaborative intelligent IoT eHealth: From device to fog, and cloud. *Microprocessors and Microsystems*. 2020. Vol. 72. P. 102–938. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.micpro.2019.102938>
4. Gómez J. E. IoT for environmental variables in urban areas. *Procedia computer science*. 2017. Vol. 109. P. 67–74. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.05.296>
5. Маркуц В. Застосування технологій Інтернету речей в автоматизованих системах управління ресурсами. *Стратегія економічного розвитку України*. 2023. № 52, С. 97–111. DOI: <https://doi.org/10.33111/sedu.2023.52.097.111>
6. Madakam S., Ramaswamy R., Date H. Quality of life. Palava smart city: A case study. *Global Business Review*. 2019. Vol. 20. №. 3. P. 708-742. DOI: <https://doi.org/10.1177/097215091772182>
7. Garcia-Retuerta D. An efficient management platform for developing smart cities: Solution for real-time and future crowd detection. *Electronics*. 2021. Vol. 10. №. 7. 765 p. DOI: <https://doi.org/10.3390/electronics10070765>
8. Sarrab M., Pulparambil S., Awadalla M. Development of an IoT based real-time traffic monitoring system for city governance. *Global Transitions*. 2020. Vol. 2. P. 230-245. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.glt.2020.09.004>
9. Liu D. A new model to investigate the impact of innovative IT services on smart urban growth: The mediating role of urban planners' knowledge. *Growth and Change*. 2021. Vol. 52. №. 2. P. 1040–1061. DOI: <https://doi.org/10.1111/grow.12483>
10. Yigitcanlar T. Smart cities: An effective urban development and management model. *Australian Planner*. 2015. Vol. 52. №. 1. P. 27–34. DOI: <https://doi.org/10.1080/07293682.2015.1019752>

11. Rathore M. Urban planning and building smart cities based on the internet of things using big data analytics. *Computer networks*. 2016. Vol. 101. P. 63–80. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2015.12.023>
12. Das A., Sharma S. C. M., Ratha B. K. The new era of smart cities, from the perspective of the internet of things. Smart cities cybersecurity and privacy. *Elsevier*. 2019. P. 1–9. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815032-0.00001-9>
13. Wong P. The potential of integrating blockchain technology into smart sustainable city development. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing. 2020. Vol. 463. №. 1. P. 12–20. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/463/1/012020>
14. Woods O. Subverting the logics of "smartness" in Singapore: Smart eldercare and parallel regimes of sustainability. *Sustainable Cities and Society*. 2020. Vol. 53. P. 101–940. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101940>
15. Zhang J., He S. Smart technologies and urban life: A behavioral and social perspective. *Sustainable Cities and Society*. 2020. Vol. 63. P. 10–2460. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102460>
16. Firouzi F., Chakrabarty K., Nassif S. Intelligent internet of things: From device to fog and cloud. Springer Nature. 2020. XII, 647 p. URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-30367-9>
17. Zhang P. Y., Zhou M. C., Fortino G. Security and trust issues in fog computing: A survey. *Future Generation Computer Systems*. 2018. Vol. 88. P. 16–27. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.05.008>
18. Chowdhury A. R. MAES: Modified advanced encryption standard for resource constraint environments. *2018 IEEE Sensors Applications Symposium (SAS)*. IEEE. 2018. P. 1–6. DOI: <https://doi.org/10.1109/SAS.2018.8336747>
19. Alassaf N. Enhancing speed of SIMON: A light-weight-cryptographic algorithm for IoT applications. *Multimedia Tools and Applications*. 2019. Vol. 78. P. 32633–32657. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11042-018-6801-z>
20. Shahrour I., Xie X. Role of Internet of Things (IoT) and crowdsourcing in smart city projects. *Smart Cities*. 2021. Vol. 4. №. 4. P. 1276–1292. DOI: <https://doi.org/10.3390/smartcities4040068>

