

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

Комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії

(повна назва факультету)

Комп'ютерних наук

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

(назва освітнього ступеня)

на тему: Огляд давачів для сенсорних підсистем розумних міст

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи СН-41
спеціальності 122 "Комп'ютерні науки"

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Іваночко В.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Мацюк О.В.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Шимчук Г.В.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Боднарчук І.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Микитишин А.Г.

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2022

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)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Боднарчук І.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« » 20__ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавра
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 122 "Комп'ютерні науки"
(шифр і назва спеціальності)

студенту Іваночка Володимира Андрійовича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Огляд давачів для сенсорних підсистем розумних міст

Керівник роботи Мацюк Олександр Васильович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 16 » березня 2022 року № 4/7-161

2. Термін подання студентом завершеної роботи _____

3. Вихідні дані до роботи _____

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1. Огляд наукових публікацій 1.1. Розумне місто 1.2. Розумні міста у світі

2. Давачі 2.1. Давачі для моніторингу здоров'я 2.2 Давачі для мобільних додатків

2.3. Давачі безпеки 2.4 Давачі для моніторингу якості води 2.5. Давачі для моніторингу

відходів 2.6. Давачі енергоефективності 2.7. Комунікаційні технології 2.8. Додатки

3. Безпека життєдіяльності, основи хорони праці. Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1.Тема кваліфікаційної роботи 2. Актуальність 3. Завдання дослідження 4. Давачі

5. Архітектура розумного міста, визначена в п'яти площинах 6. Два типи з'єднань V2V

7. Зовнішній і внутрішній вигляд інтегрованого давача IoT для додатків моніторингу якості

води та вигляд спереду та ззаду My Waste Bin, розумного контейнера для сміття IoT, що

дозволяє відстежувати в реальному часі GPS та відстежувати вагу 8. Проблеми та

Можливості 9. Висовок

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Гурик Олег Ярославович, к.т.н., доцент, доцент кафедри МТ		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Ознайомлення з завданням до кваліфікаційної роботи	24.01.2022	<i>Виконано</i>
2.	Підбір джерел по давачах для сенсорних систем міста	04.01.2022-30.01.2022	<i>Виконано</i>
3.	Переклад та опрацювання джерел по по давачах для сенсорних систем міста	31.01.2022--06.02.2022	<i>Виконано</i>
4.	Виконання дослідження щодо огляду давачів, які використовуються у сенсорних системах міст	07.02.2022-13.02.2022	<i>Виконано</i>
5.	Оформлення розділу «Огляд наукових публікацій»	14.02.2022-06.03.2022	<i>Виконано</i>
6.	Оформлення розділу «Давачі»	07.03.2022-03.04.2022	<i>Виконано</i>
7.	Виконання завдання до підрозділу «Безпека життєдіяльності»	04.04.2022-17.04.2022	<i>Виконано</i>
8.	Виконання завдання до підрозділу «Основи охорони праці»	18.04.2022-01.05.2022	<i>Виконано</i>
9.	Оформлення кваліфікаційної роботи	02.05.2022-15.05.2022	<i>Виконано</i>
10.	Нормоконтроль	16.05.2022-22.05.2022	<i>Виконано</i>
11.	Перевірка на плагіат	19.06.2021	<i>Виконано</i>
12.	Попередній захист кваліфікаційної роботи	19.06.2021	<i>Виконано</i>
13.	Захист кваліфікаційної роботи	23.06.2021	

Студент

(підпис)

Іваночко В.А..

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Мацюк О.В.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Огляд давачів для сенсорних підсистем розумних міст // Кваліфікаційна робота// Іваночко Володимир Андрійович// Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних наук, група СН-41 // Тернопіль, 2022 // сторінки 59, рисунки 7, таблиць 2, джерел 150.

Ключові слова: розумні мережі, оцифрування, кібербезпека, розумне місто, розумні давачі, інтернет речей

Міста мають задовольняти потреби своїх громадян і надавати найкращі послуги. Ідею міста майбутнього зазвичай представляють розумне місто, яке є більш ефективною системою, яка оптимізує свої ресурси та послуги за допомогою моніторингу та комунікаційних технологій. Давачі відіграють важливу роль у системі, оскільки вони збирають відповідну інформацію від міста, мешканців та відповідних комунікаційних мереж, які передають інформацію в режимі реального часу. Використання цих давачів різноманітне, їх застосування можна розділити на шість різних груп: енергія, здоров'я, мобільність, безпека, управління водою та відходами.

На основі цих груп у цій роботі представлено аналіз різних давачів, які зазвичай використовуються при створенні розумних міст. Зрештою, цей процес стосується не лише розумної міської інфраструктури, а й, що ще важливіше, того, як ці нові можливості розпізнавання та розробки в області цифровізації покращують якість життя.

ANNOTATION

Survey of sensors for sensory subsystems of smart cities // Ivanochko Volodymyr Andriiovych // Ivan Puliyu Ternopil National Technical University, Faculty of Computer Information System and Software Engineering, Department of Computer Science, group. CH-41// Ternopil, 2022 // pages 59, figures 7, tables 2, sources 150.

Key words: smart grids, digitization, cybersecurity, smart city, smart sensors, internet of things.

Cities must meet the needs of their citizens and provide the best services. The idea of the city of the future is usually represented by a smart city, which is a more efficient system that optimizes its resources and services through monitoring and communication technologies. Providers play an important role in the system as they collect relevant information from the city, residents and relevant communication networks that transmit information in real time. The use of these sensors is diverse, and they can be divided into six different groups: energy, health, mobility, security, water and waste management.

Based on these groups, this paper presents an analysis of various sensors that are commonly used in the creation of smart cities. Ultimately, this process is not only about smart urban infrastructure, but more importantly, how these new digitization and development opportunities improve the quality of life.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ШІ – штучний інтелект.

ПЗ – програмне забезпечення.

ПК – персональний комп'ютер.

ЕОМ – електронна обчислювальна машина.

ФП – функціональні пристрої.

ІКТ – інформаційно-комунікаційні технології.

CC – Cloud Computing – хмарні обчислення.

IoT – Internet of Things – інтернет речей.

SC – Smart City – розумні міста.

SaaS – Software as a Service – програмне забезпечення як послуга.

SMTP – Simple Mail Transfer Protocol – комунікаційний протокол для пересилання електронної пошти.

HTTP – Hyper Text Transfer Protocol – протокол передачі даних.

Зміст

	Вступ
1	Огляд наукових публікацій
1.1	Розумне місто
1.2	Розумні міста у світі
1.3	Висновок до першого розділу
2	Давачі
2.1	Давачі для моніторингу здоров'я
2.2	Давачі для мобільних додатків
2.3	Давачі безпеки
2.4	Давачі для моніторингу якості води
2.5	Давачі для моніторингу відходів
2.6	Давачі енергоефективності
2.7	Комунікаційні технології
2.8	Додатки
2.9	Проблеми та можливості
3	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці
3.1	Надзвичайні ситуації мирного та воєнного часу, їх вплив на безпеку життєдіяльності населення України
3.2	Система менеджменту охорони праці
	Висновки
	Перелік використаних джерел

ВСТУП

«Розумні міста» – це міста майбутнього, які пропонують інноваційні рішення для покращення якості життя міських спільнот. Ідея «розумного міста» представляє більш ефективні міста, які краще керують своїми ресурсами, послугами та технологіями і, перш за все, ставлять їх на службу громадянам. Планування, орієнтоване на людей, дозволить покращити управління та ефективність міста завдяки розгортанню розумної інфраструктури. Очікується, що до 2050 року 85% населення світу проживатиме в містах [1-3]. Це означає, що в наступні десятиліття міські центри зіткнуться зі зростаючою кількістю проблем, таких як:

- енергопостачання,
- CO₂ викиди,
- планування систем мобільності,
- забезпечення сировиною та товарами
- надання послуг охорони здоров'я та безпеки всім жителям цих швидкозростаючих населених пунктів.

Щоб краще реагувати на зростаючу нестабільність, спричинену зміною клімату, пандеміями, такими як COVID-19, і пов'язаними з ними політичними та економічними коливаннями, міста мають бути перепроєктовані, щоб підвищити їх адаптаційні можливості та стійкість [4]. Необхідно створити схеми та моделі більш придатні для життя міст, де цифрові технології є ключовими елементами сталого розвитку та органічного зростання міст [5].

Уразливі місця спільної економіки в розумних містах, такі як транспортні послуги та їх технології, перевіряються глобальними ризиками пандемії та кібербезпеки. Однак процвітали нові застосунки та інтернет-бізнеси, такі як доставка їжі та покупки в Інтернеті [6,7].

Скептицизм щодо повсюдного розгортання можливостей оцифрування, зондування, моніторингу та візуалізації та інших розумних

комунікаційних технологій, які використовуються як приватним сектором, так і урядом, виникає, серед інших факторів, із занепокоєння громадян щодо обробки їхніх даних, і, отже, їх конфіденційність.

Використання нових технологій, таких як штучний інтелект, де персональні дані відіграють вирішальну роль, стикається з дедалі більшими проблемами.

У найближчі роки необхідно вирішувати такі проблеми, як навмисна дезінформація, еволюція так званих цифрових прав або консолідація цифрової ідентичності. Рішення, орієнтовані на вирішення цих проблем, вимагають довгострокової перспективи, яка неухильно ставатиме все більш очевидною, оскільки впровадження розумних міст стає нормою у всьому світі.

