

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії  
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних наук  
(повна назва кафедри)

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Аналіз використання Інтернету речей у проектах класу "Розумне місто"

Виконав: студент IV курсу, групи СН-41

спеціальності 122 Комп'ютерні науки

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Юрчак В.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Дуда О.М.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Литвиненко Я.В.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Боднарчук І.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Яцишин В.В.

(прізвище та ініціали)

Тернопіль  
2023



## 6. Консультанти розділів роботи

| Розділ  | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|---|---|----------------|------------------|
|   |   | завдання видав | завдання прийняв |
| Безпека життєдіяльності, основи охорони праці |   | 05.06.2023     | 08.06.2023       |

7. Дата видачі завдання 23 січня 2023 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів роботи   | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---|--------------------------------|----------|
| 1.    | Ознайомлення з завданням до кваліфікаційної роботи  | 23.01.2023                     | Виконано |
| 2.    | Підбір джерел про Інтернет речей, IoT-пристрої, IoT-давачі та їх використання для потреб «Розумних міст»      | 24.01.2023-26.01.2023          | Виконано |
| 3.    | Опрацювання джерел про Інтернет речей, IoT-пристрої, IoT-давачі та їх використання для потреб «Розумних міст» | 27.01.2023-31.01.2023          | Виконано |
| 4.    | Виконання дослідження щодо використання Інтернету речей, IoT-пристроїв та давачів для потреб «Розумних міст»  | 01.02.2023-07.02.2023          | Виконано |
| 5.    | Оформлення розділу «Інтернет речей та «Розумні міста»   | 08.02.2023-09.02.2023          | Виконано |
| 6.    | Оформлення розділу «Аналіз використання Інтернету речей у проєктах класу «Розумне місто»                      | 10.02.2023-12.02.2023          | Виконано |
| 7.    | Виконання завдання до підрозділу «Безпека життєдіяльності»  | 05.06.2023-06.06.2023          | Виконано |
| 8.    | Виконання завдання до підрозділу «Основи охорони праці»   | 07.06.2023-08.06.2023          | Виконано |
| 9.    | Оформлення кваліфікаційної роботи   | 09.06.2023-11.06.2023          | Виконано |
| 10.   | Нормоконтроль   | 12.06.2023-13.06.2023          | Виконано |
| 11.   | Перевірка на плагіат  | 14.06.2023                     | Виконано |
| 12.   | Попередній захист кваліфікаційної роботи  | 15.06.2023                     | Виконано |
| 13.   | Захист кваліфікаційної роботи   | 21.06.2023                     |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Юрчак В.В.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Дуда О.М.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Аналіз використання Інтернету речей у проєктах класу "Розумне місто" // Кваліфікаційна робота освітнього рівня «Бакалавр» // Юрчак Валерій Володимирович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних наук, група СН-41 // Тернопіль, 2023 // С. 52, рис. – 7, табл. – 6, кресл. – 16, додат. – 0, бібліогр. – 103.

**Ключові слова:** аналіз, бібліометрія, Інтернет речей, інформаційні технології, пошук, розумне місто, публікації.

Кваліфікаційна робота присв'ячена аналізу використання Інтернету речей у проєктах класу «Розумне місто». В першому розділі кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Бакалавр» розглянуто інформаційну технологію Інтернету речей. Описано інноваційний інформаційно-технологічний концепт «Розумне місто». Висвітлено пов'язаність термінів «Розумні міста» та Інтернет речей. Проаналізовано предметну область використання Інтернету речей у проєктах класу «Розумне місто». Сформовано методологічний підхід до аналізу використання Інтернету речей у проєктах класу «Розумне місто».

В другому розділі кваліфікаційної роботи проаналізовано статистики ключових слів і цитувань. Сформовано мережу термінів, щодо використання Інтернету речей у проєктах класу «Розумне місто». Результати огляду можуть бути корисними дослідникам, які активно досліджують IoT в контексті «розумних міст». Використаний методологічний підхід дозволив побудувати цільну мережу ключових слів і визначити сім тем досліджень, які розглядаються в поточних публікаціях IoT та «розумних міст».

У розділі «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці» охарактеризовано діяльність, розглянуто її види та розуміння в безпеці праці. Описано контроль за станом охорони праці.

## ANNOTATION

Internet of Things Technology Usage Analysis in the "Smart City" Class Projects // The educational level "Bachelor" qualification work // Yurchak Valerii Volodymyrovych // Ternopil Ivan Pulyu National Technical University, Computer and Information Systems and Software Engineering Faculty, Computer Sciences Department, group SN-41 // Ternopil, 2023 // P. 52, fig. - 7, tabl. - 6, chair. - 16, annexes. – 0, references - 103.

**Keywords:** analysis, bibliometrics, Internet of things, information technologies, search, smart city, publications.

The qualification work is devoted to the analysis of the use of the Internet of Things in projects of the "Smart City" class. The information technology of the Internet of Things is considered in the first section of the qualifying work of the "Bachelor" educational level. The innovative information technology concept "Smart City" is described. The connection between the terms "Smart cities" and the Internet of Things is highlighted. The subject area of using the Internet of Things in projects of the "Smart City" class has been analyzed. A methodological approach to the analysis of the use of the Internet of Things in "Smart City" class projects has been developed. In the second section of the qualification work, the statistics of keywords and citations were analyzed. A network of terms has been formed regarding the use of the Internet of Things in "Smart City" class projects. The results of the review can be useful to researchers who are actively investigating IoT in the context of "smart cities". The methodological approach used allowed building a dense network of keywords and identifying seven research topics that are addressed in current IoT and smart cities publications.

In the section "Safety of life, the basics of occupational health" the activity is characterized, its types and understanding in occupational safety are considered. Control over the state of labor protection is described.

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

БД – База даних.

ШІ – Штучний інтелект.

ІКТ – інформаційні та комунікаційні технології.

AI (англ. Artificial intelligence) – Штучний інтелект.

BDA (англ. Big Data Analytics) – Аналітика великих даних.

CPS (англ. Cyber-physical system) – Кіберфізична система.

DL (англ. Deep Learning) – Глибоке навчання.

ІоТ (англ. Internet of Things) – Інтернет речей.

ITS (англ. Intelligent Transportation System) – Інтелектуальна транспортна система.

M2M (англ. Machine-to-Machine) – Машино-машинна взаємодія.

ML (англ. Machine Learning) – Машинне навчання.

MQTT (англ. Message Queue Telemetry Transport) – Транспорт телеметрії черги повідомлень.

QoS (англ. Quality of service) – Якість обслуговування.

SDN (англ. Software-Defined Networking) – Програмно-визначена мережа.

WSN (англ. Wireless Sensor Network) – Бездротова сенсорна мережа.

## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| ВСТУП .....  | 6  |
| РОЗДІЛ 1. ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ ТА «РОЗУМНІ МІСТА».....   | 8  |
| 1.1 Інформаційна технологія Інтернету речей.....   | 8  |
| 1.2 Інноваційний інформаційно-технологічний концепт «Розумне місто» .....                                | 10 |
| 1.3 «Розумні міста» та Інтернет речей.....   | 11 |
| 1.4 Аналіз предметної області використання Інтернету речей у проєктах класу «Розумне місто» .....        | 13 |
| 1.5 Методологічний підхід до аналізу використання Інтернету речей у проєктах класу «Розумне місто» ..... | 15 |
| 1.6 Висновок до першого розділу .....  | 19 |
| РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ У ПРОЄКТАХ КЛАСУ «РОЗУМНЕ МІСТО» .....                     | 20 |
| 2.1 Аналіз статистики ключових слів і цитувань .....   | 24 |
| 2.2 Формування мережі термінів .....   | 30 |
| 2.3 Висновок до другого розділу .....  | 34 |
| РОЗДІЛ 3. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ  | 35 |
| 3.1 Діяльність. Її види та розуміння в безпеці праці.....  | 35 |
| 3.2 Контроль за станом охорони праці.....  | 37 |
| 3.3 Висновок до третього розділу .....   | 38 |
| ВИСНОВКИ.....  | 39 |
| ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ .....   | 40 |

## ВСТУП

**Актуальність теми.** «Розумні міста» засновані на використанні датчиків та пристроїв IoT, які збирають та передають дані про стан різних інфраструктурних систем, зокрема, електромереж, водопостачання, опалення тощо. Це дозволяє забезпечувати ефективніше використання ресурсів, оптимізувати їх споживання та знижувати зайві витрати. IoT допомагає створити розумну інфраструктуру, яка сприяє зручності та комфорту громадян. Наприклад, системи автоматизації освітлення, контролю затримок у громадському транспорті, управління відходами та інші можуть значно полегшити повсякденне життя громадян та зробити їхнє середовище більш безпечним та зручним для життя.

IoT сприяє створенню екологічно стійких міст шляхом оптимізації споживання енергії, зменшення викидів шкідливих речовин та ефективного управління водними ресурсами. Наприклад, датчики забруднення повітря можуть контролювати якість повітря і спрацьовувати системи очищення або оповіщення при перевищенні допустимих норм. Впровадження систем моніторингу та контролю через IoT може сприяти підвищенню безпеки громадян. Наприклад, системи відеоспостереження, датчики пожежі та аварій можуть допомогти швидко виявляти небезпеку та реагувати на неї, забезпечуючи вчасну інформацію та координацію безпекових служб.

Розумні міста можуть сприяти економічному розвитку через привабливість для інвестицій та розвиток інноваційних технологій. Впровадження IoT створює нові можливості для розробки та використання передових рішень у різних сферах, таких як транспорт, енергетика, охорона здоров'я та інші, що стимулює економічне зростання.

Отже, дослідження IoT для розумних міст відіграє важливу роль у покращенні ефективності, якості життя, екологічної сталості, безпеки та економічного розвитку. Враховуючи швидкий розвиток інформаційних технологій та зростання міського населення, важливо продовжувати



дослідження та інновації в цій галузі для створення майбутніх стійких та життєздатних міст. Тому дослідження Інтернету речей для «розумних міст» має велику актуальність в сучасному світі.

**Мета і задачі дослідження.** Метою даної кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Бакалавр» є підвищення поінформованості широких кіл громадян та дослідників щодо інформаційних технологій на основі Інтернету рече в «розумних містах» та, як наслідок, покращення міських послуг та сервісів. Для досягнення поставленої мети потрібно виконати ряд завдань, зокрема:

- Розглянути інформаційно-технологічні концепти Інтернет речей та «Розумне місто».
- Проаналізувати предметну область Інтернету речей у проєктах класу «Розумне місто».
- Сформувати методологічний підхід до аналізу використання Інтернету речей у проєктах класу «Розумне місто».
- Провести бібліографічний пошук та проаналізувати статистику ключових слів і цитувань.
- Сформувати мережу термінів.

**Практичне значення одержаних результатів.** На основі проведеного бібліографічного пошуку наукових публікацій щодо Інтернету речей у проєктах класу «Розумне місто» за допомогою програмного забезпечення «VOSviewer» сформовано та подано у графічному вигляді мережу термінів.

## РОЗДІЛ 1. ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ ТА «РОЗУМНІ МІСТА»

### 1.1 Інформаційна технологія Інтернету речей

Інтернет речей (IoT) – це множина підключених до Інтернету пристроїв, які звітують про одну або більше змінних навколишнього середовища (див. рисунок 1.1). Це середовище швидко розвивається завдяки широкому впровадженню складних апаратних і програмних платформ, більшій доступності комунікаційних мереж і еволюції засобів аналізу даних [1].