References

1. Aggarwal, A., Mittal, R., Gupta, S., & Mittal, A. (2019). "Internet of things driven perceived value co-creation in smart cities of the future: a PLS-SEM based predictive model". *Journal of Computational and Theoretical Nanoscience*, Vol. 16 (9), P. 4053–4058. DOI: <https://doi.org/10.1166/jctn.2019.8292>
2. Ahmad, T., Zhang, D. (2021), "Using the internet of things in smart energy systems and networks". *Sustainable Cities and Society*, Vol. 68, P. 102–783. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102783>
3. Farahani, B., Barzegari, M., Aliee, F., Shaik, K. (2020), "Towards collaborative intelligent IoT eHealth: From device to fog, and cloud". *Microprocessors and Microsystems*, Vol. 72, P. 102–938. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.micpro.2019.102938>
4. Gómez, J., Marcillo, F., Triana, F., Gallo, V., Oviedo, B., Hernández, V. (2017), "IoT for environmental variables in urban areas". *Procedia computer science*, Vol. 109, P. 67–74. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.05.296>
5. Markuts, V. (2023), "Application of Internet of Things technology in automated resource management systems". ["Zastosuvannia tekhnologii internetu rechei v avtomatyzovanykh systemakh upravlinnia resursamy"]. *Strategy of economic development of Ukraine*. Vol. 52, P. 97–111. DOI: <https://doi.org/10.33111/sedu.2023.52.097.111>
6. Madakam, S., Ramaswamy, R., Date, H. (2019), "Quality of life. Palava smart city: A case study". *Global Business Review*, Vol. 20 (3), P. 708–742. DOI: <https://doi.org/10.1177/097215091772182>
7. Garcia-Retuerta, D., Chamoso, P., Hernández, G., Guzmán, A., Yigitcanlar, T., Corchado, J. (2021), "An efficient management platform for developing smart cities: Solution for real-time and future crowd detection". *Electronics*, Vol. 10 (7), 765 p. <https://doi.org/10.3390/electronics10070765>
8. Sarrab, M., Pulparambil, S., Awadalla, M. (2020), "Development of an IoT based real-time traffic monitoring system for city governance". *Global Transitions*, 2, P. 230–245. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.glt.2020.09.004>
9. Liu, D., Zhao, M., Xu, H., & Mehrgan, M. (2021), "A new model to investigate the impact of innovative IT services on smart urban growth: The mediating role of urban planners' knowledge". *Growth and Change*, 52 (2), P. 1040–1061. DOI: <https://doi.org/10.1111/grow.12483>
10. Yigitcanlar, T. (2015), "Smart cities: An effective urban development and management model". *Australian Planner*, Vol. 52, P. 27–34. DOI: <https://doi.org/10.1080/07293682.2015.1019752>
11. Rathore, M., Ahmad, A., Paul, A., Rho, S. (2016), "Urban planning and building smart cities based on the internet of things using big data analytics". *Computer networks*, Vol. 101, P. 63–80. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2015.12.023>
12. Das, A., Sharma, S., & Ratha, B. (2019), "The new era of smart cities, from the perspective of the internet of things". *In Smart cities cybersecurity and privacy*. Elsevier. P. 1-9. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815032-0.00001-9>

13. Wong, P., Chia, F., Kiu, M., Lou, E. (2020), "The potential of integrating blockchain technology into smart sustainable city development". *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 463. No. 1. P. 12–20. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/463/1/012020>
14. Woods, O. (2020), "Subverting the logics of "smartness" in Singapore: Smart eldercare and parallel regimes of sustainability". *Sustainable Cities and Society*. Vol. 53, P. 101-940. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101940>.
15. Zhang, J., He, S. (2020), "Smart technologies and urban life: A behavioral and social perspective". *Sustainable Cities and Society*. Vol. 63. P. 102–460. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102460>
16. Firouzi, F., Chakrabarty, K., Nassif, S. "Intelligent internet of things: From device to fog and cloud". Springer Nature. 2020, XII, 647 p. available at: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-30367-9>
17. Zhang, P., Zhou, M., Fortino, G. (2018), "Security and trust issues in fog computing: A survey". *Future Generation Computer Systems*. Vol. 88, P. 16-2-7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.05.008>
18. Chowdhury, A., Mahmud, J., Kamal, A., & Hamid, M. (2018), "MAES: Modified advanced encryption standard for resource constraint environments". *In 2018 IEEE Sensors Applications Symposium (SAS)*. IEEE. P. 1–6. DOI: <https://doi.org/10.1109/SAS.2018.8336747>
19. Alassaf, N. (2019), "Enhancing speed of SIMON: A light-weight-cryptographic algorithm for IoT applications". *Multimedia Tools and Applications*, Vol. 78. P. 32633–32657. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11042-018-6801-z>
20. Shahrour, I., Xie, X. (2021), "Role of Internet of Things (IoT) and crowdsourcing in smart city projects". *Smart Cities*. Vol. 4 (4), 1276–1292. DOI: <https://doi.org/10.3390/smartcities4040068>

Надійшла 14.08.2023

Відомості про авторів / About the Authors

Шпак Олександр Іванович – кандидат фізико-математичних наук, ДВНЗ "Ужгородський національний університет", доцент кафедри програмного забезпечення систем, Ужгород, Україна; e-mail: shpak@uzhnu.edu.ua; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1179-7196>

Федорка Павло Павлович – ДВНЗ "Ужгородський національний університет", аспірант кафедри програмного забезпечення систем, Ужгород, Україна; e-mail: fedorkapavlo@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9242-5588>

Пригара Михайло Петрович – кандидат технічних наук, ДВНЗ "Ужгородський національний університет", доцент кафедри технології машинобудування, Ужгород, Україна; e-mail: mykhailo.prygara@uzhnu.edu.ua; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0954-4480>

Shpak Oleksandr – PhD (Physical and Mathematical Sciences), Uzhhorod National University, Associate Professor at the Department of Software System, Uzhgorod, Ukraine.