З наростаючою потребою спільнот стати розумнішими, багато застосунків почали з'являтися в різних країнах; а перегляд літератури, в якому обговорюються такі програми, буде корисним як довідник для майбутніх реалізацій розумного міста.

У кваліфікаційній роботі здійснено огляд наукових публікацій, що охоплює застосування дачів для розумних міст, щоб досягти трьох основних цілей:

- забезпечити перегляд найважливіших реалізацій розумних міст у всьому світі;

- описати основні застосування дачів для розумних міст за шістьма основними галузями (охорона здоров'я, безпека, мобільність, управління водою та відходами та енергоефективність);

- визначити загальні проблеми та можливості розгортання розумного міста у запропонованих галузях.

1 ОГЛЯД НАУКОВИХ ПУБЛІКАЦІЙ

1.1 Розумне місто

Метою ініціатив «розумних міст» є розвиток економічно, соціально та екологічно стійких міст [8]. Взагалі ідеальна модель розумного міста базується на об'єднанні наступних підсистем і технологій: розподілене виробництво енергії (мікрогенерація) [9], розумні мережі (взаємозв'язані та двонаправлені розумні мережі) [10], розумні вимірювання (інтелектуальні мережі, вимірювання даних про споживання енергії) [11], розумні будинки (екоефективні будівлі з інтегрованими системами виробництва енергії) [12], розумні давачі (інтелектуальні давачі для збору даних і підтримки міста) [13], eMobility (впровадження електромобілів) [14], інформаційні та комунікаційні технології (ІКТ) [15] та розумні громадяни (ключова частина розумного міста) [16].

Міста становлять складну соціально-технічну систему [17,18]. Щоб розробити найкращі рішення для міст, необхідно враховувати їх мешканців, соціальні структури та владу.

Для проживання, підвищення конкурентоспроможності та продуктивності потрібно розвивати комунікаційні технології, такі як 5G. Існує також зростаюча потреба в ініціативах Індустрії 4.0 для проникнення в міста, оскільки малі та середні підприємства є найбільшою бізнес-структурою в країнах, що розвиваються.

У цьому сенсі необхідно розширити доступ операторів до надійної інфраструктури 5G, що забезпечує оптимальне розгортання та економічну раціональність мереж. Крім того, очікується, що в майбутньому уряди нададуть доступ до ресурсів та інструментів, які сприяють розвитку інфраструктури для мереж останнього покоління.

1.2 Розумні міста у світі

Розглянемо розвиток розумних міст у всьому світі. У Європі: Тампере, Гельсінкі, Амстердам, Відень, Копенгаген, Стокгольм, Мілтон Кейнс, Лондон, Малага, Барселона, Сантандер, Париж, Женева. В Азії: Сінгапур, Гонконг, Шанхай, Пекін, Сонгдо, Сеул, а також розумні міста на Тайвані, Індонезії, Таїланді та Індії. У Північній Америці: Торонто, Ванкувер, Нью-Йорк, Вашингтон і Сіетл. У Південній Америці: Медельїн і Ріо-де-Жанейро. В Океанії: Мельбурн, Перт, Сідней, Брісбен і Аделаїда.

Найпоширеніші реалізації проектів розумного міста в цих містах включають: розвиток спільних ділових районів у Барселоні [19] та Гонконгу [20]; безпека громадян шляхом моніторингу дорожнього руху в Ріо-де-Жанейро [21] та моніторингу стихійних лих у Сінгапурі та Індонезії [22]; державна служба, розумний уряд та трансформація комунікацій у містах Китаю (Ухань, Шанхай, Пекін, Далянь, Тяньцзін, Ханчжоу, Шеньчжень, Ченду та Гуанчжоу) [23]; адаптація культурних просторів Медельїна [24]; залучення громадян та покращення даних у Нью-Йорку та Вашингтоні [20]; розгортання експериментальних стендів і живих лабораторій у Сантандері [25] та Лондоні [20]; інтеграція місцевих та іноземних університетів у Тампере [20] та Сонгдо [19]; розгортання розумних зелених проектів і політики в Сеулі [20] і Торонто [26]; волоконно-оптичні та розумні мережі в Женеві [20]; підвищення енергоефективності та інновацій у Відні [20]; покращене споживання води в Копенгагені, Гонконзі та Барселоні [26]; розгортання електричних зарядних станцій у Малазі, Парижі та Амстердамі [26]; інтеграція та аналіз великих даних в Індії та Таїланді [22]; дотові спільноти, пішохідна мобільність та рішення громадського транспорту в Сідней, Брісбені, Аделаїді, Мельбурні та Перті [27]; скорочення викидів вуглецю в Сіетлі [25]; розумні системи збору відходів у Гельсінкі, Сонгдо, Барселоні [19]; розумна парковка в Мілтон-Кейнс [19].

Таблиця 1.1 – Реалізація розумних міст у всьому світі.

Місто	Здоров'я	Безпека	Мобільність	Вода	Відходи	Енергія
Тампере			Розумний транспорт			
Гельсінкі			Прилади для зарядки автомобілів		Автоматизовані й збір сміття	Розумні мережі
Амстердам	ІКТ у здоров'ї,					Чисте виробництво енергії
Відень			Розумна парковка			Енергоефективність
Копенгаген			Мережа велосипедних доріжок	Моніторинг якості води	Оптимізована утилізація відходів	Енергоефективність
Лондон			Додаток для громадського транспорту		Розумний збір відходів	
Барселона	Дистанційне медичне обслуговування	Детектори інцидентів вдома	Управління рухом транспортом		Розумні контейнери	Централізоване опалення/охолодження
Париж	eHealth, розумні медичні записи		Прокат велосипедів, зарядні станції			
Сантандер			Розумна парковка, GPS моніторинг	Розумне зрошення парку		Розумне громадське освітлення
Сонгдо	Дистанційне медичне обладнання та огляди		Технологія самозарядного електромобіля		Підземна система всмоктування сміття	Розумні будівлі
Сідней			ІКТ у щоденному міському транспорті			

Таблиця 1.1 показує основні впровадження Smart City, про які йдеться в літературі, щодо охорони здоров'я, безпеки, мобільності, води, управління відходами та енергоефективності для країн, які розглядаються в цьому розділі

1.3 Висновок до першого розділу

З огляду на тенденції зростання населення та переміщення населення до міського середовища, стає зрозумілим, що в найближчі роки міста будуть зіткнутися з постійно зростаючою потребою у задоволенні запитів своїх громадян. У містах реалізовано різноманітні стратегії з усіх континентів, щоб перейти до розумності як засобу покращення управління їхніми ресурсами, пропонувати більш ефективні та надійні послуги, покращити умови життя міста та сприяти залученню уряду, наукових кіл та громадян.

З точки зору географії, такі континенти, як Європа та Азія, мають найбільшу кількість зареєстрованих реалізацій розумних міст, за ними йдуть Америка, Океанія та Африка. Країни з високим рівнем доходу, такі як Сполучені Штати та Китай, представили велику кількість розгортань розумних міст у різних містах. Хоча на інших континентах і містах є менше розумних міст, це лише питання часу, коли вони з'являться, оскільки вони йдуть за кроками своїх попередників.

2 ДАВАЧІ

Загальна архітектура інтелектуальної системи управління складається з показань (давачів), шлюзів (комунікації) та робочих станцій (інструкції, аналітика, програмне забезпечення та інтерфейс користувача).

2.1 Давачі для моніторингу здоров'я

Охорона здоров'я стала плідною сферою досліджень в останні роки, враховуючи, що нові сенсорні технології дозволяють контролювати стан пацієнтів у режимі реального часу.

Smart Healthcare надає медичні послуги за допомогою розумних гаджетів (наприклад, смартфонів, розумних годинників, бездротових розумних глюкометрів тощо) та мереж (наприклад, зони тіла та бездротова локальна мережа), пропонуючи різноманітним зацікавленим сторонам (наприклад, лікарям, медсестрам, особам, які доглядають за пацієнтами, родині) своєчасний доступ до інформації про пацієнтів та можливість розгортати правильні процедури та рішення, що зменшує медичні помилки та витрати [28].

Біосенсори є основоположними під час моніторингу здоров'я, і, серед іншого, можна ідентифікувати різні застосування в медичній діагностиці та виявленні антигену. Неорганічна гнучка електроніка засвідчила відповідні результати, включаючи електронну шкіру [29], епідермальну електроніку (див.рис.2.1) [30] та камери для очей [31]. Деякі поширені матеріали, що використовуються для створення цих давачів, є органічними полімерами на основі вуглецю або провідними, які мають погану лінійність [32,33]. Проте були створені більш надійні та гнучкі давачі з меншою вартістю, кращою

лінійністю та меншим часом відгуку, наприклад п'єзорезистивні датчики, що інтегрують нанопористі полімерні підкладки [34].