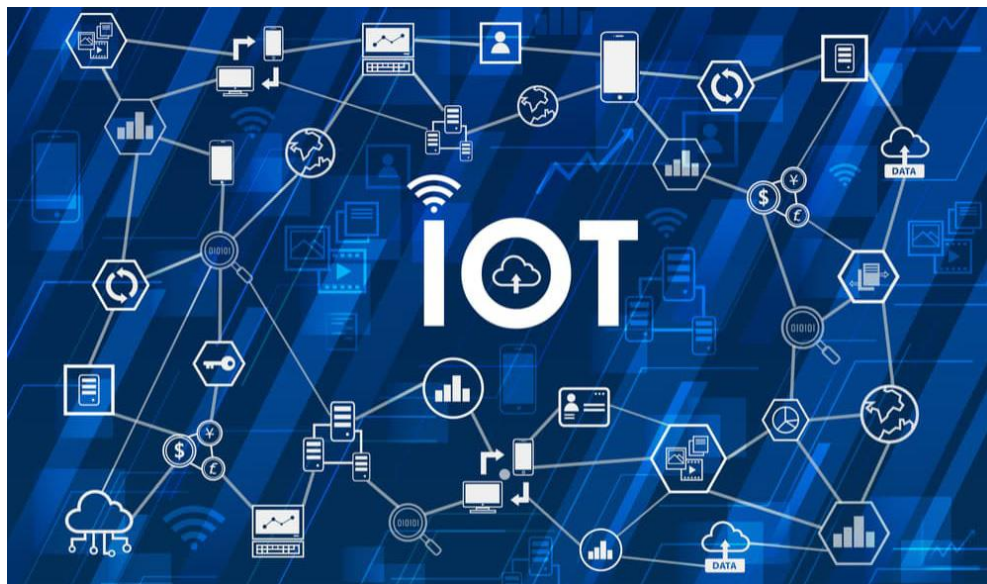


Рисунок 1.1 – Інтернет речей (IoT)

Фундаментальним принципом IoT є з'єднання різних пристроїв, що [2]:

- продукують та накопичують дані;
- використовуючи такі технології;
- використовують RFID;
- використовують датчики;
- містять виконавчі механізми;
- застосовують мобільний зв'язок;
- взаємодіють між собою.

На найвищому рівні ієрархії IoT має тривірневу архітектуру;

- фізичний рівень – рівень сенсорики;
- мережевий рівень;
- прикладний рівень.

Фізичний рівень – рівень сприйняття відповідає за надання інформації про середовище, на основі якої інформаційно-технологічні платформи виконують алгоритми або надають певну послугу [3].

Мережевий рівень є ядром IoT [4] і має завдання передачі та обробки інформації, зібраної рівнем сприйняття [5].

Прикладний рівень містить підмножину функцій і послуг, які надаються користувачам (див. рисунок 1.2). Цей рівень знаходиться у верхній частині стеку IoT і містить підрівень платформи підтримки застосунків і підрівень додатків. Перший використовується для підтримки інформаційної співпраці, обміну та взаємодії, тоді як останній позначає програми, що використовуються різними галузями промисловості, зокрема, «розумне» управління ланцюгом постачання, «розумна» логістика, «розумне» управління енергією та «розумний» транспорт [6].



Рисунок 1.2 – Прикладний рівень IoT

Глобальний ринок IoT за останні роки став свідком експоненціального зростання [7]. Наприклад, нещодавній звіт «Markets and Markets» передбачає,

що ринок промислового Інтернету речей зросте з 77,3 мільярдів доларів США у 2020 році до 110,6 мільярдів доларів США у 2025 році, що відповідає середньорічному темпу зростання «CAGR» 7,4% протягом прогнозованого періоду [8]. Подібним чином прогнози свідчать про те, що до 2030 року приблизно 50 мільярдів IoT-пристроїв використовуватимуться по всьому світу, створюючи величезну мережу взаємопов'язаних пристроїв, що охоплюють все, від смартфонів до кухонної техніки [9]. Ця тенденція в поєднанні з постійним зниженням вартості мереж і електроніки сприяла розвитку «розумних міст».

## **1.2 Інноваційний інформаційно-технологічний концепт «Розумне місто»**

«Розумне місто» можна концептуалізувати як новий спосіб управління міським середовищем за допомогою останніх технологічних досягнень [10]. Слід зазначити, що визначення «розумного міста», ймовірно, є динамічним (див. рисунок 1.3), оскільки те, що було «розумним» десять років тому, тепер часто є частиною звичайної інфраструктури. Вже сам цей факт вимагає бібліометричної оцінки IoT та «розумних міст».



Рисунок 1.3 – Інноваційний інформаційно-технологічний концепт «Розумне місто»

Згідно з [11] «розумне місто» являє собою розвинену міську територію, яка використовує інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ) та ІоТ для:

- максимізації операційної ефективності;
- зниження витрат;
- підвищення якості послуг;
- покращення якості життя.

Його можна визначити як *«географічну територію з високою щільністю населення, яка використовує інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ) для підключення та моніторингу критичних компонентів інфраструктури та послуг з метою підвищення ефективності та екологічної, економічної та соціальної стійкості своєї операції, а також якості життя громадян»* [12].

### 1.3 «Розумні міста» та Інтернет речей

«Розумні міста» розробляються та будуються як взаємопов'язані міські домени, де вбудовані елементи можуть взаємодіяти між собою та з користувачами, які їх населяють. ІоТ є основним компонентом [13], який можна включити в інфраструктуру та процеси «розумного міста» (див. рисунок 1.4) для досягнення його бачення [14].



Рисунок 1.4 – Інтернет речей та «Розумні міста»

У розбудові розумних міст IoT має потенціал для;

- збору інформації про навколишнє середовище міста;
- пропонування нових послуг громадянам;
- полегшення їхнього повсякденного життя;
- покращення життєдіяльності міста [15].

«Розумні міста» на основі IoT дозволяють покращити управління для оптимізації різноманітних послуг, таких як транспорт, охорона здоров'я, паркування та камери відеоспостереження [16]. Безпосереднім впливом впровадження IoT є [17]:

- обробка та швидка передача величезних обсягів інформації;
- зниження вартості управління міською інформацією;
- сприяння формуванню нових методів виробництва та управління.

Більше того, IoT забезпечує інтеграцію та взаємодію гетерогенних архітектур [18], полегшення комунікацій між машинами «M2M» [19] та вдосконалення бізнес-процесів [20]. Незважаючи на великий потенціал для розумних міст, інтеграція IoT викликає кілька проблем. Наприклад, безпека та конфіденційність є важливими питаннями, оскільки в «розумних містах» збирається та аналізується велика кількість чутливої до конфіденційності інформації, що призводить до проблем [21], пов'язаних із:

- конфіденційністю;
- цілісністю;
- невідмовністю;
- доступністю;
- контролем доступу.

Гетерогенність і розподілена природа технологій Інтернету речей створює проблеми [22]:

- зв'язків;
- нормативну невизначеність;
- етичні та соціальні проблеми;
- недостатню обізнаність;

- неприйняття громадськістю;
- погане бачення уряду.

#### **1.4 Аналіз предметної області використання Інтернету речей у проєктах класу «Розумне місто»**

Незважаючи на те, що наукової літератури про IoT у контексті «розумного міста» є багато [23], лише кілька досліджень намагалися узагальнити існуючі дослідження за допомогою бібліометричних методів. Наприклад, автори [24] провели наукометричний огляд літератури про розумне місто, проаналізувавши понад сім тисяч вісімсот досліджень, опублікованих протягом останніх тридцяти років. Однак у широкому масштабі їхнього дослідження «розумних міст» не вистачає виключної уваги на дослідженнях IoT у цьому контексті. А в [16] проведено бібліометричний та контент-аналіз літератури щодо великих даних у розумних містах.

Чжоу [25] використовував бібліометричні інструменти, щоб дослідити розвиток досліджень «розумного міста» через перспективу управління та інформаційних систем. Автори проаналізували критичні, впливові та повчальні публікації та підкреслили, що IoT є вирішальним рушієм еволюції розвитку «розумних міст». Мора [26] інформує про перші два десятиліття досліджень «розумних міст» із використанням бібліометричного аналізу літератури, опублікованої між 1992 і 2012 роками. Зрештою, автори [27] використовували методи візуалізації домену знань, щоб забезпечити комплексний аналіз досліджень «розумного міста». Як головний висновок свого дослідження автори визначили, що IoT є ключовою технологією, що підтримує сталий розвиток міст.

Нещодавно Белліні [28] представив огляд досліджень «розумних міст» із підтримкою Інтернету речей та висвітлив ключові тенденції та відкриті питання щодо впровадження технологій Інтернету речей для розвитку ефективних та стійких «розумних міст». В [29] зібрано та систематизували літературу, що

стосується безпеки в «розумних містах» на основі Інтернету речей у контексті блокчейну. На основі вибірки з понад ста тридцяти публікації та аналізу пов'язаних статей автори виявили, що відмінні технічні характеристики блокчейну (див. рисунок 1.5) можуть забезпечувати вирішення проблем безпеки та конфіденційності в «розумних містах» на основі IoT.

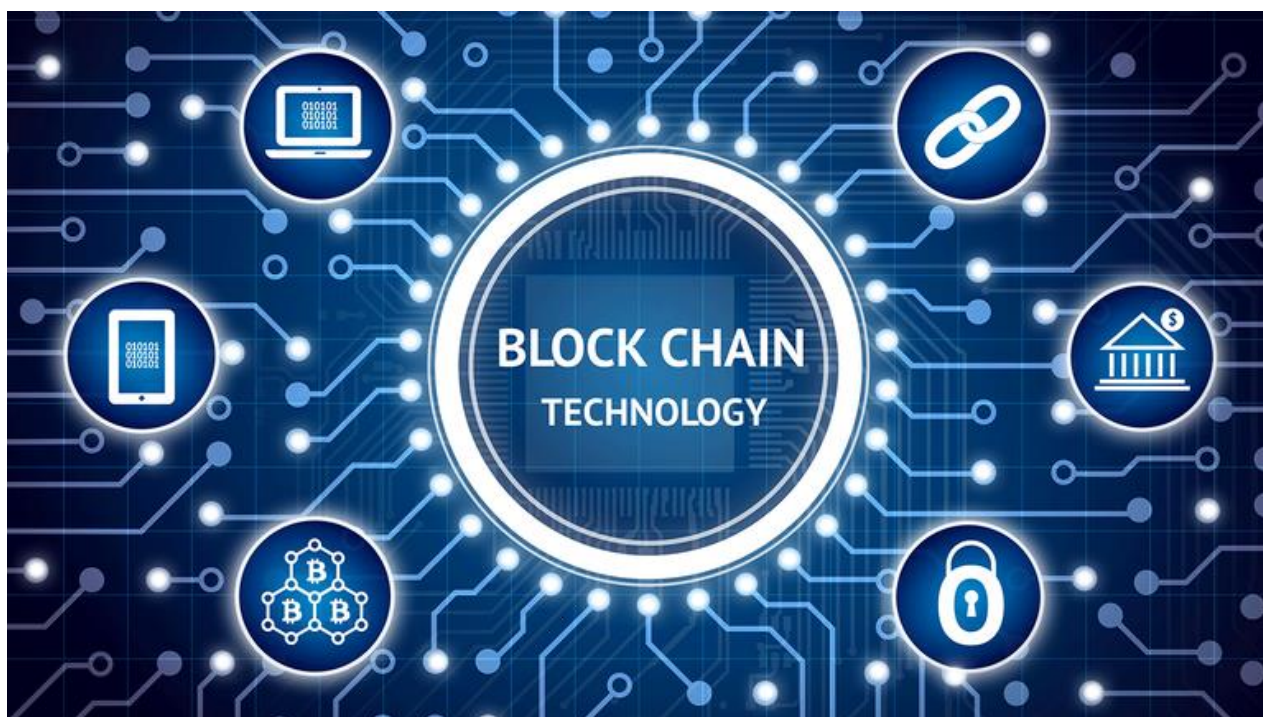


Рисунок 1.5 – Блокчейн та «Розумні міста»

Крім того, автори [30] обговорили різні новітні технології, включаючи IoT, машинне навчання та великі дані для кіберфізичних систем наступного покоління. Шехаб [31] використав макроскопічний підхід і дослідив, як мережі «5G» можуть відігравати важливу роль у розвитку стійких «розумних міст». Нарешті, Ванг [32] провів ретельний аналіз існуючої літератури про IoT та периферійні обчислення в різних сферах застосування, включаючи «розумні» будинки та «розумні міста».