Fedorka Pavlo – Uzhhorod National University, Post-graduate student at the Department of Software System, Uzhgorod, Ukraine.

Prygara Mykhailo – PhD (Engineering Sciences), Uzhhorod National University, Associate Professor at the Department of Machine Industry Technology, Uzhgorod, Ukraine.

SMART CITIES AND THE INTERNET OF THINGS: THE IMPACT OF IT DEVELOPMENTS ON THE DEVELOPMENT OF CITIES AND IMPROVING THE QUALITY OF LIFE

The subject of the article's research is the methods and capabilities of information technologies and electronic devices-carriers of the Internet of Things to develop a combined system with the aim of determining the characteristic features. **The purpose of the work** is to study and analyse the use of smart technologies for a smart city based on a combination of information technologies and Internet of Things devices, as well as to identify key criteria for the development of modern cities with an impact on improving the quality of life for the population. In accordance with the objective, the following **tasks** have been formulated: to consider the main possibilities of using information

technologies in combination with electronic measuring and computing devices of the Internet of Things; to determine the features of building information technology models with the connection of Internet of Things devices to switching networks; analyse the architecture of fog and edge computing for Internet of Things devices; to identify the main risks and cybersecurity issues with encryption of Internet of Things device data using encryption algorithms; to determine the main criteria for each individual system of smart technologies for a smart city; to determine the feasibility of needs with the needs of the population based on the defined criteria. **An urgent problem** is to identify and study the main possibilities of using smart technologies in order to identify problems related to the feasibility of meeting the needs of the population. This paper considers and investigates the impact of a combined system with a set of smart technologies on improving the quality of life using eight branched systems, namely: "smart" infrastructure, "smart" economy, "smart" environment, "smart" governance, "smart" transport, "smart" services, "smart" people and "smart" life. The set of criteria of each system needs to be analysed and matched with the needs of the population so that the combined smart city system can provide the population with conditions that can improve the quality of life. **The scientific novelty** of this paper is the development and implementation of the concept of a combined smart city system to meet the needs of the population while improving the quality of life. **Results achieved.** Smart technologies are based on the use of information technology, data and innovation to achieve sustainable development of individual systems with the definition of criteria, which analyses the following: "smart" infrastructure contributes to the creation of a convenient, efficient and sustainable urban environment; "smart" transport improves traffic and mobility, reduces the negative impact on the environment, increases safety and convenience for citizens; "smart" governance makes a significant contribution to the development of various sectors, promoting the efficient use of resources and improving the quality of life with sustainable development for the population; "smart" environment contributes to the conservation of natural resources, reduces the negative impact on the environment and ensures an improved quality of life for the population; "smart" services ensure the sustainable development of healthcare, finance, tourism logistics, which helps to create a more convenient and efficient environment for consumers, contributing to the improvement of the quality and availability of various services; "smart" people make a significant contribution to the development and application of new opportunities for the development of information technologies in combination with the Internet of Things; "smart" life ensures sustainable development for citizens through the use of technology to improve aspects of everyday life; "smart" economy makes a significant contribution to the implementation of technological solutions and contributes to a more efficient functioning of the country's economy. **Conclusions.** The results of the study demonstrate the impact of the combined smart city system on improving the quality of life, which is explained by determining the compliance with the needs and conditions of the population. Thus, the combination of criteria of each smart technology allows transforming the city into a general combined system with digital services for the provision of services. The vector of further research will be aimed at developing the considered combined system using digital technologies in order to create a digital model of the "city of the future" using appropriate software.

Keywords: information technologies; Internet of things; smart technologies; combined system; "smart" city.

Бібліографічні описи / Bibliographic descriptions

Шпак О. І., Федорка П. П., Пригара М. П. Розумні міста та Інтернет речей: вплив розробок у сфері ІТ на розвиток міст і покращення якості життя. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2023. № 3 (25). С. 114–128. DOI: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2023.25.114>

Shpak, O., Fedorka, P., Prygara, M. (2023), "Smart cities and the internet of things: the impact of it developments on the development of cities and improving the quality of life", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 3 (25), P. 114–128. DOI: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2023.25.114>