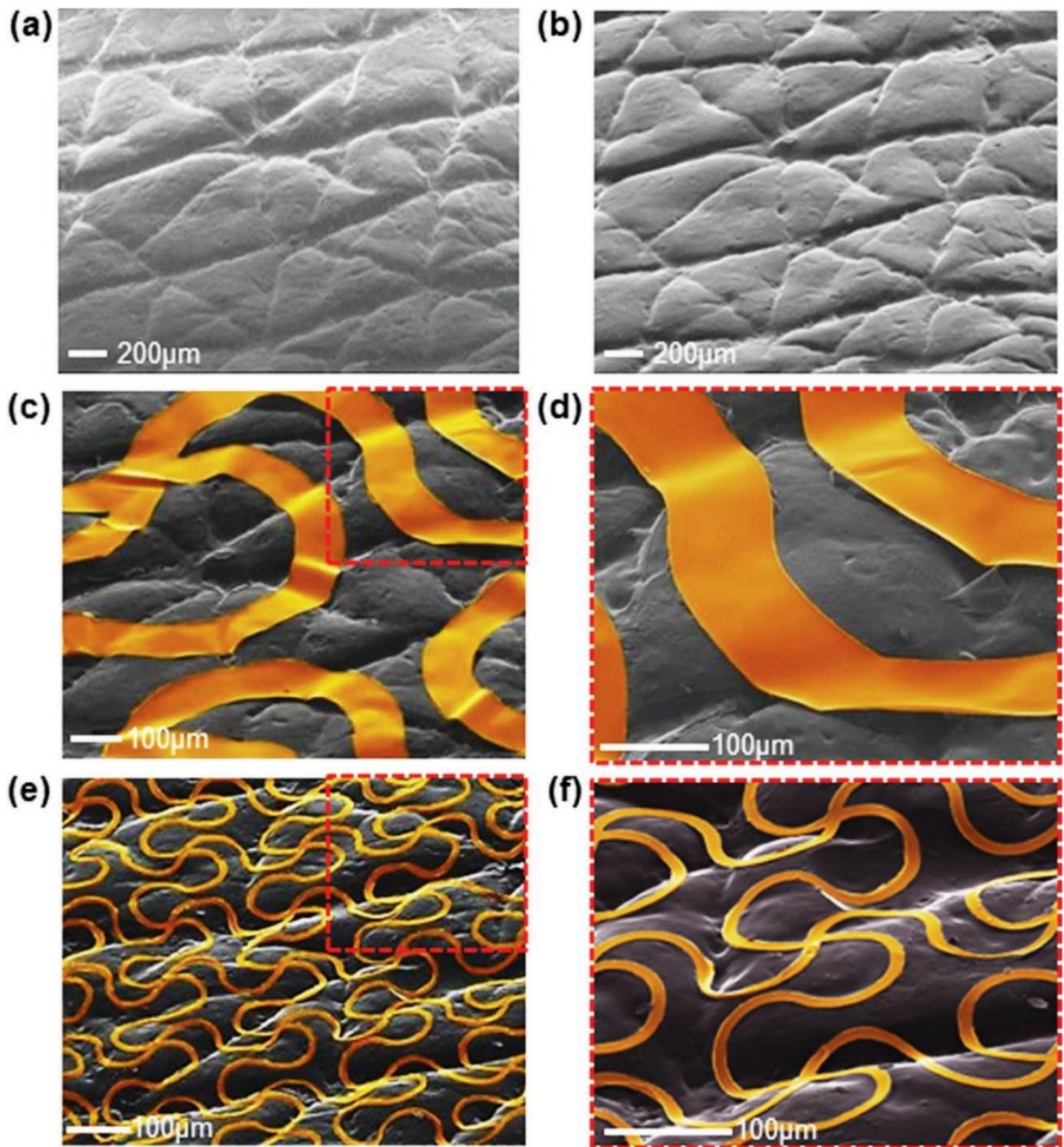


Рисунок 2.1 – (a) Епідермальна електронна система (EES), виготовлена з копії шкіри, створеної з передпліччя, перед і; (b) після нанесення спрею на пов'язку; (c) Кольорове мікроскопічне зображення EES з провідними плівками золота 100μм і; (e) його збільшений вигляд. (d) Мікроскопічне зображення EES із золотими плівками 10μм і; (f) його збільшений вигляд [30].

2.2 Давачі для мобільних додатків

Розглянемо три основні системи міської мобільності: транспортні засоби, пішоходи та рух. У зв'язку зі збільшенням кількості транспортних засобів щороку в містах є тенденція до зростання заторів, забруднення, дорожньо-транспортних пригод. Ці проблеми свідчать про те, що існує нагальна потреба в інтелектуальних рішеннях для мобільності. Одним із таких рішень є інтелектуальне керування трафіком, орієнтоване на уникнення заторів і оптимізацію транспортного потоку.

Через повторювані пуски та зупинки під час заторів збільшуються споживання палива та викиди вуглецю [13]. Таким чином, надання рішень для проблем на дорогах має прямий позитивний вплив на міську мобільність і якість повітря в містах. Більше того, великовантажні транспортні засоби і вантажні перевезення викидають в атмосферу велику кількість викидів вуглецю. Автомобільна промисловість доклала значних зусиль для розробки більш енергоефективних силових агрегатів (наприклад, гібридних електромобілів). Однак більшість великовантажних транспортних засобів все ще працюють на дизельному паливі, і забезпечення оптимальних рішень для зменшення викидів вуглецю, вироблених цими типами транспортних засобів, стає фундаментальним завданням.

У зв'язку з пандемією COVID-19 міська мобільність зазнала суттєвих змін, таких як помітне зменшення колективного та індивідуального транспорту, а разом з цим – зменшення забруднення повітря та викидів вуглецю [35]. Це явище змусило уряди та громадян задуматися про майбутні зміни в мобільності після карантину, щоб підтримувати чистіше середовище у своїх містах. Застосування в розумній мобільності включають з'єднання транспортний засіб–транспортний засіб (V2V), транспортний засіб–інфраструктура (V2I), автомобіль–пішохід (V2P) [60] та транспортний засіб–усе (V2X) (див. рис.2.2) [36].

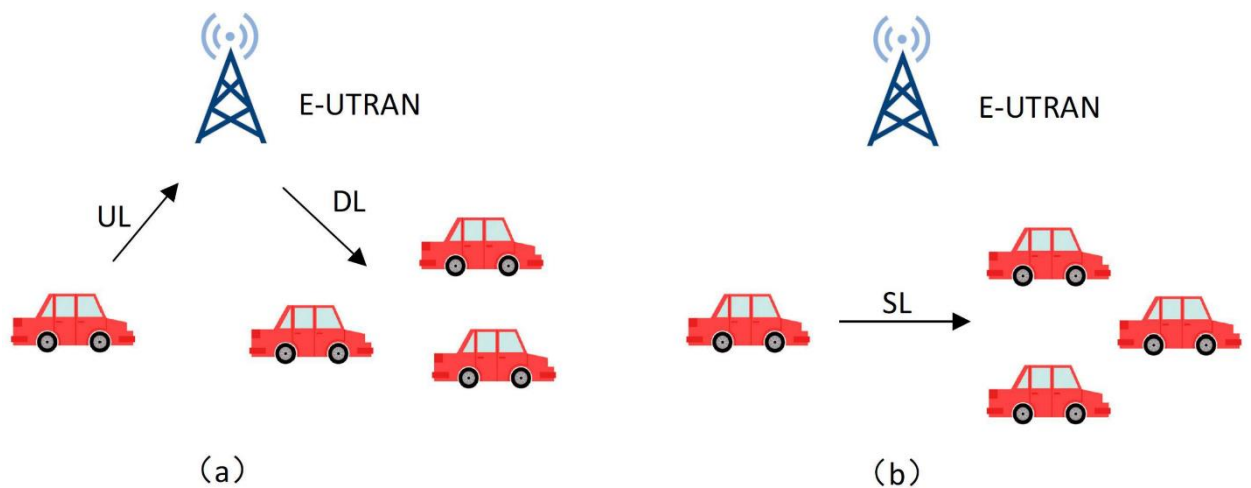


Рисунок 2.2 – Два типи з'єднань V2V: (a) від транспортних засобів до транспортних засобів з проміжним передавальним з'єднанням і; (b) безпосередньо з транспортних засобів на інші транспортні засоби [36]

Транспортні засоби включають кілька датчиків, необхідних для їх належної роботи, які вимірюють кілька робочих параметрів транспортного засобу, таких як швидкість, споживання енергії, атмосферний тиск і температура навколишнього середовища [37,38]. Такі параметри використовуються для оптимізації профілів швидкості, щоб мінімізувати споживання енергії транспортним засобом, враховуючи умови руху та географічну інформацію. Для досягнення цієї мети реалізована хмарна архітектура, яка отримує інформацію від датчиків транспортних засобів і зовнішніх служб.

У роботі [39], пропонується планувальник екологічного маршруту, щоб визначити та довести до водіїв великовантажних транспортних засобів екологічний маршрут, який гарантує мінімальне споживання палива, дотримуючись встановленого вантажними компаніями часу в дорозі. Крім того, у цьому випадку пропонується система хмарних обчислень, яка визначає оптимальний екологічний маршрут, а також профілі швидкості та передачі шляхом інтеграції прогнозних даних про трафік, топології доріг та погодних умов. Регулювання ваги та швидкості транспортного засобу також важливі для

забезпечення безпеки дорожнього руху та пасажирів, допомагаючи уникнути серйозних аварій [40]. Зусилля щодо підвищення безпеки пішоходів є цінним внеском у покращення міської мобільності. Щодо трафіку, звичайні світлофорні системи визначаються як негнучка структура, так що світлові переходи мають певні затримки та початку [41]. Динамічні зміни в інтенсивності руху, затори, аварії та злиття пішоходів слід було розглянути для забезпечення оптимізованого контролю руху [41].