Незважаючи на те, що всі ці огляди пропонують численні важливі ідеї, у літературі не можна знайти вичерпного та своєчасного огляду із застосуванням бібліометрії, що є важливою прогалиною в дослідженнях. Оскільки академічна



література в цій галузі значно зростає, існує потреба застосовувати підходи кількісного огляду для кращого розуміння структури знань у галузі [33].

Феррейра [34] зазначив, що в міру того, як дослідницькі галузі розвиваються і стають складними, дослідники повинні час від часу перевіряти накопичені знання, щоб виявити нові внески, виявити дослідницькі тенденції та традиції, визначити, які теми вивчаються, і дослідити структуру знань і майбутні напрямки досліджень. Щоб заповнити цю прогалину в знаннях, доцільно застосовувати кількісний підхід та бібліометричні методи з метою вивчення поточного стану досліджень конвергенції IoT і «розумних міст».

Визнаючи надзвичайний потенціал IoT, можна стверджувати, що поглиблений аналіз мережі передбачає нове уявлення, визначаючи впливові внески та розкриваючи теми, що стосуються IoT-застосунків у «розумному місті». Отже, можна сформулювати основні дослідницькі питання:

- Як розвивалися дослідження IoT у розумних містах з моменту його появи?
- Які країни зробили найбільший внесок в академічні дослідження IoT у розумних містах?
- Які вчені та дослідження мають найбільший вплив на дослідження IoT у розумних містах?
- Які сучасні напрямки досліджень і актуальні дискусії в літературі?

Бібліометричний аналіз IoT допоможе структурувати фрагментовані та розпорошені знання про IoT-застосунки у «розумному місті». У тому ж ключі необхідно систематично аналізувати та кластеризувати літературу щодо IoT.

### **1.5 Методологічний підхід до аналізу використання Інтернету речей у проєктах класу «Розумне місто»**

Щоб проаналізувати літературу про IoT-застосунки в «розумних містах», доцільно провести бібліометричний аналіз на основі [35]. Водночас слід послуговуватися етапами:

1. Визначення бази даних і ключових слів пошуку.
2. Проведення попереднього аналізу даних.
3. Створення мережі спільного входження ключового слова.
4. Аналіз тем, що впливають із кластеризації спільного виникнення ключових слів.

«BibExcel» використовувався в цьому дослідженні, оскільки він сумісний із інструментами мережевого аналізу, зокрема, «VOSviewer», «Gephi, SciNet», «Pajek» і є гнучким при зміні або коригуванні даних, отриманих із наукометричних баз даних [36]. Інструмент «VOSviewer» доцільно використовувати для покращення візуалізації та презентації мережі.

Опубліковані статті про IoT та «розумне місто» доцільно шукати в наукометричній БД «Scopus». Ця БД визнана широким охопленням і надійним індексуванням журналів, виданих відомими міжнародними видавцями [37]:

- «Elsevier».
- «Taylor&Francis».
- «Springer».
- «EmeraldInsight».
- «IEEE».

Для відбору потрібно розглядати лише журнальні статті, щоб гарантувати високу якість і академічний характер отриманих джерел [38]. Слід зазначити, що вибір конкретного типу публікації для аналізу є суперечливим у літературі мета-аналізу. Наприклад, навіть якщо деякі вчені вибирають лише журнальні статті [39], інші зосереджуються як на журнальних статтях, так і на книгах [40] або явно виключають редакційні матеріали, виправлення та тези [41]. Тому доцільно вибрати лише рецензовані журнальні статті, оскільки це гарантує детальну збірку досліджень Інтернету речей у царині «розумних міст».

Щоб пом'якшити хибнопозитивні результати, журнальні статті слід шукати за рядком пошуку англійською мовою:

(«інтернет речей» АБО IoT АБО IOT) I «smart cit\*».

Щоб забезпечити включення всіх потенційно релевантних документів, не доцільно застосовувати жодних часових або предметних обмежень. Результати пошуку потрібно зберегти для подальшого аналізу у CSV-форматі.

## 2.2. Аналіз пошукових результатів

В процесі пошуку було отримано бібліографічні записи, щодо:

- назв;
- ключових слів;
- авторів;
- іншої інформації про документи.

У таблиці 1.1 подані основні характеристики наукових публікацій щодо IoT та «розумних міст», отриманих із наукометричної БД «Scopus» [42].

Таблиця 1.1 – Основна інформація про наукометричну вибірку

| <b>Критерій</b>                    | <b>Значення</b> |
|------------------------------------|-----------------|
| Документи                          | 1 802           |
| Джерела                            | 407             |
| Ключові слова автора               | 10 240          |
| Крапка                             | 2011-2020       |
| Середнє число цитувань на документ | 16.81           |
| Автори                             | 5 789           |
| Авторські виступи                  | 7 036           |
| Автори одноавторних документів     | 113             |
| Автори багатоавторних документів   | 5 691           |
| Одноавторські документи            | 123             |
| Документи на автора                | 0.31            |
| Автори на документ                 | 3.21            |
| Співавтори на документ             | 3.90            |

Як показано в таблиці, загалом понад тисячу вісімсот статей були написані понад п'ять тисяч сімсотма авторами. Вони отримали в середньому «16.81» цитувань на документ і мають індекс співпраці «4.12». Відповідно до [43], індекс співпраці є показником часткової продуктивності [44], де значення, близьке до нуля, означає переважання статей одного автора.

Мережа спільного використання ключових слів є цінним наукометричним інструментом, який надає широкий огляд основних дослідницьких фокусів у науковій галузі [45]. Мережа генерується на основі показників щільності та центральності, визначених Каллоном [46] та поєднує підходи, пов'язані з мережами слів та аналізом портфолію. На думку [47] простота та значущість аналізу повторюваності ключових слів виправдовують його широке застосування в академічній літературі використання для моніторингу тем досліджень і нових областей [48]. Подібно до аналізу мережі спільного цитування, аналіз мережі спільного використання ключових слів розбиває літературу на кілька кластерів, які представляють окремі фокуси досліджень у цій галузі. У той час як аналіз мережі спільного цитування базується на об'єднанні та з'єднанні цитованих посилань, аналіз мережі спільного використання ключових слів отримує ключові слова в кожному документі та аналізує частоту їх спільного використання. Два ключові слова мають сильний взаємозв'язок, якщо вони часто з'являються разом у статтях. Мета мережевого аналізу спільного використання ключових слів – допомогти науковцям отримати уявлення про зміст статей, щоб описати загальну структуру наукової галузі.

Для створення мережі спільного входження ключових слів доцільно використовували комп'ютерну програму «VOSviewer», яка сумісна з «BibExcel». Техніка відображення «VOSviewer» дозволяє дослідникам створити мережу, в якій вузли представляють ключові слова, а відстань між кожною парою вузлів визначається щільністю [49]. Щільність вказує на силу зв'язку та взаємодії між ключовими словами [50]. Алгоритм на основі щільності має на меті мінімізацію зваженої суми квадратів евклідової відстані між кожною

парою вузлів [28]. У результаті значення високої щільності передбачає близьку відстань між двома вузлами.

Після генерації мережі спільного використання ключових слів доцільно визначити кластери та позначили їх на основі тем, запропонованих десятима ключовими словами. Метою кластеризації спільного використання ключових слів є надання достатньо детальної панорами досліджень, пов'язаних з IoT, які стосуються «розумних міст». Цей наукометричний інструмент дозволяє дослідникам статистично аналізувати частоти ключових слів, щоб виявити поточні тенденції та розробки досліджень [51]. Відповідно, слід проаналізувати основні дослідницькі точки в літературі про Інтернет речей та «розумні міста».

## **1.6 Висновок до першого розділу**

В першому розділі кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Бакалавр» розглянуто інформаційну технологію Інтернету речей. Описано інноваційний інформаційно-технологічний концепт «Розумне місто». Висвітлено пов'язаність термінів «Розумні міста» та Інтернет речей. Проаналізовано предметну область використання Інтернету речей у проєктах класу «Розумне місто». Сформовано методологічний підхід до аналізу використання Інтернету речей у проєктах класу «Розумне місто».

## РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ У ПРОЄКТАХ КЛАСУ «РОЗУМНЕ МІСТО»

### 3.1. Наукова результати, журнали, автори та геопросторовий аналіз

Керуючись дослідженням [39], розпочнемо аналіз із відстеження зростання наукових досліджень Інтернету речей та «розумного міста». На рисунку 2.1 зображено розподіл статей по роках у журналах [42], що демонструє різке зростання кількості статей, опублікованих щодо IoT в «розумних містах» з 2011 року.

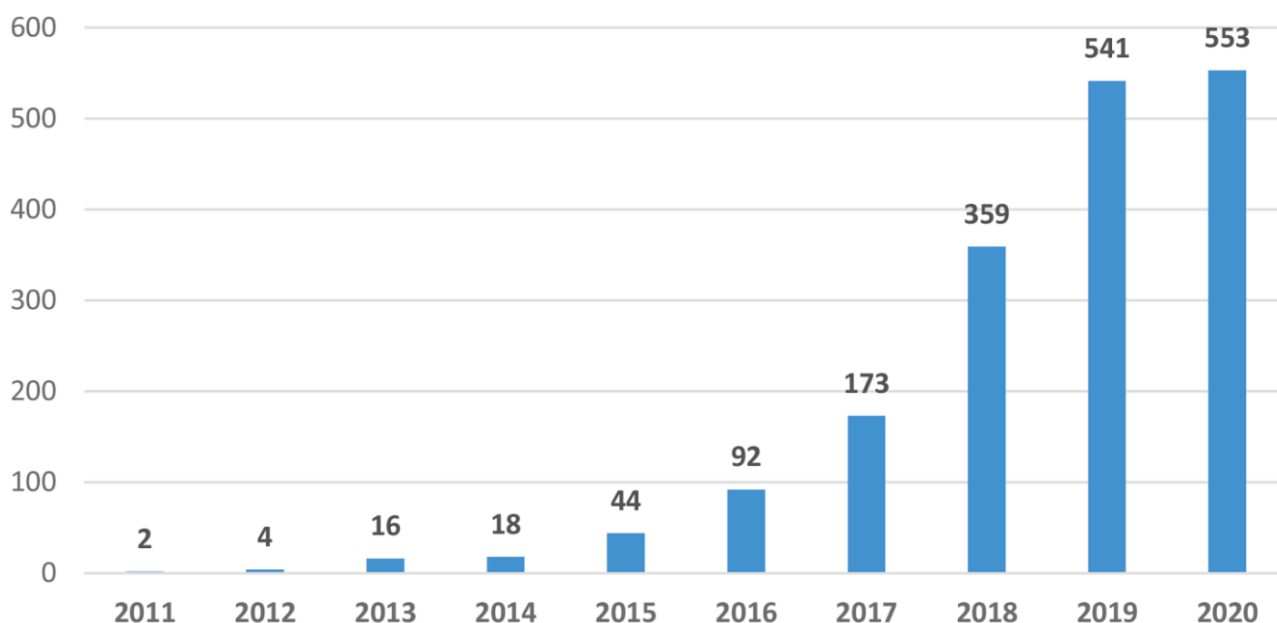


Рисунок 2.1 – Розподіл досліджень щодо IoT та «розумних міст» по роках

Протягом вступного періоду з «2011» по «2012» рік дослідження IoT та «розумного міста» були дефіцитними, лише кілька статей на рік. Наступний період, з «2013» по «2016» рік, являє собою початковий етап зростання зі збільшенням кількості статей і впровадженням різноманітних тем IoT. За останній період з «2017» по «2020» роки кількість опублікованих статей значно зросла порівняно з першими двома періодами. На даний час кількість статей, опублікованих за рік, уже досягла піку, і очікується, що наукова продукція

продовжить зростати до кінця 2025 р. Еволюція досліджень Інтернету речей і «розумних міст» протягом трьох років періодів підтверджує висновки Камеро та Альби [52], які провели огляд літератури з інформатики та інформаційних технологій щодо «розумного міста».

У таблиці 2.1 подано переік п'ятнадцяти журналів, які найбільш плідно публікують дослідження IoT у сфері «розумних міст».

Таблиця 2.1 – «Топ-15» найпродуктивніших журналів

| <b>Журнал</b>  | <b>Кількість публікацій</b> |
|--|-----------------------------|
| «Доступ IEEE»  | 160                         |
| «Давачі»   | 156                         |
| «Журнал IEEE Інтернет речей»   | 105                         |
| «Комп'ютерні системи майбутнього покоління»                                | 94                          |
| «Сталі міста та суспільство»   | 44                          |
| «International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering» | 35                          |
| «Стійкість»  | 33                          |
| «Міжнародний журнал новітніх технологій та техніки»                        | 26                          |
| «Комп'ютерні комунікації»  | 24                          |
| «Міжнародний журнал передових комп'ютерних наук і застосувань»             | 24                          |
| «Журнал перспективних досліджень динамічних систем і систем керування»     | 22                          |
| «Електроніка»  | 21                          |
| «Бездротовий персональний зв'язок»   | 19                          |
| «Міжнародний журнал інженерії та технології»                               | 19                          |
| «Міжнародний журнал інженерії та передових технологій»                     | 18                          |

Разом ці видання опублікували вісімсот наукових статей, що становить «44%» від «1802» статей у вибірці [53]. «IEEE Access» очолює список зі шістдесятьма опублікованими статтями. За ним слідує «Sensors» – сто п'ятдесят шість статей, «IEEE Internet of Things Journal» – сто п'ять статей і «Future Generation Computer Systems» – дев'яносто чотири статті.

Розподіл журналів є концентрованим, що свідчить про те, що більшість досліджень IoT та «розумних міст» можна знайти в журналах, пов'язаних з інформатикою, наукою про місто, стійким розвитком та інженерією. Обсяг цих журналів охоплює широкий спектр програм IoT, які є корисними для розвитку «розумного міста». Найбільш плідні автори протягом досліджуваного періоду подані в таблиці 2.2 із загальною кількістю публікацій.

Таблиця 2.2 – «Топ-15» найплідніших авторів.

| №   | Автор              | Кількість публікацій |
|-----|--------------------|----------------------|
| 1.  | Al-Turjman F.      | 21                   |
| 2.  | Park J.H.          | 15                   |
| 3.  | Munoz L. ~         | 15                   |
| 4.  | Liu Y.             | 14                   |
| 5.  | Wang Y.            | 13                   |
| 6.  | Liu X.             | 12                   |
| 7.  | Kumar N.           | 11                   |
| 8.  | Zhang Y.           | 11                   |
| 9.  | Wang W.            | 11                   |
| 10. | Chen J.            | 11                   |
| 11. | Sanchez L. '       | 11                   |
| 12. | Kantarci B.        | 11                   |
| 13. | Wang X.            | 11                   |
| 14. | Guizani M.         | 10                   |
| 15. | Rodrigues J.J.P.C. | 10                   |



Результати показують, що «Al-Turjman F.» є найпродуктивнішим автором з двадцять одною публікацією, за ним йде «Park J.H.» та «Munoz L.» з п'ятнадцятьма публікаціями відповідно. Однак слід зазначити, що найпродуктивніший не обов'язково означає найвпливовіший.

У таблиці 2.3 подано п'ятнадцять найпродуктивніших країн за кількістю опублікованих статей. Триста двадцять цість статей походять з Індії – це 15%, за нею йдуть Китай з тріста двадцять трома публікаціями, США – двісті сорок три, Іспанія – сто п'ятдесят вісім і Великобританія – сто п'ятдесят три. Цікаво, що дослідження Інтернету речей і «розумних міст» значно просунулися в країнах, що розвиваються.

Таблиця 2.3 – «Топ-15» найпродуктивніших країн

| №   | Країна         | Кількість публікацій | Відсоток, % |
|-----|----------------|----------------------|-------------|
| 1.  | Індія          | 326                  | 15%         |
| 2.  | Китай          | 323                  | 14%         |
| 3.  | США            | 243                  | 11%         |
| 4.  | Іспанія        | 158                  | 7%          |
| 5.  | Великобританія | 153                  | 7%          |
| 6.  | Італія         | 149                  | 7%          |
| 7.  | Південна Корея | 125                  | 6%          |
| 8.  | KSA            | 91                   | 4%          |
| 9.  | Пакистан       | 89                   | 4%          |
| 10. | Австралія      | 84                   | 4%          |
| 11. | Канада         | 73                   | 3%          |
| 12. | Малайзія       | 61                   | 3%          |
| 13. | Бразилія       | 60                   | 3%          |
| 14. | Франція        | 56                   | 3%          |
| 15. | Тайвань        | 45                   | 2%          |

Цей висновок кількома способами підтверджує попередню літературу. Наприклад, Кшетрі [53] зазначив, що IoT приніс фундаментальні виклики в економіці, навколишньому середовищі, охороні здоров'я, соціальній та політичній сферах у кількох країнах, що розвиваються, включаючи Китай, який має найрозвиненішу галузь IoT та відповідну інфраструктуру. Інші вчені стверджують, що теми розумних міст і сталого розвитку привернули значну увагу дослідників у країнах, що розвиваються, включаючи Індію [54], Об'єднані Арабські Емірати (ОАЕ) [55] і Королівство Саудівська Аравія (KSA). [56]. Коротше кажучи, аналіз Інтернету речей і дослідження розумних міст відображає високу зацікавленість як розвинутих країн, так і країн, що розвиваються, у сприянні розвитку розумних міст. Відсутність африканських країн у списку вказує на необхідність розвитку тісних мереж дослідницької співпраці та публікацій англійською мовою, щоб отримати міжнародну видимість [57].

## 2.1 Аналіз статистики ключових слів і цитувань

У таблиці 2.4 подано двадцять найпоширеніших ключових слів, серед яких пошукові терміни «Інтернет речей» і «розумне місто», природно, лідирують у списку.

Таблиця 2.4 – Двадцять найбільш використовуваних ключових слів у дослідженнях щодо IoT та «розумних міст»

| № | Ключове слово | Частота публікації | №  | Ключове слово    | Частота публікації |
|---|---------------|--------------------|----|------------------|--------------------|
| 1 | 2             | 3                  | 4  | 5                | 6                  |
| 1 | IoT           | 1,238              | 11 | Давачі           | 64                 |
| 2 | Розумне місто | 883                | 12 | ITS              | 49                 |
| 3 | WSN           | 121                | 13 | Глибоке навчання | 44                 |

Продовження таблиці 2.4

| 1  | 2                   | 3   | 4  | 5                  | 6  |
|----|---------------------|-----|----|--------------------|----|
| 4  | Хмарні обчислення   | 119 | 14 | III                | 42 |
| 5  | Великі дані         | 118 | 15 | Smart Grid         | 41 |
| 6  | Безпека             | 93  | 16 | Енергоефективність | 38 |
| 7  | Fog Computing       | 72  | 17 | Конфіденційність   | 38 |
| 8  | ML                  | 69  | 18 | Розумний будинок   | 34 |
| 9  | Блокчейн            | 65  | 19 | SDN                | 33 |
| 10 | Граничні обчислення | 65  | 20 | 5G                 | 32 |

Згідно з [58], «розумні міста» є критично важливою сферою впровадження IoT, оскільки інформація, зібрана з датчиків, може бути оброблена та використана, наприклад, для підтримки енергетичних систем, покращення транспортних потоків, зменшення забруднення та підвищення безпеки. Подібним чином автори [59] стверджують, що IoT є наступним кроком в еволюції Інтернету, спираючись на повсюдне підключення для полегшення міжмережевого зв'язку та зв'язку між усіма фізичними пристроями, які можна використовувати в «розумних містах». Будучи новим поколінням комунікаційної інфраструктури, IoT полегшує надання соціальних послуг і сприяє людському розвитку через доступ до інформації та обмін інформацією в режимі реального часу [60]. Подібним чином у [61] стверджується, що розгортання IoT пропонує захоплюючий мультимедійний досвід користувача, уможливаючи злиття вмісту та контексту, медіа-інтернет-технологій на основі геопозиціонування, захоплюючі мультисенсорні середовища та доповнену реальність.

Третім і четвертим найпоширенішими термінами є «WSN» – бездротова сенсорна мережа і «хмарні обчислення» відповідно. У «розумних містах» на основі Інтернету речей «WSN» вважаються передовою технологією для підвищення можливостей:

- зондування [62];
- автоматизації [63];
- моніторингу параметрів середовища [64];
- доступності даних [65].

У поєднанні з IoT мережі «WSN» можуть допомогти у створенні комплексних рішень для стійких спільнот за допомогою застосунків у [66]:

- охороні здоров'я;
- ліквідації наслідків стихійних лих;
- енергетики;
- управлінням відходами;
- моніторингу навколишнього середовища.

«WSN» полегшують взаємодію між IoT-пристроями і призводять до покращення довговічності та ефективності мережі, обмежуючи тим самим споживання енергії [67]. За даними [68], «розумні міста» можуть використовувати «WSN» для збору даних про корисні міські показники, зокрема:

- рівень шуму;
- рівень забруднення;
- управління збором відходів;
- керування вуличним освітленням тощо.

Інтеграція хмарних обчислень та IoT, мабуть, являє собою наступний великий стрибок у майбутньому Інтернеті [69], оскільки в контексті «розумного міста» з'являється кілька перспективних програм [70], зокрема:

- «розумні» будинки та спільноти [71];
- управління ресурсами [72];
- міське будівництво [17];
- міська стійкість [73].

Хмарні обчислення також можуть допомогти подолати виклики «Індустрії 4.0» [74], пов'язані з:

- інтеграцією даних;

- мережею;
- аналітикою даних;
- ШІ для самоадаптації;
- стійкістю кіберфізичних систем.

У цьому контексті [59] стверджують, що хмарні обчислення забезпечують постачальників міських послуг динамічним забезпеченням ресурсами, зазвичай через віртуалізацію. Зберігання, обчислення та зв'язок – це лише кілька прикладів віртуальних ресурсів, які можна розподілити між центрами обробки даних у багатьох географічних місцях, щоб задовольнити потреби громадян. Крім того, центри обробки даних можуть бути пов'язані з одним і тим же постачальником хмарної інфраструктури або можуть бути розосереджені між хмарами. Хмарні обчислення зросли до такого ступеня, коли вони широко використовуються та загальноновизнані за свою надійність і масштабованість [75] у розміщенні програм і послуг. Тим не менш, важливо підкреслити, що не всі служби та програми будуть розміщені або перенесені в звичайну хмару, оскільки широкий спектр послуг і програм можна наблизити до кінцевих користувачів через конвергентні межі в «розумному місті» [76].