Рух і поведінка пішоходів у міських умовах відслідковувалися в основному за допомогою мобільних телефонів, моніторингу записів деталей дзвінків (CDR) [41], реєстрації в соціальних мережах [42], зчитування MAC-адреси [43] та смарт-карт. виявлення в громадському транспорті [44]. Виявлення транспортних засобів було досягнуто за допомогою п'єзоелектричних датчиків, індукційних датчиків, вимірювання ваги транспортного засобу та виконання класифікації типу транспортного засобу, а також феромагнітних датчиків, закопаних в асфальт для рішень для розумного паркування.

Існують також датчі, орієнтовані на пішохода та транспортного засобу (P2V), такі як «розумне автомобільне крісло», безконтактний датчик моніторингу серцевого ритму, орієнтований на забезпечення благополуччя та безпеки водія.

Нещодавно віртуальні датчі використовувалися для покращення інноваційних рішень, особливо в секторі електромобільності. На відміну від реального датча, VS оснащений інтелектуальним компонентом, заснованим на алгоритмі обробки даних, щоб отримати необхідну інформацію, опрацьовуючи доступні вхідні дані з різномірних джерел

Хоча використання таких датчиків було досліджено в різних областях або вертикалях розумного міста, сектор мобільності – це той, де вони знаходять широке застосування.

Усі ці передбачення виконуються за допомогою спеціальних алгоритмів, здатних обробляти доступні вхідні дані від електромобілів, користувачів і зарядних станцій.

2.3 Давачі безпеки

Підходи до безпеки людини та навколишнього середовища є дуже важливою складовою для досягнення сталого розвитку в розумних містах. Безпека називається станом вільності від небезпеки чи загрози та збереження стабільності системи.

Безпека — це динамічна рівновага, яка полягає у підтримці важливих для існування системи параметрів у допустимих межах норми.

Запропоновано кілька методів моніторингу якості та безпеки харчових продуктів під час виробництва та розповсюдження, включаючи матрицю газових давачів [82] для аналізу хімічних реакцій, що відбуваються в зіпсованих продуктах харчування. Також повідомлялося про гібридні нанокompозити та біосенсори в контексті продовольчої безпеки [83].

Кібербезпека: основні проблеми безпеки, включаючи збереження конфіденційності, безпеку мережі, надійні методи обміну даними, належне використання ШІ обговорюються в [11,40]. Рішення на площині проектування зазвичай базуються на програмному забезпеченні та використовують різноманітні типи методів шифрування, включаючи вдосконалений стандарт шифрування (AES) і криптографію з еліптичною кривою (ECC) для криптографії або рівня безпеки та шифрування, аутентифікації, керування ключами та аналізу шаблонів для системи. рівень безпеки [84,85] (див рис.2.3)

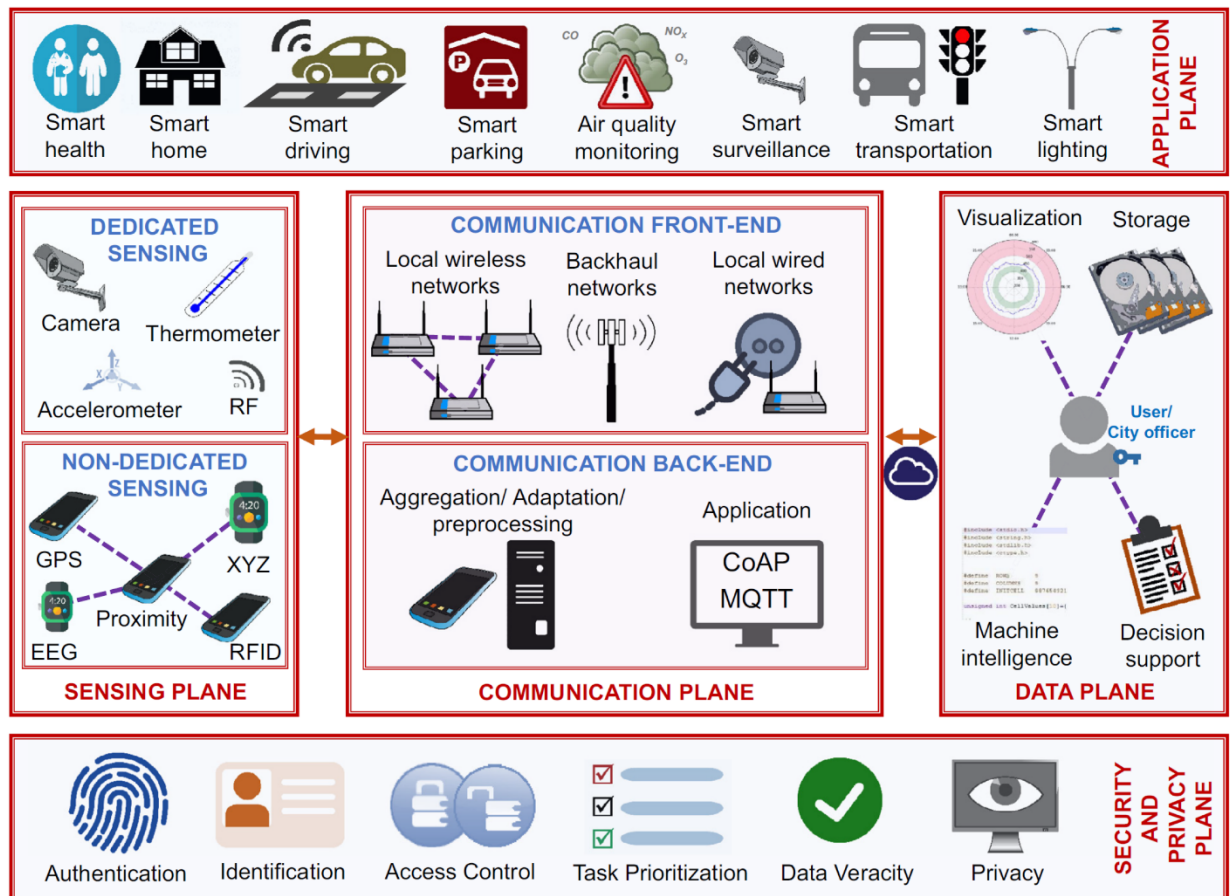


Рисунок 2.3 – Архітектура розумного міста, визначена в п'яти площинах: додаток (з'єднує місто та громадян), зондування (вимірювання датчиків), комунікація (хмарні послуги), дані (обробка та аналіз) та рівні безпеки та конфіденційності (забезпечення безпеки та конфіденційності) [85].

Безпека охорони здоров'я: вбудовані пристрої призначені для зв'язку з медичними центрами та лікарнями [55]. Конфіденційність, безпека та цілісність цих даних, а також інформація в медичній карті, що стосується правових і моральних питань, становлять великий інтерес, що широко обговорюється в таких роботах, як [86,87].

Екологічна безпека: за останні десятиліття використання супутникового дистанційного зондування та спостереження за погодою на орбіті, систем прогнозування катастроф різко зросло. Ці інструменти є невід'ємною сенсорною частиною майбутніх розумних міст [88,89].

Існує широкий спектр датчиків, включаючи системи раннього виявлення землетрусів, які використовують виявлення вібрації та моніторинг вологості ґрунту та щільності землі [90], детектори рівня радіації [91], методи прогнозу затоплення цунамі, які засвоюють дані тиску на дні океану [92].]. Ці датчики з'єднані в бездротову мережу, що забезпечує глобальний прогноз екологічних загроз.

Системи безперервного моніторингу викидів (CEMS) допомогли розробити ринкову екологічну політику для вирішення проблеми забруднення повітря [93].

CEMS дозволяє краще відстежувати викиди силових установок в режимі реального часу, щоб інформувати про стратегії декарбонізації для мережі [94]. Наразі зусилля щодо розгортання економічно ефективних можливостей зондування призвели до створення фрагментованих даних, але для вирішення цієї проблеми пропонуються нові інструменти для оптимізації та штучного інтелекту [95].].

Нові можливості інтелектуального зондування та візуалізації (наприклад, супутник, LiDAR тощо) зосереджені на викидах парникових газів (ПГ), наприклад, навколо потенціалу поглинання вуглецю в сільському господарстві, лісовому господарстві та інших видах використання землі (наприклад, природні кліматичні рішення).

Розширені функції моніторингу, звітності та перевірки (MRV) продовжуватимуть відігравати важливу роль у підвищенні прозорості, екологічної цілісності та довіри до субнаціональних, національних та регіональних систем торгівлі викидами (ETS) для майбутньої інтеграції глобального ринку вуглецю. [96,97].Що стосується інфраструктури та будівель, безперервний моніторинг для виявлення корозії та незначних пошкоджень для запобігання можливому збою використовує переваги інтеграції камер спостереження, датчиків вологості, атмосфери та стресу, серед іншого [98]. Проста комбінація пристроїв, що відчують вібрацію та нахил,

забезпечує один із недорогих і високоефективних методів, запропонованих для широкого кола конструкцій [99].

Особиста та громадська безпека: для виявлення аномалій, насильства та несанкціонованих дій широко використовуються біометричні дані та камери спостереження.

Розумні системи освітлення є корисним і економічно ефективним інструментом, який використовує звичайні датчики, такі як детектори світла та руху, і може покращити завдання безпеки [100].