Ключові слова «Fog Computing» і «Edge computing» також часто з'являються, що вказує на необхідність забезпечення «розумного» зв'язку через низьку затримку периферійних пристроїв, а також підвищену конфіденційність, масштабованість і ефективність пропускну здатності [77]. Хоча хмарні обчислення можуть допомогти у вирішенні певних проблем Інтернету речей, наразі їм бракує інструментів для вирішення проблем:

- георозподіл;
- підтримка мобільності;
- низька затримка;
- визначення місця розташування.

У цьому контексті «Fog computing» забезпечує обчислення, зберігання та мережеві послуги між кінцевими пристроями та хмарою в рамках спільної та

розподіленої моделі. Через обмеження Інтернету речей туманні обчислення не можуть забезпечити функцій:

- комплексний аналіз;
- зберігання історичних даних;
- доступ до даних величезній кількості користувачів;

Що, у свою чергу, забезпечується хмарними обчисленнями. Варіанти використання туманних обчислень у «розумному місті»:

- впровадження в медичних кіберфізичних системах для розміщення застосунків віртуальних пристроїв охорони здоров'я [78];
- «розумного» міського спостереження [79];
- «розумних» транспортних засобів [80].

У «розумному місті» периферійні обчислення відіграють вирішальну роль у підвищенні якості обслуговування «QoS» мобільних послуг завдяки швидкому обчисленню та можливостям низької затримки. Реалізація цих переваг за допомогою периферійних обчислень і забезпечення надійності системи потребує ефективного розподілу ресурсів за допомогою IoT. З цього приводу автори [81] стверджують, що периферійні обчислення не тільки долають обмеження хмарних обчислень, але й є ефективним рішенням для розвитку «розумних міст» загалом, оскільки впровадження периферійного шлюзу дозволяє підключати пристрої IoT та обробляти дані локально, щоб забезпечити доступність послуг, коли необхідні для покращення безпеки, конфіденційності та продуктивності. Загалом, очікується, що ці нові обчислювальні парадигми забезпечать високоякісну передачу даних та відео в рухомі транспортні засоби, громадські місця та мобільні вузли через точки доступу, розгорнуті, наприклад, уздовж торгових центрів і автомагістралей [82].

Крім того, проблеми, пов'язані з системами IoT у «розумних містах», можна подолати за допомогою рішень на основі:

- великих даних [83];
- блокчейн [44];

- штучного інтелекту «AI»;
- машинного навчання – «ML» [84]
- глибокого навчання – «DL» [39].

Іншим цікавим висновком у таблиці 2.4 є поява ключових слів «ITS» – Інтелектуальні транспортні системи, «Smart Grid» і «Енергоефективність», що вказує на актуальність IoT для «розумних» транспортних систем [50] і сприяє ефективному використанню енергії. [85]. Крім того, об'єднання IoT у «SDN» може допомогти покращити використання мережевих ресурсів, полегшити керування мережею та підвищити сумісність різномірних IoT-пристроїв, які використовуються в різних інтелектуальних програмах, включаючи «розумний дім» і «розумну фабрику» [86]. У зв'язку з цим роль «5G» є важливою як сприятлива технологія для IoT для забезпечення безперебійних з'єднань для IoT-пристроїв з високою щільністю, які задовольняють їхні потреби з точки зору масштабованості та затримки [87]. Взяті разом, двадцять ключових слів, які найчастіше зустрічаються, підкреслюють синергію між IoT та широким спектром інформаційних технологій у прокладанні шляху до подальшого розвитку «розумних міст».

На основі бази даних «Scopus» автор [88] виділяється тим, що отримав найбільшу кількість цитувань серед «1802» розглянутих статей, зокрема «2612». Через шість років після першої публікації ця стаття все ще привертає увагу, оскільки містить вичерпний огляд базових технологій, протоколів та архітектури для «розумних міст». На другому місці [69] отримали «997» цитувань, за ними йдуть [89] з «760» цитуваннями. Ці автори внесли кілька впливових результатів досліджень, які роблять їхні дослідження унікальними та важливими для академічної спільноти. Наприклад, у [69] досліджували інтеграцію хмарних обчислень та Інтернету речей і відзначили, що їх взаємодоповнюваність призводить до створення послуг, які взаємодіють із навколишнім середовищем і створюють перспективні можливості для контекстуалізації та географічної обізнаності. В [89] надано вичерпний огляд IoT і «розумних» мереж, «розумного» транспорту і «розумного міста».

На четвертому та п'ятому місцях відповідно стаття [90] отримала «662» посилення, а цитата з [91] – «658». Під час ретельного вивчення методів дослідження, застосованих у всіх дослідженнях із вибірки, можна помітити переважання оглядів і концептуальних статей. Цей висновок підтверджує аргумент [92], що, як правило, рецензії отримують більше цитувань, ніж оригінальні статті, оскільки вони допомагають комплексно оцінити розвиток, стан і траєкторії досліджень у певній галузі.

## 2.2 Формування мережі термінів

Авторські ключові слова передають суть статті та можуть стисло підсумувати її зміст [37]. Ключові слова – це термінологія, яка вказує на центральну ідею статті, що робить їх ключовими в бібліометричних дослідженнях [93], оскільки їхній аналіз допомагає досліджувати тенденції досліджень і визначати гарячі точки дослідження [94]. Аналіз наданих автором ключових слів може відобразити основний зміст дослідження та надати додаткову інформацію про напрямки досліджень у певній науковій галузі [95].

За даними [96], потенційні фронти наукової галузі можна визначити шляхом аналізу ключових слів. Автори [97] стверджують, що аналіз спільного використання ключових слів є цінним наукометричним інструментом для картографування науки, виявлення внутрішньої структури міркувань авторів і надання ширшого погляду на окремі фокуси досліджень у певній галузі досліджень.

Щоб побудувати мережу спільного використання ключових слів, слід почати з вилучення всіх наданих автором ключових слів із кожної статті. Потім потрібно попередньо обробити й уточнити ключові слова, щоб усунути невідповідності, наприклад, замінивши ключові слова, згадані повністю відповідними скороченнями, наприклад:

- «Інтернет речей»;
- «бездротові сенсорні мережі»;





Вузол відповідає ключовому слову, а розмір вузла відображає частоту спільного використання ключового слова. Два ключові слова мають близьку відстань, якщо вони часто зустрічаються разом в одній статті, тобто мають високе значення спільного входження. Чим ближча відстань між двома вузлами, тим більша щільність і спорідненість двох термінів. Щоб створити значущий аналіз, використано десять найчастіших ключових слів у кожному кластері (див. таблицю 2.5), щоб позначити кожен кластер на основі його основних характеристик і тем, зокрема:

1. Роль IoT, обчислювальних парадигм і великих даних у «розумному місті».
2. Роль блокчейну в «розумному місті».
3. Роль III в «розумному місті».
4. Роль RFID та GPS у «розумному місті».
5. Роль WSN в «розумному місті».
6. Роль бездротових телекомунікаційних мереж у «розумному місті».
7. IoT як драйвер для ефективного управління енергією.

Таблиця 2.5 – Десять найчастіших ключових слів на основі кластеризації спільного використання ключових слів\*.

| № | Кластер           |                  |        |               |                     |         |                         |
|---|-------------------|------------------|--------|---------------|---------------------|---------|-------------------------|
|   | K1                | K2               | K3     | K4            | K5                  | K6      | K7                      |
| 1 | 2                 | 3                | 4      | 5             | 6                   | 7       | 8                       |
| 1 | IoT               | Безпека          | ML     | RFID          | WSN                 | LoRa    | Розумний Grid           |
| 2 | Розумне місто     | Блокчейн         | Давачі | Smart Parking | Енерго-ефективність | LoRaWAN | Енергетичний менеджмент |
| 3 | Хмарні обчислення | ITS              | DL     | Raspberry PI  | QoS                 | LPWAN   | Розумне вимірювання     |
| 4 | Big Data          | Конфіденційність | AI     | GPS           | Оптимізація         | Енергія | Інформаційна безпека    |

## Продовження таблиці 2.5

| 1  | 2                  | 3              | 4                | 5                    | 6              | 7                   | 8                         |
|----|--------------------|----------------|------------------|----------------------|----------------|---------------------|---------------------------|
| 5  | Туманні обчислення | SDN            | CPS              | MQTT                 | Маршрутизація  | Симуляція           | Центр обробки даних       |
| 6  | Крайові обчислення | 5G             | Видобуток даних  | Wi-Fi                | GA             | Аналіз ефективності | Класифікація              |
| 7  | Розумний будинок   | Аутентифікація | Розумна будівля  | Arduino              | IoT-застосунки | NB-IoT              | Мікро GRID                |
| 8  | ICT                | UAV            | Краудсенсинг     | Zigbee               | Clustering     | Довірче управління  | Підтримка векторних машин |
| 9  | Стійкість          | MEC            | Охорона здоров'я | Мобільний застосунок | VANET          | IEEE 802.15.4       | AMI                       |
| 10 | BDA                | IoV            | ANN              | Забруднення повітря  | Mobility       | Оцінка ефективності | Виявлення аномалії        |

При формуванні таблиці 2.5 та опрацюванні наукових публікацій було виявлено множину позначень, термінів та скорочень:

- AMI – інфраструктура автоматизованого вимірювання.
- ANN – штучні нейронні мережі.
- GA – генетичний алгоритм.
- GPS – глобальна система позиціонування.
- IoV – Інтернет транспортних засобів.
- LoRa – дальній радіус дії.
- LoRaWAN – глобальна мережа великого радіусу дії.
- LPWAN – глобальна мережа низької потужності.
- MEC – мобільні периферійні обчислення
- NB-IoT – вузькосмуговий Інтернет речей/
- RFID – радіочастотна ідентифікація.
- SDN – програмно-визначена мережа.
- UAV – Безпілотні літальні апарати.
- VANET – автомобільна спеціальна мережа.
- WSN – бездротові сенсорні мережі.

### **2.3 Висновок до другого розділу**

В другому розділі кваліфікаційної роботи проаналізовано статистики ключових слів і цитувань. Сформовано мережу термінів, щодо використання Інтернету речей у проєктах класу «Розумне місто». Основні результати кластеризації спільного використання ключових слів вказують на те, що IoT використовується разом з іншими інформаційними технологіями, зокрема, хмарними обчисленнями, аналітикою великих даних, блокчейном, штучним інтелектом і бездротовими телекомунікаційними мережами.

## РОЗДІЛ 3. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 3.1 Діяльність. Її види та розуміння в безпеці праці

Кваліфікаційна робота освітнього рівня «Бакалавр» прив'язана аналізу використання Інтернету речей у проектах класу "Розумне місто". Розвиток сучасних міст тісно пов'язаний з різнотиповими видами діяльності. Тому в параграфі «Безпека життєдіяльності» доцільно розглянути поняття «діяльність» та охарактеризувати її види та розуміння в безпеці праці.

Термін «життєдіяльність» складається з двох означень: життя та діяльність. Життя – це одна з форм існування матерії, яку відрізняє від інших здатність до розмноження, росту, розвитку, активної регуляції своїх функцій, до різних форм з руху, діяльності. Таким чином термін «життя» вже в деякій мірі передбачає діяльність.