Камери спостереження, системи розпізнавання обличчя і системи глобального позиціонування (GPS) у поєднанні з системами обробки даних стають все більш поширеними інструментами в руках правоохоронних органів, оскільки розумна стратегія громадської безпеки повідомляється в [39].

В [101] розглянуто можливу комбінацію різних пристроїв, класифікованих за категоріями датчиків, приводів і мережевих систем. Проблеми, пов'язані з зростаючим використанням таких технологій, і занепокоєння щодо конфіденційності особи – це тема нових досліджень [102].

2.4 Датчики для моніторингу якості води

Вода – безцінний товар, необхідний для будь-якої живої істоти. Розумне управління водними ресурсами зосереджується головним чином на підвищенні ефективності водорозподільних систем шляхом застосування датчиків і телеметрії для вимірювання та зв'язку [103,104]. Застосовуються у трьох широких сферах: прісна вода, стічні води та сільське господарство.

Більше того, більш цілісні перспективи щодо систем спільних ресурсів, таких як зв'язок вода-енергія-харчування, також отримують переваги від нових можливостей зондування та інтелектуальних систем управління, що

забезпечені цифровими технологіями, щоб забезпечити більш стійкі рішення щодо ефективного використання ресурсів [97].

Основна корисність розумних водних систем полягає в дистанційному керуванні клапанами та насосами [104], вимірюванні якості [103], тиск, витрата та споживання [105].

Моніторинг споживання включає вимірювання та прикладні моделі для опису моделей споживання. Управління втратами води охоплює виявлення і локалізацію витоків [105]. Для якості води зосереджено на вимірюванні, аналізі та підтримці набору заздалегідь встановлених параметрів. Це інтегральне управління в режимі реального часу з залученням зацікавлених сторін [106,107,108].

У сільському господарстві використання пристроїв IoT є поширеним способом зробити зрошення більш ефективним і легким [109,110,111].

Давачі шуму та акселерометри є популярними методами виявлення витоків у водорозподільній інфраструктурі [105,106].

Використання електромагнітних та ультразвукових витратомірів і давачів для вимірювання тиску є технологіями IoT для аналізу швидкості споживання води [103,108].

Давачі, які використовуються для аналізу якості води, в основному застосовуються для фізико-хімічних параметрів, таких як рН, температура, електропровідність і т.д. [108,109], а також окисно-відновний потенціал і каламутність [112,113], а також наявність токсичних речовин [115].

У деяких випадках були впроваджені нові зонди, наприклад, для залишкового хлору [103] або нітратів і нітритів (див.рис.2.4) [112].

Давачі вологості застосовуються для вимірювання вологості ґрунту та допомагають керувати графіком програм зрошення сільськогосподарських угідь [110,116,117].



Рисунок 2.4 – Зовнішній і внутрішній вигляд інтегрованого датчика IoT для додатків моніторингу якості води.

Датчик складається з аналізатора нітритів і нітратів на основі нового методу іонної хроматографії, що використовується для виявлення токсичних речовин [112].

2.5 Датчики для моніторингу відходів

Розумне управління відходами полягає у розв'язанні невід'ємних проблем збирання та транспортування, зберігання, сегрегації та переробки відходів, що утворюються. Повідомлялося про використання смарт-урн, вирішення проблеми маршрутизації транспортних засобів (VRP) і методів управління відходами [41,118].

Використання смарт-сміттєвих сміттєвих контейнерів означає реалізацію різних типів датчиків у контейнерах, що використовуються для збору

відходів, які надають кількісну та якісну інформацію про вміст контейнера [119,120,121].

Для VRP пропозиції є алгоритмами оптимізації маршрутів, враховуючи соціальні, екологічні, економічні фактори, години пік, інфраструктуру, тип і потужність транспортних засобів і інші, з метою економії таких ресурсів, як гроші, час, паливо, і праці [121,122,123].

Контейнер My Waste Bin IoT, представлений у [43], показаний на рис.2.5.



Рисунок 2.5 – Вигляд спереду та ззаду My Waste Bin, розумного контейнера для сміття IoT, що дозволяє відстежувати в реальному часі GPS та відстежувати вагу [43].

Завдяки цьому дослідники прагнуть до інтегрованого управління в режимі реального часу, яке залучає громади та всі зацікавлені сторони.

Основне використання давачів у смарт-базах — це моніторинг об'єму, ваги та вмісту контейнерів. Для контролю рівня наповнення контейнера основними підходами, які використовуються, є ультразвукові (УЗД) [43,119], а в деяких випадках ГЧ-давачі [121,126]

Давач навантаження також використовується для визначення ваги бункера [124,127]. У публікаціях описані різні давачі для виявлення шкідливих газів [126], переміщень біля контейнера [120], а також металеві давачі для відокремлення металевих відходів [128], а також для вимірювання вологості [126,128], а також температури [43,123].

2.6 Давачі енергоефективності

Енергія є важливим ресурсом для функціонування багатьох видів діяльності, що відбуваються в містах [14], тому ефективне використання цього ресурсу має першорядне значення для зниження витрат і сприяння екологічній та економічній стійкості.

Основні поглиначі енергоспоживання в міських населених пунктах пов'язані з промисловою і транспортною діяльністю, експлуатацією будівель та громадським освітленням.

У цьому підрозділі зосередимося на давачах, які використовуються для моніторингу використання енергії наземного транспорту в будівлях та громадському освітленні. Оскільки давачі для промислової діяльності були розглянуті в попередніх розділах.

Наземний транспорт є основним поглиначем енергоспоживання (~45%) і основним джерелом забруднювачів повітря в міських центрах. Виробники автомобілів повідомляють про питому витрату палива (SFC, виміряний як л/км) своїх транспортних засобів, використовуючи протоколи лабораторних випробувань. Однак вони не повідомляють ці дані щодо великовантажних транспортних засобів.

Крім того, на реальне споживання енергії транспортними засобами впливають людські (керування), зовнішні (дорожні, дорожні та погодні умови) та технологічні фактори. Для транспортних засобів, що працюють на бензині та дизельному паливі, загальні стратегії вимірювання реального споживання палива на репрезентативній вибірці транспортних засобів є:

- вимірювання ваги палива до та після певної відстані (гравіметричний метод)
- вимірювання миттєвої витрати палива за допомогою бортової діагностичної системи (метод OBD).

Ця друга альтернатива використовує оптичні давачі для вимірювання обертів двигуна, давачі тиску для вимірювання потоку повітря на вході.

Комп'ютерний блок двигуна (ECU) використовує ці виміряні дані для визначення часу впорскування палива в двигун. Крім того, глобальна система місцезнаходження (GPS) визначає швидкість автомобіля. Використовуючи всю цю інформацію, ECU повідомляє через OBD про миттєву витрату палива автомобіля.

В даний час є комерційно доступні зчитувачі, які зчитують дані OBD і відправляють зібрану інформацію в хмару. Використовуючи ці технології, телематичні компанії відстежують тисячі транспортних засобів в експлуатації. Подібні системи доступні для електромобілів. Рекомендую цю альтернативу на основі OBD для вимірювання реального споживання енергії наземними транспортними засобами.

На будівлі припадає 40% загального споживання енергії [134] і 30% викидів парникових газів (ПГ) [129,134]. Основні фізичні та нефізичні фактори, що впливають на якість внутрішнього середовища, показано на рис.2.6.[134]. Ці фактори вимірюються за допомогою бездротових давачів [135,136], віртуальних давачів [137] та штучних нейронних мереж [16].

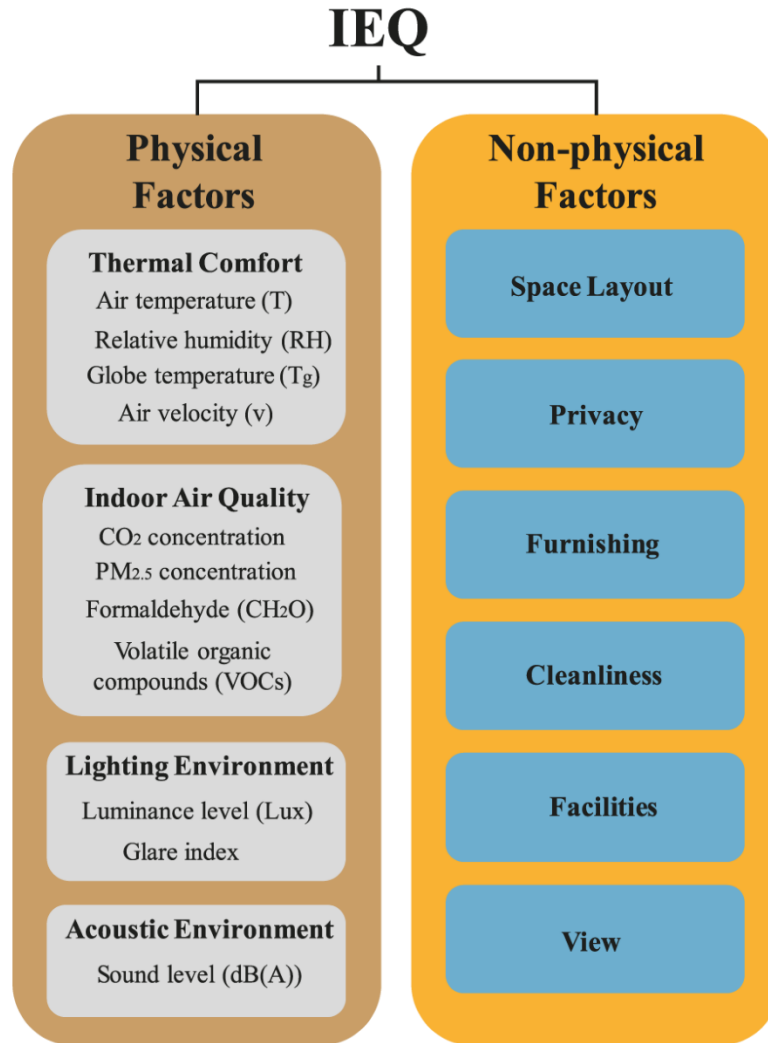


Рисунок 2.6 – Фізичні та нефізичні фактори в дослідженнях IEQ [134].

Споживання енергії в будівлях пов'язане в основному з

- тепловим комфортом (функціонування систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря-HVAC);
- внутрішнє освітлення;
- різні електричні навантаження (робота електрообладнання);
- теплові навантаження (використання палива для опалення та приготування їжі)
- якість повітря в приміщенні (концентрація забруднюючих речовин, запах і шум) [138,139].

У таблиці 2.1 показано змінні, які використовуються для оцінки цих п'яти аспектів, і давачі, які часто використовуються для вимірювання цих змінних.

Таблиця 2. Джерела споживання енергії в містах.

Джерела	Споживання енергії	Змінна	Давач	Застосування
Кондиціонер	Тепло/охолодження	Температура/Вологість	Термогідрометр	Температура та відносна вологість
		CO ₂ /CO		CO ₂ /Концентрації CO
Якість повітря в приміщенні	Забруднення повітря/концентрація	HI ₂ /HI	NDIR (недисперсійний інфрачервоний)	HI ₂ /HI Концентрації
		Повітряний потік	VQT повітряний потік	Системи/обладнання HVAC, автоматизація будівлі, вентиляційні отвори
		Присутність	Пасивний інфрачервоний (PIR)	Кількість/Професія/Рух людей і транспортних засобів/Температура/Безпека
Освітлення	Всередині/На вулиці	Світло	Світлозалежний резистор (LDR)	Колір/Опір/Сигналізація безпеки, Увімкнення/Вимкнення освітлення
		Яскравість підсвічування	Фототранзистор Фотодіод	Домашні мережі, світлодіодні світильники Wi-Fi /Додатки для внутрішнього освітлення/Рівень близького освітлення

Однак додаткові змінні впливають на споживання енергії, такі як рівень зайнятості [140] та конструктивний проект будівлі [141], а також зовнішні умови (температура, вологість, тиск і сонячна радіація). Тому для їх вимірювання використовуються додаткові давачі. Деякі дослідницькі роботи були зосереджені на розробці інтелектуальних систем управління будівлею (BMS), які в режимі реального часу використовують дані від перерахованих

вище давачів і виконують дії, спрямовані на зниження споживання енергії, наприклад, вимикають світло, закривають двері та вікна, тощо [142].

На системи громадського освітлення припадає майже 20% світового споживання електроенергії, і на них припадає 6% парникових газів [143]. Тому важливо централізувати керування вуличним освітленням та розумне управління, щоб зменшити споживання енергії, підтримувати максимальний візуальний комфорт та вимоги до мешканців [139].

Змінною, що найчастіше використовується в системах освітлення, є щільність потужності освітлення (LPD) [138]. Для оцінки споживання енергії та відповідних витрат використовуються нейронні мережі, бездротові датчики, алгоритми та статистичні методи. На інтенсивність освітлення впливають фактори навколишнього середовища, потік пішоходів, погодні умови та рівень яскравості. Міський простір використовує найсучаснішу інформацію та ІКТ для підтримки послуг, з'єднуючи місто та його громадян, поважаючи їх конфіденційність.

Здебільшого моніторинг змінних, що впливають на споживання енергії в будівлях та громадському освітленні, здійснюється бездротовим способом.

Різні інтелектуальні давачі використовуються для вимірювання температури, відносної вологості, електричного струму, витрати газу, якості повітря, освітлення, яскравості, сонячної радіації та акустична емісія.

Вимірювальні пристрої включають світлозалежний резистор (LDR), ІЧ-випромінювання, напівпровідники, магніти та оптичне волокно. Інтелектуальні давачі, засновані на Інтернеті речей, є ключовими для моніторингу в режимі реального часу багатьох змінних, які беруть участь в управлінні енергією. Ці давачі можна адаптувати до мікроконтролерів і віртуальних давачів.

Основна проблема бездротових давачів – час роботи від акумулятора, тому альтернативні джерела енергії (теплова, сонячна, вітрова, механічна

тощо) є життєво важливими, хоча ці енергії зазвичай доступні в мінімальних кількостях.

2.7 Комунікаційні технології

Деякі з найбільш поширених комунікаційних технологій включають підключення до мережі 3G, 4G LTE та 5G Wi-Fi. Загалом, комунікаційні інфраструктури можна класифікувати як локальні обчислювальні мережі (LAN), глобальні мережі (WAN) і глобальні обчислювальні мережі (GAN).

Давачі локальної мережі можуть зв'язуватися зі шлюзами за допомогою різних протоколів, таких як: великий діапазон (LoRa), Bluetooth і радіозв'язок малої потужності. Крім того, останніми роками з'явилися нові технології, такі як ZigBee та вузькосмуговий Інтернет речей (NB-IoT).

З іншого боку, шлюзи в WAN-з'єднаннях надсилають інформацію в хмару через SigFox, глобальну мережу великого діапазону (LoRaWAN), тоді як GAN охоплює більш складні технології та всі стільникові мережі GSM-GPRS. Інші протоколи включають IP та API, TCP, Dash7 та MQTT, а також такі стандарти, як IEEE802.15.4, IEEE802.11.x та IEEE1451.

Однак із збільшенням кількості мережевих вузлів можуть виникати проблеми з перешкодами, особливо в дуже динамічних середовищах, таких як здоров'я та мобільність.

Наприклад, проблеми міжсистемної мережі залежать від кількості давачів на мережу, а також від мереж тіла в місці розташування, трафіку, фізичної мобільності кожного тіла та розташування вузлів на тілі [150]. Щоб пом'якшити цю проблему, були запропоновані активні та пасивні схеми, які забезпечують високу пропускну здатність і коефіцієнт доставки пакетів, а також низьку середню наскрізну затримку та низьке середнє споживання енергії для однієї та кількох WBSN. [151].

Аналогічно, обмін даними через підключені транспортні засоби може відбуватися через вбудовані або сторонні системи [62], але точність і доступність значною мірою залежать від використовуваного інтерфейсу [153].

Зі збільшенням кількості користувачів це може вплинути на безпеку, доступ і ефективність. Тут сам транспортний засіб вважається інтегрованою сенсорною платформою [154], оскільки він може працювати як відправник, приймач і маршрутизатор даних в рамках комунікацій V2V або V2I, що використовуються в ITS [19].

2.8 Додатки

Давачі можуть використовуватися в різних багатопрофільних сферах, наприклад: розумні туалети, програми, які контролюють і спрямовують фізичні вправи з кінцевою метою реабілітації або запобігання травмам, а також застосування в установах охорони здоров'я. Для велоспорту давачі найчастіше використовуються під час бігу на довгі дистанції та плавання.

Існують різні методи моніторингу стану пацієнтів, наприклад: моніторинг електричної активності серця за допомогою ряду електродів, накладених стерильним способом на тіло, моніторинг життєвих показників за допомогою бездротового зв'язку, відстеження місцезнаходження пацієнта шляхом видачі сповіщень, якщо необхідно, впровадження зручних інтерфейсів для обміну інформацією на основі бездротових давачів ЕКГ та пульсоксиметрів, впровадження мережевої багатоканальної частотної ЕМ для реабілітаційних пацієнтів з вправами, проектування системи з трьома давачами для моніторингу ЕКГ, маси тіла та пульсу пацієнт, портативної системи моніторингу здоров'я вдома з використанням ЕКГ, виявлення падінь та GPS для спостереження за людьми на вулиці, система електронного моніторингу здоров'я, заснована на об'єднанні мультисенсорних даних для прогнозування діяльності та сприяння процесу прийняття рішень щодо

здоров'я людей. Всі ці системи домашнього здоров'я дозволяють контролювати активність пацієнтів вдома.

Найпоширеніші застосування ІТС для зменшення дорожнього руху пов'язані з виявленням аварій та запобіганням, виявленням подій на дорогах та вивченням поведінки водія та застосуванням зворотного зв'язку в реальному часі. Також були запропоновані цікаві застосування в міській мобільності, такі як розумні світлофори, розумне паркування, передбачення та уникнення зіткнень, виявлення WIM транспортних засобів та візуалізація мобільності за допомогою уявлень теплової карти.

Теплові карти також можна отримати з аналізу даних про мобільність транспортних засобів і пішоходів і відображають поведінку різних явищ, таких як середня швидкість у місті, розташування заторів, частота та тривалість, а також комбінований просторово-часовий рух. кластеризація та аналіз.

Система, яка дозволяє в режимі реального часу моніторинг якості поверхневих вод у різних водних середовищах [43], системи моніторингу якості річки, яка перетинає місто та впровадження системи, яка може бути використана в мережі трубопроводів для моніторингу якості води [122].