Діяльність – специфічна форма відношення до навколишнього світу, зміст якого складає його доцільна зміна та перетворення в інтересах людей, яке включає в себе мету, засоби, результат і сам процес. Необхідно зазначити, що людська активність має особливість, яка відрізняє її від активності решти живих організмів та істот [100]. Ця особливість полягає в тому, що людина не лише пристосовується до навколишнього середовища, а й трансформує його до задоволення власних потреб, активно взаємодіє з ним, завдяки чому і досягає свідомо поставленої мети, що виникла внаслідок прояву у неї певної потреби. Отже, під життєдіяльністю розуміється властивість людини не просто діяти в життєвому середовищі, яке її оточує, а процес збалансованого існування та самореалізації індивіда, групи людей, суспільства і людства загалом в єдності їхніх життєвих потреб і можливостей.

Види діяльності:

- виробнича;
- побутова;
- наукова;

– освітня і т.п.

Життя і діяльність – взаємозалежні і взаємообумовлюють одне одного. Життя не може існувати без діяльності і навпаки. Людина постійно взаємодіє з навколишнім середовищем, перетворює це середовище, а воно, у свою чергу, впливає на життєдіяльність самої людини. Тобто взаємодія людини із середовищем, що її оточує, відбувається при наявності прямих та зворотних зв'язків.

Будь-який вид господарської діяльності повинен бути корисний для суспільства, а у сфері бізнесу – ще і рентабельним, але водночас така діяльність може бути джерелом негативних впливів на життя та здоров'я її учасників або інших видів шкоди, наприклад, моральної, що призводять до травматизму, захворювань, повної втрати працездатності чи смерті [101]. Шкоду працівникам може чинити і робота на виробництві (трудова діяльність), і різні види відпочинку, розваги та навіть діяльність, пов'язана з отриманням знань. Історія та практика, таким чином, дають підставу стверджувати, що будь-яка діяльність у сучасних умовах є потенційно небезпечною. Абсолютної безпеки трудової діяльності, тобто стану, в якому виключені всі небезпеки для працівників, просто не існує. Саме тому роботодавцям важливо усвідомити необхідність забезпечення безпеки праці, а без належного методичного інструментарію, розробка якого повинна починатись власне із ідентифікації поняття «безпека праці», реалізація практичних засобів захисту учасників трудового колективу від різного роду небезпек та загроз, не видається можливою.

Життєдіяльність (ЖД) – це така форма організації життя і цілеспрямованої діяльності, за якої повністю або частково забезпечуються всі потреби і запити людини.

Неможливо вивчати особливості людини, колективу чи суспільства, не враховуючи їх місця в навколишньому середовищі і стану цього середовища. Тому БЖД вивчає людину і її навколишнє середовище саме в системі «людина – життєве середовище».

### 3.2 Контроль за станом охорони праці

Кваліфікаційна робота освітнього рівня «Бакалавр» прив'ячена аналізу використання Інтернету речей у проєктах класу "Розумне місто". Розвиток сучасних міст тісно пов'язаний з діяльністю обширного переліку найрізноманітніших підприємств, установ та організацій. Тому в параграфі «Охорона праці» доцільно розглянути питання контролю за станом охорони праці.

Контроль за станом охорони праці на підприємстві є одним із складових елементів системи управління охороною праці підприємства. Контроль спрямований на виявлення відхилень від норм в умовах праці та перевірку виконання працівниками своїх обов'язків у сфері охорони праці. Дізнайтеся, які бувають основні види контролю за станом охорони праці на підприємстві, з якою періодичністю їх проводять, та якими документами супроводжується контроль.

Контроль за станом охорони праці (далі – контроль) є найбільш відповідальною та трудомісткою функцією процесу управління, від якої залежить система управління охороною праці підприємства в цілому. Оперативно виявити можливі відхилення від норм безпеки праці, перевірити виконання запланованих заходів та управлінських рішень можливо лише на підставі регулярного та об'єктивного контролю на підприємстві [102].

Контроль має здійснюватися керівниками всіх рівнів управління виробництвом. При створенні безпечних умов праці на підприємстві значну роль також відіграє громадський контроль, що провадиться громадськими інспекторами (представниками профспілок) або уповноваженими особами з питань охорони праці (у разі відсутності профспілки).

Організація контролю за станом охорони праці на підприємстві тісно пов'язана із управлінням підприємством. Систему управління підприємством можна умовно поділити на рівні за певною ознакою, для кожного з яких має бути відповідний ступінь контролю.

Відповідно до масштабу підприємства розрізняють п'ять рівнів системи управління підприємством. Кількість рівнів залежить від розгалуженості структури підприємства:

- однорівнева система – у суб'єктів малого підприємництва і приватних підприємців;
- дворівнева система – на малих підприємствах (приватні підприємства);
- трирівнева система – на великих підприємствах (державні підприємства, акціонерні товариства);
- чотирирівнева система – на підприємствах із розвиненим корпоративним управлінням (дочірні підприємства, відомчі об'єднання підприємств);
- п'ятирівнева система – на підприємствах з розвиненим транснаціональним корпоративним управлінням (характерно для міжнародного співробітництва міністерств, транснаціональних об'єднань, компаній, холдингів).

Залежно від системи управління підприємством та масштабів його підрозділів контроль за станом охорони праці може нараховувати від одного до п'яти ступенів [103]. Наприклад, на підприємствах електроенергетичного комплексу найпоширенішим є триступеневий контроль, а на підприємствах нафтогазового комплексу – п'ятиступеневий контроль за станом охорони праці.

### **3.3 Висновок до третього розділу**

В третьому розділі кваліфікаційної роботи охарактеризовано діяльність, розглянуто її види та розуміння в безпеці праці. Описано контроль за станом охорони праці.



## ВИСНОВКИ

В першому розділі кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Бакалавр»:

- Розглянуто інформаційну технологію Інтернету речей.
- Описано інноваційний інформаційно-технологічний концепт «Розумне місто».
- Висвітлено пов'язаність термінів «Розумні міста» та Інтернет речей.
- Проаналізовано предметну область використання Інтернету речей у проєктах класу «Розумне місто».
- Сформовано методологічний підхід до аналізу використання Інтернету речей у проєктах класу «Розумне місто».

В другому розділі кваліфікаційної роботи:

- Проаналізовано статистики ключових слів і цитувань.
- Сформовано мережу термінів, щодо використання Інтернету речей у проєктах класу «Розумне місто».

Результати проведеного аналізу можуть бути корисними дослідникам, які активно досліджують IoT в контексті «розумних міст». Використаний методологічний підхід дозволив побудувати щільну мережу ключових слів і визначити сім тем досліджень, які розглядаються в поточних публікаціях IoT та «розумних міст».

У розділі «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці» охарактеризовано діяльність, розглянуто її види та розуміння в безпеці праці. Описано контроль за станом охорони праці.

**ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ**

- 1 Duda, O., et al, Selection of Effective Methods of Big Data Analytical Processing in Information Systems of Smart Cities. CEUR Workshop Proceedings 2631, pp. 68-78. 2020.
- 2 Duda, O., Kunanets, N., Martsenko, S., Matsiuk, O., Pasichnyk, V., Building secure Urban information systems based on IoT technologies. CEUR Workshop Proceedings 2623, pp. 317-328. 2020.
- 3 M.M. Martín-Lopo, J. Boal, A. Sánchez-Miralles, A literature review of IoT energy platforms aimed at end users, Computer Networks 171 (2020), 107101, <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2020.107101>.
- 4 P.M. Chanal, M.S. Kakkasageri, Security and Privacy in IoT: A Survey, Wireless Personal Communications 115 (2) (2020) 1667–1693, <https://doi.org/10.1007/s11277-020-07649-9>.
- 5 S. Bansal, D. Kumar, IoT Ecosystem: A Survey on Devices, Gateways, Operating Systems, Middleware and Communication, International Journal of Wireless Information Networks 27 (3) (2020) 340–364, <https://doi.org/10.1007/s10776-020-00483-7>.
- 6 F. Xhafa, A. Aly, A.A. Juan, Allocation of applications to Fog resources via semantic clustering techniques: with scenarios from intelligent transportation systems, Computing 103 (3) (2021) 361–378, <https://doi.org/10.1007/s00607-020-00867-w>.
- 7 Duda, O., Pasichnyk, V., Kunanets, N., Antonii, R., Matsiuk, O. Multidimensional Representation of COVID-19 Data Using OLAP Information Technology. International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies, 2020, 2, pp. 277–280, 9321889.
- 8 Markets and Markets. (2020). Industrial IoT (IIoT) Market by Device & Technology (Sensor, RFID, Industrial Robotics, DCS, Condition Monitoring, Networking Technology), Connectivity (Wired, Wireless, Field Technology), Software (PLM, MES, SCADA), Vertical, Region - Global Forecast to 2025.

[https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/industrial-internet-of-things-market-129733727.html?gclid=CjwKCAiA1rPyBRAREiwA1UIy8HeVQ\\_mbrZHZ2eOFTcuZok4BdBR\\_57FIIK72wJX4Wg1Y1hQIuAs-cUBoCnzcQAvD\\_BwE](https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/industrial-internet-of-things-market-129733727.html?gclid=CjwKCAiA1rPyBRAREiwA1UIy8HeVQ_mbrZHZ2eOFTcuZok4BdBR_57FIIK72wJX4Wg1Y1hQIuAs-cUBoCnzcQAvD_BwE). Accessed 16 August 2020.

9 Statista, Number of connected devices worldwide 2030, Statista, 2020. <https://www.statista.com/statistics/802690/worldwide-connected-devices-by-access-technology/>. Accessed 14 November 2020.

10 Duda, O., Palka, O., Pasichnyk, V., Matsiuk, O., Kunanets, N., & Tabachyshyn, D. (2020, September). Existing City Assessment Systems. In 2020 IEEE 15th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT) (Vol. 2, pp. 238-241). IEEE.

11 A.A.-J. Mohammed, M.A. Burhanuddin, H. Basiron, D. Tunggal, Key Enablers of IoT Strategies in the Context of Smart City Innovation, *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems* 10 (4) (2018) 582–589.

12 H. Treiblmaier, A. Rejeb, A. Strebinger, Blockchain as a Driver for Smart City Development: Application Fields and a Comprehensive Research Agenda, *Smart Cities* 3 (3) (2020) 853–872, <https://doi.org/10.3390/smartcities3030044>.

13 A. Asensio, T. Blanco, R. Blasco, A. Marco, R. Casas, Managing Emergency Situations in the Smart City: The Smart Signal, *Sensors* 15 (6) (2015) 14370–14396, <https://doi.org/10.3390/s150614370>.

14 Duda O., Matsiuk O., Kunanets N., Pasichnyk V., Rzhеuskyi A., Bilak Y., Formation of Hypercubes Based on Data Obtained from Systems of IoT Devices of Urban Resource Networks, *International Journal of Sensors, Wireless Communications and Control* (2020) 10: 1. ISSN 2210-3287.

15 C. Gonzalez García, D. Meana-Llorián, B.C. Pelayo G-Bustelo, J.M. Cueva Lovelle, N Garcia-Fernandez, Midgar: Detection of people through computer vision in the Internet of Things scenarios to improve the security in Smart Cities, Smart Towns, and Smart Homes, *Future Generation Computer Systems* 76 (2017) 301–313, <https://doi.org/10.1016/j.future.2016.12.033>.

16 P. Tiwari, P.V. Ilavarasan, S. Punia, Content analysis of literature on big data in smart cities, *Benchmarking: An International Journal* 28 (5) (2021) 1837–1857, <https://doi.org/10.1108/BIJ-12-2018-0442>.

17 C. Zhang, Design and application of fog computing and Internet of Things service platform for smart city, *Future Generation Computer Systems* 112 (2020) 630–640, <https://doi.org/10.1016/j.future.2020.06.016>.