Системи розподілу необхідно регулювати, щоб забезпечити необхідну кількість і якість. Використання датчиків для збору даних у режимі реального часу може виявляти та знаходити витіки, які можуть вплинути на правильну подачу води до міста або погіршити інфраструктуру навколо витіку [14]. Системи водорозподілу необхідно контролювати, щоб гарантувати, що вода розподіляється правильної якості та для виявлення забруднюючих речовин.

Система IoT дозволяє вбудовану систему нагляду, яка в режимі реального часу підвищує процес звітування про проблеми та підтверджує хороші практики збирання відходів. Використання мобільних додатків і програмного забезпечення дозволяє водіям вантажівок отримувати сповіщення від розумних урн, які потребують уваги, а також отримати

оптимальний маршрут для збору сміття, зменшуючи зусилля та витрати на збирання відходів [136].

Зібравши інформацію про рівень наповнення контейнерів, можна визначити найкращі типи та розміри контейнерів, площі, які потребують більшої або особливої ємності збору, а також терміни збору [134-136]. Давачі можуть покращити автоматизацію в ідентифікації та розділенні відходів, дозволяючи збільшити швидкість обробки для повторного використання та переробки, щоб перетворити розумне місто на місто з нульовим рівнем відходів [20]. Усі дані, зібрані з бункерів та аналітики, у поєднанні з використанням GPS для визначення координатного положення бункерів, звалищ і парку, можуть бути використані для управління збиранням та розділенням відходів новими способами [17].

Нарешті, країни прагнуть впровадити інноваційні технології, спрямовані на мінімізацію споживання енергії та покращення навколишнього середовища та добробуту своїх громадян.

З цієї причини існують різноманітні застосування в сферах будівель, громадського освітлення та міського простору, таких як підрахунок, переміщення та розташування людей та транспортних засобів, заходи безпеки для громадян, виявлення пожежі в огороженнях будівель [140], розумні будинки [135] та домашні мережі [136], світлодіодні бездротові (LED) внутрішні та зовнішні освітлювальні прилади [18], геотермальна технологія [137], гігротермічний комфорт [17], HPCsense (сейсмічна активність), розумний термостат [18], програми для внутрішнього освітлення [129], мікромережі [139], моніторинг стану будівель [18], екологічні будівлі [134] серед інших.

2.9 Проблеми та можливості

Досягнення у використанні та впровадженні давачів та їх застосування для розвитку розумних міст дозволяють жителям отримати доступ до кращої

якості життя. Незважаючи на те, що використання бездротових сенсорних мереж надає цінні дані, які використовуються для кращого управління ресурсами, все ще є можливості для покращення. Хоча різні області в розумному місті стикаються з специфічними проблемами, спільною можливістю є розробка нових давачів і нових підходів до проблеми виявлення, запобігання або передбачення небезпек, з якими можуть зіткнутися майбутні розумні міста.

Основною проблемою в додатках для охорони здоров'я є конфіденційність і безпечна передача даних, для чого проводилися різні дослідження. Одним із прикладів є децентралізована мобільна система охорони здоров'я, яка використовує перевірені атрибути пацієнтів, щоб запустити процес аутентифікації та зберегти атрибути та ідентичність.

Інше дослідження розробляє дві схеми, які зосереджуються на конфіденційності медичних записів. Ці схеми гарантують, що дуже схожі відкриті тексти можуть бути перетворені в чітко різні зашифровані тексти і протистоять атакам лише зашифрованого тексту. Проте важливі показники продуктивності, такі як накладні витрати на обчислення, підключення до мережі, затримка та енергоспоживання, ігноруються. Недорогі бездротові сенсорні мережі також допомагають досягти прямого зв'язку між мобільними терміналами користувача та носимими медичними пристроями, одночасно забезпечуючи стратегії збереження конфіденційності.

Крім того, дослідження представило велику систему застосування для охорони здоров'я, засновану на великих даних і Інтернет речей здоров'я (IoT).

Що стосується мобільності, то ІТС використовуються в розумних містах, що позитивно впливає на економію ресурсів, таких як час і робоча сила, одночасно зменшуючи використання палива та викидів в атмосферу.

Додатки для мобільності на основі зображень ITS прості та недорогі, але стикаються зі зниженням ефективності під час блискавки та зміни погоди [18].

Іншою проблемою є гнучкий контроль трафіку, а також системи уникнення зіткнень, оскільки для успішних протоколів V2V, V2P, V2I та V2X необхідні високошвидкісні виявлення та обмін даними [18,38].

Цей процес обміну інформацією чутливий до загроз безпеки, таких як зловмисні атаки або витік даних [61]. Для вирішення цих проблем необхідно впровадити надійніші давачі та швидші протоколи передачі даних.

У розумній безпеці багато зусиль докладають для виявлення, запобігання або передбачення небезпек, з якими можуть зіткнутися громадяни та інфраструктура розумних міст.

Давачі безпеки мають тенденцію покращувати чутливість, роздільну здатність і точність поточних давачів. Майже всі служби в розумному місті використовують цифрові дані і повністю залежать від безпеки та цілісності цих даних. З цієї причини давачі повинні бути посилені ефективними рішеннями безпеки, такими як криптографія та передові методи самозахисту.

Що стосується інтелектуального моніторингу води, то давачі використовуються для постійного та послідовного вимірювання даних про кількість та якість води. Отримані дані можна обробляти та візуалізувати в режимі реального часу для кінцевих споживачів або розробляти прогнози для водних агентств. Ці технології дозволяють мінімізувати ризики, пов'язані з поганою якістю води та недоліками водопостачання. Майбутні датчики потребують покращення вартості та споживання енергії, щоб витримувати тривалі періоди вимірювань без втручання, на додаток до підвищеної надійності, щоб протистояти несприятливим умовам навколишнього середовища.

Управління твердими побутовими відходами має вирішальне значення в будь-якому місті чи місті, але відіграйте нову роль у схемі «розумного міста», і воно зосереджено на більш чистому, охайному та здоровому середовищі для життя, використовуючи давачі та технології IoT для покращення управління відходами [42,43].

Наразі існують лише давачі, які можуть ідентифікувати вологе, сухе або металеве сміття, однак оптимально було б розробити давачі, які дозволять більш детально ідентифікувати відходи.

З цієї причини необхідно розробити та впровадити нові давачі, орієнтовані на сегрегацію відходів. Сегрегація є ключовим компонентом у системі поводження з відходами, оскільки дозволяє переробити або повторно використати більшу частину того, що викидається, що призводить до зменшення кількості сміття, яке потрапляє на полігони [128].

Інновації в моніторингу енергоспоживання в будівлях, системах громадського освітлення та міських просторах з використанням ІКТ є відмінним варіантом завдяки своїй адаптивності.

У літературі пропонується впровадження віртуальних давачів шляхом інформаційного моделювання будівель (BIM), інтегрованого з пристроями IoT, включаючи інструменти кваліфікації для розробки екологічних будівель [134].

Інтелектуальні системи освітлення з давачами, адаптованими до погодних умов, годин роботи та присутності людей або транспортних засобів [20], де вуличні ліхтарі служать точками з'єднання Wi-Fi, дозволяючи взаємопов'язаним мережам по всій міській території відстежувати якість навколишнього середовища, рівень шуму та спостереження, серед іншого.

Основними недоліками при розробці WSN є споживання батареї або енергії, великий обсяг зберігання та безпеки даних, термін служби та заміна, розмір, вартість, установка та обслуговування.

Впровадження недорогих давачів є найпривабливішими технологіями для будівель у майбутньому. Штучний інтелект, великі дані та машинне навчання стає важливим через величезну кількість даних, зібраних та проаналізованих у представлених програмах.

3 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ХОРОНИ ПРАЦІ

3.1 Надзвичайні ситуації мирного та воєнного часу, їх вплив на безпеку життєдіяльності населення України

В Україні щорічно виникають тисячі тяжких надзвичайних ситуацій, внаслідок яких гине велика кількість людей, а матеріальні збитки сягають кількох мільярдів гривень. Нині в багатьох областях України у зв'язку з небезпечними природними явищами, аваріями і катастрофами обстановка характеризується як дуже складна. Тенденція зростання кількості природних і, особливо, техногенних надзвичайних ситуацій, вагомість наслідків об'єктивно примушують розглядати їх як серйозну загрозу безпеці окремої людини, суспільства та навколишнього середовища, а також стабільності розвитку економіки країни.

Руйнівну силу техногенних катастроф і стихійних лих у деяких випадках можна порівняти з військовими діями, а кількість постраждалих значною мірою залежить від типу, масштабів, місця і темпу розвитку ситуації, особливостей регіону і населених пунктів, що опинились в районі події, об'єктів господарської діяльності. Несподіваний розвиток подій веде до значного скорочення часу на підготовку рятувальних робіт і їх проведення.

Деякі надзвичайні ситуації за масштабами поширюються майже на всі сфери життя, негативно впливають на соціально-психологічний стан і економіку нашої країни. У певних регіонах України з високою густотою населення розташовані об'єкти з підвищеною небезпекою, а це різко посилює небезпеку можливих стихійних лих, аварій і катастроф техногенного походження. Внаслідок надзвичайних ситуацій гинуть люди, завдаються матеріальні збитки населенню і державі.