18 G. Marques, J. Saini, M. Dutta, P.K. Singh, W.-C. Hong, Indoor Air Quality Monitoring Systems for Enhanced Living Environments: A Review toward Sustainable Smart Cities, *Sustainability* 12 (10) (2020) 4024, <https://doi.org/10.3390/su12104024>.

19 F. Abate, M. Carratù, C. Liguori, V. Paciello, A low cost smart power meter for IoT, *Measurement* 136 (2019) 59–66, <https://doi.org/10.1016/j.measurement>.

20 I.T. Hawryszkiewicz, Cloud Requirements for Facilitating Business Collaboration: A Modeling Perspective, *Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce* 24 (2–3) (2014) 174–185, <https://doi.org/10.1080/10919392.2014.896726>.

21 G. Javadzadeh, A.M. Rahmani, Fog Computing Applications in Smart Cities: A Systematic Survey, *Wireless Networks* 26 (2) (2020) 1433–1457, <https://doi.org/10.1007/s11276-019-02208-y>.

22 M. Janssen, S. Luthra, S. Mangla, N.P. Rana, Y.K. Dwivedi, Challenges for adopting and implementing IoT in smart cities: An integrated MICMAC-ISM approach, *Internet Research* 29 (6) (2019) 1589–1616, <https://doi.org/10.1108/INTR-06-2018-0252>.

23 J. Choi, S. Ahn, Scalable Service Placement in the Fog Computing Environment for the IoT-Based Smart City, *Journal of Information Processing Systems* 15 (2) (2019) 440–448, <https://doi.org/10.3745/JIPS.03.0113>.

24 C. Zheng, J. Yuan, L. Zhu, Y. Zhang, Q. Shao, From digital to sustainable: A scientometric review of smart city literature between 1990 and 2019, *Journal of*

Cleaner Production 258 (2020), 120689, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120689>.

25 S. Zhou, X. Zhang, J. Liu, K. Zhang, Y. Zhao, Exploring development of smart city research through perspectives of governance and information systems: a scientometric analysis using CiteSpace, *Journal of Science and Technology Policy Management* 11 (4) (2020) 431–454, <https://doi.org/10.1108/JSTPM-05-2019-0051>.

26 L. Mora, R. Bolici, M. Deakin, The First Two Decades of Smart-City Research: A Bibliometric Analysis, *Journal of Urban Technology* 24 (1) (2017) 3–27, <https://doi.org/10.1080/10630732.2017.1285123>.

27 L. Zhao, Z. Tang, X. Zou, Mapping the Knowledge Domain of Smart-City Research: A Bibliometric and Scientometric Analysis, *Sustainability* 11 (23) (2019) 6648, <https://doi.org/10.3390/su11236648>.

28 P. Bellini, P. Nesi, G. Pantaleo, IoT-Enabled Smart Cities: A Review of Concepts, Frameworks and Key Technologies, *Applied Sciences* 12 (3) (2022) 1607, <https://doi.org/10.3390/app12031607>.

29 Z. Yu, L. Song, L. Jiang, O. Khold Sharafi, Systematic literature review on the security challenges of blockchain in IoT-based smart cities, *Kybernetes* 51 (1) (2021) 323–347, <https://doi.org/10.1108/K-07-2020-0449>.

30 A. Mishra, A.V. Jha, B. Appasani, A.K. Ray, D.K. Gupta, A.N. Ghazali, Emerging technologies and design aspects of next generation cyber physical system with a smart city application perspective, *International Journal of System Assurance Engineering and Management* (2022), <https://doi.org/10.1007/s13198-021-01523-y>.

31 M.J. Shehab, I. Kassem, A.A. Kutty, M. Kucukvar, N. Onat, T. Khattab, 5G Networks Towards Smart and Sustainable Cities: A Review of Recent Developments, Applications and Future Perspectives, *IEEE Access* 10 (2022) 2987–3006, <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3139436>.

32 Y. Wang, F. Zhang, J. Wang, L. Liu, B. Wang, A Bibliometric Analysis of Edge Computing for Internet of Things, *Security and Communication Networks* (2021), e5563868, <https://doi.org/10.1155/2021/5563868>.

33 M.A. Rivera, A. Pizam, Advances in hospitality research: “from Rodney Dangerfield to Aretha Franklin”, *International Journal of Contemporary Hospitality Management* 27 (3) (2015) 362–378, <https://doi.org/10.1108/IJCHM-03-2014-0146>.

34 M.P. Ferreira, C.F. Pinto, F.R. Serra, The transaction costs theory in international business research: a bibliometric study over three decades, *Scientometrics* 98 (3) (2014) 1899–1922, <https://doi.org/10.1007/s11192-013-1172-8>.

35 A. Rejeb, S. Simske, K. Rejeb, H. Treiblmaier, S. Zailani, Internet of Things Research in Supply Chain Management and Logistics: A Bibliometric Analysis, *Internet of Things* 12 (December) (2020), 100318, <https://doi.org/10.1016/j.iot.2020.100318>.

36 B. Fahimnia, J. Sarkis, H. Davarzani, Green supply chain management: A review and bibliometric analysis, *International Journal of Production Economics* 162 (2015) 101–114, <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.01.003>.

37 A. Foncubierta-Rodríguez, H. Müller, A. Depeursinge, Retrieval of high-dimensional visual data: current state, trends and challenges ahead, *Multimedia Tools and Applications* 69 (2) (2014) 539–567, <https://doi.org/10.1007/s11042-012-1327-2>.

38 A.-R. Ramos-Rodríguez, J. Ruíz-Navarro, Changes in the intellectual structure of strategic management research: a bibliometric study of the *Strategic Management Journal*, 1980–2000, *Strategic Management Journal* 25 (10) (2004) 981–1004, <https://doi.org/10.1002/smj.397>.

39 V. Della Corte, G. Del Gaudio, F. Sepe, Ethical food and the kosher certification: a literature review, *British Food Journal* 120 (10) (2018) 2270–2288, <https://doi.org/10.1108/BFJ-09-2017-0538>.

40 V. Aryadoust, B.H. Ang, Exploring the frontiers of eye tracking research in language studies: a novel co-citation scientometric review, *Computer Assisted Language Learning* (2019) 1–36, <https://doi.org/10.1080/09588221.2019.1647251>.

41 S.H. Al-Khalifa, Scientometric assessment of Saudi publication productivity in computer science in the period of 1978-2012, *International Journal of Web Information Systems* 10 (2) (2014) 194–208, <https://doi.org/10.1108/IJWIS-01-2014-0001>.

42 Rejeb, Abderahman, et al. "The big picture on the internet of things and the smart city: a review of what we know and what we need to know." *Internet of Things* 19 (2022): 100565.

43 I. Ajiferuke, Q. Burell, J. Tague, Collaborative coefficient: A single measure of the degree of collaboration in research, *Scientometrics* 14 (5–6) (2005) 421–433, <https://doi.org/10.1007/bf02017100>.

44 D.J. De Solla Price, D. Beaver, Collaboration in an invisible college, *American Psychologist* 21 (11) (1966) 1011–1018, <https://doi.org/10.1037/h0024051>.

[90] M. Deakin, A. Reid, Smart cities: Under-gridding the sustainability of city-districts as energy efficient-low carbon zones, *Journal of Cleaner Production* 173 (2018) 39–48, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.054>.

45 M. Barcelo, A. Correa, J. Llorca, A.M. Tulino, J.L. Vicario, A. Morell, IoT-Cloud Service Optimization in Next Generation Smart Environments, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications* 34 (12) (2016) 4077–4090, <https://doi.org/10.1109/JSAC.2016.2621398>.

46 M. Callon, J. Law, A. Rip, How to Study the Force of Science, in: M. Callon, J. Law, A. Rip (Eds.), *Mapping the Dynamics of Science and Technology: Sociology of Science in the Real World*, Palgrave Macmillan UK, London, 1986, pp. 3–15, [https://doi.org/10.1007/978-1-349-07408-2\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-349-07408-2_1).

47 A.A. Khasseh, F. Soheili, H.S. Moghaddam, A.M. Chelak, Intellectual structure of knowledge in iMetrics: A co-word analysis, *Information Processing & Management* 53 (3) (2017) 705–720, <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2017.02.001>.

48 E.K. Kevork, A.P. Vrechopoulos, CRM literature: conceptual and functional insights by keyword analysis, *Marketing Intelligence & Planning* 27 (1) (2009) 48–85, <https://doi.org/10.1108/02634500910928362>.

49 M.J. Cobo, A.G. Lopez-Herrera, E. Herrera-Viedma, F. Herrera, Science mapping software tools: Review, analysis, and cooperative study among tools, *Journal of the American Society for Information Science and Technology* 62 (7) (2011) 1382–1402, <https://doi.org/10.1002/asi.21525>.

50 P. Bellavista, C. Giannelli, S. Lanzone, G. Riberto, C. Stefanelli, M. Tortonesi, A Middleware Solution for Wireless IoT Applications in Sparse Smart Cities, *Sensors* 17 (11) (2017) 2525, <https://doi.org/10.3390/s17112525>.

51 W.-T. Chiu, Y.-S. Ho, Bibliometric analysis of tsunami research, *Scientometrics* 73 (1) (2007) 3–17, <https://doi.org/10.1007/s11192-005-1523-1>.

52 A. Camero, E. Alba, Smart City and information technology: A review, *Cities* 93 (2019) 84–94, <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.04.014>.

53 N. Kshetri, The evolution of the internet of things industry and market in China: An interplay of institutions, demands and supply, *Telecommunications Policy* 41 (1) (2017) 49–67, <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2016.11.002>.

54 T.R.G. Asir, K.N. Sivaranjani, W. Anandaraj, Internet of things and India's readiness, *International Journal of Applied Engineering Research* 10 (69) (2015) 274–279.

55 S. Ahmed, M.A. Shah, K. Wakil, Blockchain as a Trust Builder in the Smart City Domain: A Systematic Literature Review, *IEEE Access* 8 (2020) 92977–92985.

56 F. Alharbi, Integrating internet of things in electrical engineering education, *The International Journal of Electrical Engineering & Education* (2020), <https://doi.org/10.1177/0020720920903422>, 0020720920903422.

57 S.H. Zyoud, D. Fuchs-Hanusch, Estimates of Arab world research productivity associated with groundwater: a bibliometric analysis, *Applied Water Science* 7(3) (2017) 1255–1272, <https://doi.org/10.1007/s13201-016-0520-2>.

58 A. Alkhodre, Statistical-Based Trustful Access Control Framework for Smart Campuses, *International Journal of Advanced Computer Science and Applications* 9 (9) (2018) 111–117.

59 A. Gharaibeh, M.A. Salahuddin, S.J. Hussini, A. Khreishah, I. Khalil, M. Guizani, A. Al-Fuqaha, Smart Cities: A Survey on Data Management, Security, and Enabling Technologies, *IEEE Communications Surveys Tutorials* 19 (4) (2017) 2456–2501, <https://doi.org/10.1109/COMST.2017.2736886>.



60 A. Wang, P. Wang, X. Miao, X. Li, N. Ye, Y. Liu, A review on non-terrestrial wireless technologies for Smart City Internet of Things, *International Journal of Distributed Sensor Networks* 16 (6) (2020), 1550147720936824, <https://doi.org/10.1177/1550147720936824>.

61 I. Belkacem, S. Nait-Bahloul, D. Sauveron, Enhancing dependability through profiling in the collaborative internet of things, *Multimedia Tools and Applications* 78 (3) (2019) 2983–3007, <https://doi.org/10.1007/s11042-017-5431-1>.

62 A. Aliyu, A.H. Abdullah, O. Kaiwartya, Y. Cao, J. Lloret, N. Aslam, U.M. Joda, Towards video streaming in IoT Environments: Vehicular communication perspective, *Computer Communications* 118 (2018) 93–119, <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2017.10.003>.

63 A. Alchihabi, A. Dervis, E. Ever, F. Al-Turjman, A generic framework for optimizing performance metrics by tuning parameters of clustering protocols in WSNs, *Wireless Networks* 25 (3) (2019) 1031–1046, <https://doi.org/10.1007/s11276-018-1665-8>.

64 P. Eliopoulos, N.-A. Tatlas, I. Rigakis, I. Potamitis, A “Smart” Trap Device for Detection of Crawling Insects and Other Arthropods in Urban Environments, *Electronics* 7 (9) (2018) 161, <https://doi.org/10.3390/electronics7090161>.

65 A.K.M. Al-Qurabat, A.K. Idrees, Data gathering and aggregation with selective transmission technique to optimize the lifetime of Internet of Things networks, *International Journal of Communication Systems* 33 (11) (2020) e4408, <https://doi.org/10.1002/dac.4408>.

66 M.V. Ramesh, R. Prabha, H. Thirugnanam, A.R. Devidas, D. Raj, S. Anand, R.K. Pathinarupothi, Achieving sustainability through smart city applications: protocols, systems and solutions using IoT and wireless sensor network, *CSI Transactions on ICT* 8 (2) (2020) 213–230, <https://doi.org/10.1007/s40012-020-00285-5>.

67 S. Hanif, A.M. Khedr, Z. Al Aghbari, D.P Agrawal, Opportunistically Exploiting Internet of Things for Wireless Sensor Network Routing in Smart Cities,

Journal of Sensor and Actuator Networks 7 (4) (2018) 46,  
<https://doi.org/10.3390/jsan7040046>.

68 J. Curzon, A. Almeahadi, K. El-Khatib, A survey of privacy enhancing technologies for smart cities, *Pervasive and Mobile Computing* 55 (2019) 76–95, <https://doi.org/10.1016/j.pmcj.2019.03.001>.

69 A. Botta, W. de Donato, V. Persico, A. Pescap'è, Integration of Cloud computing and Internet of Things: A survey, *Future Generation Computer Systems* 56 (2016) 684–700, <https://doi.org/10.1016/j.future.2015.09.021>.

70 X. Chen, S. Zhang, X. Ding, S.N. Kadry, C.-H. Hsu, IoT cloud platform for information processing in smart city, *Computational Intelligence* 37 (3) (2020) 1428–1444, <https://doi.org/10.1111/coin.12387>.

71 M. Mital, A.K. Pani, S. Damodaran, R. Ramesh, Cloud based management and control system for smart communities: A practical case study, *Computers in Industry* 74 (2015) 162–172, <https://doi.org/10.1016/j.compind.2015.06.009>.

72 A.M. Al-Smadi, M.K. Alsmadi, A. Baareh, I. Almarashdeh, H. Abouelmagd, O.S.S. Ahmed, Emergent situations for smart cities: a survey, *International Journal of Electrical & Computer Engineering* 9 (6) (2019) 4777–4787, <https://doi.org/10.11591/ijece.v9i6.pp4777-4787>.

73 S.E. Bibri, The IoT for smart sustainable cities of the future: An analytical framework for sensor-based big data applications for environmental sustainability, *Sustainable Cities and Society* 38 (2018) 230–253, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.12.034>.

74 C. Yang, Q. Huang, Z. Li, K. Liu, F. Hu, Big Data and cloud computing: innovation opportunities and challenges, *International Journal of Digital Earth* 10 (1) (2017) 13–53, <https://doi.org/10.1080/17538947.2016.1239771>.

75 I. Mansour, R. Sahandi, K. Cooper, A. Warman, Interoperability in the Heterogeneous Cloud Environment: A Survey of Recent User-centric Approaches, in: *Proceedings of the International Conference on Internet of things and Cloud Computing*, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, 2016, pp. 1–7, <https://doi.org/10.1145/2896387.2896447>.

76 J.-M. Kang, H. Bannazadeh, H. Rahimi, T. Lin, M. Faraji, A. Leon-Garcia, Software-defined infrastructure and the Future Central Office, in: 2013 IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC), IEEE, 2013, pp. 225–229.

77 G. Jia, G. Han, H. Rao, L. Shu, Edge Computing-Based Intelligent Manhole Cover Management System for Smart Cities, *IEEE Internet of Things Journal* 5 (3) (2018) 1648–1656, <https://doi.org/10.1109/JIOT.2017.2786349>.

78 L. Gu, D. Zeng, S. Guo, A. Barnawi, Y. Xiang, Cost Efficient Resource Management in Fog Computing Supported Medical Cyber-Physical System, *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing* 5 (1) (2017) 108–119, <https://doi.org/10.1109/TETC.2015.2508382>.

79 N. Chen, Y. Chen, S. Song, C.-T. Huang, X. Ye, Poster Abstract: Smart Urban Surveillance Using Fog Computing, in: 2016 IEEE/ACM Symposium on Edge Computing (SEC), IEEE/ACM, 2016, pp. 95–96.

80 M.R. Anawar, S. Wang, M. Azam Zia, A.K. Jadoon, U. Akram, S. Raza, Fog Computing: An Overview of Big IoT Data Analytics, *Wireless Communications and Mobile Computing* 2018 (2018), e7157192, <https://doi.org/10.1155/2018/7157192>.

81 S.B. Atitallah, M. Driss, W. Boulila, H.B. Gh'ezala, Leveraging Deep Learning and IoT big data analytics to support the smart cities development: Review and future directions, *Computer Science Review* 38 (2020), 100303, <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2020.100303>.

82 K. Bilal, O. Khalid, A. Erbad, S.U. Khan, Potentials, trends, and prospects in edge technologies: Fog, cloudlet, mobile edge, and micro data centers, *Computer Networks* 130 (2018) 94–120, <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2017.10.002>.

83 E. Ahmed, I. Yaqoob, I.A.T. Hashem, I. Khan, A.I.A. Ahmed, M. Imran, A.V. Vasilakos, The role of big data analytics in Internet of Things, *Computer Networks* 129 (2017) 459–471.

84 I.U. Din, M. Guizani, J.J.P.C. Rodrigues, S. Hassan, V.V. Korotayev, Machine learning in the Internet of Things: Designed techniques for smart cities,

Future Generation Computer Systems 100 (2019) 826–843, <https://doi.org/10.1016/j.future.2019.04.017>.

85 S.H. Alsamhi, O. Ma, Mohd.S. Ansari, Q. Meng, Greening internet of things for greener and smarter cities: a survey and future prospects, *Telecommunication Systems* 72 (4) (2019) 609–632, <https://doi.org/10.1007/s11235-019-00597-1>.

86 A. Lee, X. Wang, H. Nguyen, I. Ra, A Hybrid Software Defined Networking Architecture for Next-Generation IoTs, *KSII Transactions on Internet and Information Systems (TIIS)* 12 (2) (2018) 932–945, <https://doi.org/10.3837/tiis.2018.02.024>.

87 G.L. Santos, P.T. Endo, D. Sadok, J. Kelner, When 5G Meets Deep Learning: A Systematic Review, *Algorithms* 13 (9) (2020) 208, <https://doi.org/10.3390/a13090208>.

88 A. Zanella, N. Bui, A. Castellani, L. Vangelista, M. Zorzi, Internet of Things for Smart Cities, *IEEE Internet of Things Journal* 1 (1) (2014) 22–32, <https://doi.org/10.1109/JIOT.2014.2306328>.

89 J. Lin, W. Yu, N. Zhang, X. Yang, H. Zhang, W. Zhao, A Survey on Internet of Things: Architecture, Enabling Technologies, Security and Privacy, and Applications, *IEEE Internet of Things Journal* 4 (5) (2017) 1125–1142, <https://doi.org/10.1109/JIOT.2017.2683200>.

90 J. Jin, J. Gubbi, S. Marusic, M. Palaniswami, An Information Framework for Creating a Smart City Through Internet of Things, *IEEE Internet of Things Journal* 1 (2) (2014) 112–121, <https://doi.org/10.1109/JIOT.2013.2296516>.

91 U. Raza, P. Kulkarni, M. Sooriyabandara, Low Power Wide Area Networks: An Overview, *IEEE Communications Surveys Tutorials* 19 (2) (2017) 855–873, <https://doi.org/10.1109/COMST.2017.2652320>.

92 P.H.S. Gonçalves, T. Gonçalves-Souza, U.P. Albuquerque, Chronic anthropogenic disturbances in ecology: a bibliometric approach, *Scientometrics* 123 (2) (2020) 1103–1117.

[https://ideas.repec.org/a/spr/scient/v123y2020i2d10.1007\\_s11192-020-03403-x.html](https://ideas.repec.org/a/spr/scient/v123y2020i2d10.1007_s11192-020-03403-x.html). Accessed 17 November 2020.

93 C. Chen, I.-Y. Song, X. Yuan, J. Zhang, The thematic and citation landscape of Data and Knowledge Engineering (1985–2007), *Data & Knowledge Engineering* 67 (2) (2008) 234–259, <https://doi.org/10.1016/j.datak.2008.05.004>.

94 Y. Li, J. Li, S. Xie, Bibliometric analysis: global research trends in biogenic volatile organic compounds during 1991–2014, *Environmental earth sciences* (2017). <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201800194028>. Accessed 17 November 2020.

95 P.-C. Lee, H.-N. Su, Investigating the structure of regional innovation system research through keyword co-occurrence and social network analysis, *Innovation* 12 (1) (2010) 26–40, <https://doi.org/10.5172/impp.12.1.26>.

96 C. Colicchia, A. Creazza, C. No`e, F. Strozzi, Information sharing in supply chains: a review of risks and opportunities using the systematic literature network analysis (SLNA), *Supply Chain Management: An International Journal* 24 (1) (2019) 5–21, <https://doi.org/10.1108/SCM-01-2018-0003>.

97 K. Borner, C. Chen, K.W. Boyack, Visualizing Knowledge Domains, *Annual Review of Information Science and Technology (ARIST)* 37 (2003) 17–9–255.

98 H.-P. Kriegel, P. Kroger, J. Sander, A. Zimek, Density-based clustering, *WIREs Data Mining and Knowledge Discovery* 1 (3) (2011) 231–240, <https://doi.org/10.1002/widm.30>.

99 R. Edirisinghe, Digital skin of the construction site: Smart sensor technologies towards the future smart construction site, *Engineering, Construction and Architectural Management* 26 (2) (2019) 184–223, <https://doi.org/10.1108/ECAM-04-2017-0066>.

100 Категорійно-понятійний апарат з безпеки життєдіяльності, таксономія небезпек. <http://opcb.kpi.ua/wp-content/uploads/2014/09/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%B>

5%D0%BA%D1%82%D0%9E%D0%9F%D0%A6%D0%91-  
%D0%A0%D0%BE%D0%B7%D0%B4%D1%96%D0%BB1.pdf.

101 В. М. Андрієнко. ПОНЯТТЯ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ У СИСТЕМІ  
СУЧАСНИХ ЕКОНОМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.  
<http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=2366>.

102 Контроль за станом охорони праці на підприємстві. <https://propor.com.ua/article/262-qqq-16-m1-11-01-2016-kontrol-za-stanom-okhoroni-prats-na-pdprimstv>.

103 Як контролювати стан охорони праці на підприємстві: основні кроки у поміч. <https://nov-rada.gov.ua/2021/06/18/iak-kontroliuvaty-stan-okhorony-pratsi-na-pidpryiemstvi-osnovni-kroky-u-pomich/>.