Надзвичайна ситуація (далі НС) - це порушення нормальних умов життя і діяльності людей на об'єкті або території, спричинене аварією,

катастрофою, стихійним лихом, епідемією, епізоотією, епіфітотією, великою пожежею, застосуванням засобів ураження, що призвели або можуть призвести до людських і матеріальних витрат.

Епідемія – масові інфекційні захворювання (чума, холера, тиф, грип, оспа). Україна – на межі епідемії туберкульозу.

Епізоотій – масові захворювання тварин. (у Англії – коров'ячий сказ, ящур).

Епіфітотій – масові захворювання рослин. За останні роки щороку в Україні виникає до 300 надзвичайних ситуацій природного походження і до 500 надзвичайних ситуацій техногенного походження. Найбільше таких надзвичайних ситуацій виникає у Запорізькій, Донецькій, Дніпропетровській, Луганській, Львівській і Одеській областях.

Всі надзвичайні ситуації за масштабом можливих наслідків поділяються з урахуванням територіального поширення, характеру сил і засобів, що залучаються для ліквідації наслідків, на ПС:

- *загальнодержавного рівня* - надзвичайна ситуація розвивається на території двох та більше областей (Автономної Республіки Крим, міст Києва та Севастополя) або загрожує транскордонним перенесенням, а також у разі, коли для її ліквідації необхідні матеріальні і технічні ресурси у обсягах, що перевищують власні можливості окремої області (Автономної Республіки Крим, міст Києва і Севастополя), але не менше одного відсотка обсягу видатків відповідною бюджету;
- *регіонального рівня* - надзвичайна ситуація розгортається на території двох та більше, адміністративних або загрожує перенесенням на територію суміжної області держави, а також у разі, коли для її ліквідації необхідні матеріальні і технічні ресурси у обсягах, що перевищують власні можливості окремого району, але не менше одного відсотка обсягу видатків відповідного бюджету;

- *місцевого рівня* - надзвичайна ситуація, яка виходить за межі потенційно небезпечного об'єкту, загрожує поширенням самої ситуації або її вторинних наслідків на довкілля, сусідні населені пункти, інженерні споруди, а також у разі, коли для її ліквідації необхідні матеріальні і технічні ресурси, що перевищують власні можливості потенційно небезпечного об'єкту, але не менш одного відсотку обсягів видатків відповідного бюджету;
- *об'єктового рівня* - надзвичайні ситуації, які не підпадають під зазначені визначення.

3.2 Система менеджменту охорони праці

Технологічний прогрес й інтенсивний тиск конкуренції стрімко змінюють умови праці, його процеси й організацію. Першорядне значення належить законодавству, але саме по собі воно недостатнє для того, щоб управляти цими змінами і попереджати нові небезпеки і ризики. Організації теж повинні постійно реагувати на зміни, що відбуваються у сфері охорони і безпеки праці, і розробляти ефективні відповіді у вигляді динамічних стратегій управління.

Питання промислової безпеки за значущістю порівнюють з проблемами охорони навколишнього середовища і питаннями збереження миру. Техносфера почала становити для людини серйозну небезпеку.

Хвороби і травми не є неминучими супутниками трудової діяльності, а бідність не може служити виправданням неуваги до безпеки і здоров'я працівників.

Позитивний вплив впровадження систем охорони здоров'я і безпеки персоналу на рівні організації як на зниження небезпек і ризиків, так і на продуктивність, нині визнано урядами, роботодавцями і працівниками в усьому світі.

Багато організацій виявляють зацікавленість в ефективності і демонстрації можливостей управління охороною праці (охороною здоров'я і безпекою) працівників (персоналу).

Відомий британський стандарт BS 8800-96 «Настанова з систем управління охороною здоров'я і безпекою персоналу» (Guide Occupational health and safety management systems) і розроблений на його основі міжнародний стандарт OHSAS 18001-99 «Системи управління охороною здоров'я і безпекою персоналу. Вимоги» (Occupational Health and Safety Assessment Series) орієнтовані на створення системи управління охороною праці організації, яка у вигляді підсистеми могла б бути об'єднана з іншими підсистемами системи управління (менеджменту) в рамках єдиної інтегрованої системи управління (менеджменту) організації.

Система менеджменту охорони праці і промислової безпеки створює основу для здійснення заходів з охорони праці і здоров'я на виробництві, що забезпечує підвищення їх ефективності й інтеграцію в загальну діяльність підприємства.

Системи менеджменту охорони праці і промислової безпеки базуються на стандартах, які чітко визначають процес досягнення безперервного поліпшення роботи з охорони праці і здоров'я, а також виконання вимог законодавства. СМОПіПБ відповідно до вимог OHSAS 18001 – це система менеджменту, що дозволяє оцінити виробничі небезпеки, ідентифікувати пов'язані з ними ризики і ефективно управляти ними. Унаслідок впровадження СМОПіПБ можливості виникнення аварійних ситуацій зводяться до мінімуму, знижуються виробничі ризики, забезпечується належний рівень охорони здоров'я персоналу і дотримання техніки безпеки на робочих місцях. Консалтингові компанії пропонують розробити, впровадити і сертифікувати СМОПіПБ за визнаною у всьому світі специфікацією OHSAS 18001.

Сертифікація дозволяє:

- зменшити ризики;

- отримати конкурентну перевагу;
- діяти відповідно до вимог законодавства;
- підвищити ефективність роботи в цілому;
- полегшити процедуру контролю з боку державних органів;
- підвищити рівень задоволеності персоналу.

OHSAS 18001 є стандартом, на базі якого проводиться перевірка Систем менеджменту охорони праці і промислової безпеки. Передумовою його розробки стала потреба компаній в ефективній роботі з охорони праці і здоров'я.

OHSAS 18001 є дійсно світовим стандартом в тому сенсі, що його застосування не обмежується тільки організаціями в економічно високорозвинених країнах. У багатьох країнах керівництва компаній дійшли висновку, що такий стандарт є важливим для компанії і для її взаємин з суспільством і урядом, оскільки дозволяє створити систему управління безпекою. Ця діяльність - не одноразовий проект або випадкова подія. Це – тривалий процес поліпшення відносин з суспільством, з місцевими органами влади і національним урядом, з власним персоналом компанії, учасниками ринку або акціонерами, організаціями споживачів і суспільством в цілому.

Створюючи систему, засновану на принципах OHSAS 18001, організація не зазнає труднощів в дотриманні правил і знижує ризик бути оштрафованою або піддатися судовому розгляду в разі виникнення травм, професійних захворювань і нещасних випадків. Правильне впровадження і підтримка в робочому стані системи управління охороною здоров'я і безпеки персоналу може бути частиною стратегії належної виробничої практики, яка є ефективним довгостроковим вкладенням засобів у майбутнє компанії. Це, у свою чергу, веде до того, що компанії, які отримали сертифікати на системи управління охороною здоров'я і безпекою персоналу, вимагають від своїх субпідрядників, щоб вони також контролювали процеси і управляли ризиками у сфері охорони здоров'я і безпеки персоналу.

Стратегічна консультативна група ISO сформувала і контролює межі компетенції цього стандарту для того, щоб постійно відстежувати необхідність у його подальшому розвитку і дає рекомендації ISO/IEC зі стратегічного планування сфери застосування такого стандарту.

Більшість дрібних компаній починають оцінювати необхідність у впровадженні системи управління охороною здоров'я і безпекою персоналу, виходячи з вимог уряду, а також враховуючи необхідність вирішення розбіжностей з представниками зацікавлених сторін. Для крупних компаній це найчастіше питання іміджу компанії й основа для відкритого інформування клієнтів і світової спільноти в цілому про свої наміри у сфері охорони здоров'я і безпеки персоналу.

Прагнення досягти професіоналізму, компетенції і контрольованої, передбачуваної поведінки персоналу, що бере участь у виробничій діяльності або наданні послуг, складає основу стандарту.

Це досягається шляхом вироблення загальних правил або розробкою нормативної документації і положень, що описують порядок створення, впровадження і підтримки цілісності системи управління охороною здоров'я і безпекою персоналу в компанії.

На додаток до OHSAS 18001 було видано стандарт OHSAS 18002, який містить роз'яснення до вимог стандарту і настанову зі створення системи.

ВИСНОВКИ

Дотримуючись зареєстрованих тенденцій зростання населення та переміщення в міське середовище, зрозуміло, що в найближчі роки міста зіткнуться з постійно зростаючою потребою задовольняти потреби своїх громадян.

У цій роботі було визначено та описано кілька застосувань датчиків для розумних міст.

Підводячи підсумок, більшість додатків передбачали виявлення та обмін даними для надання послуг на вимогу (медичні записи та огляди, міський транспорт, споживання води та енергії), тоді як інші орієнтовані на покращення комфорту проживання в місті (безпека громадян, управління зеленими насадженнями, якість води, збір відходів, громадське освітлення).

Серед основних проблем впровадження розумного міста кожен сектор має свої власні; однак можна визначити загальні фактори, такі як удосконалення датчиків, впровадження масової аналітики даних (великі дані) та недовіра громадян до обміну даними.

Важливо враховувати, що для впровадження пропонованих рішень «розумного міста» необхідна співпраця та партнерство з державними установами. Глибоке розуміння кожного контексту впровадження та ключових взаємозв'язків між секторами (наприклад, транспорт–енергетика, енергія–вода, ефективність використання ресурсів та відновлення тощо), а також значуще залучення громади та участь у плануванні та використанні нових технологій у міська інфраструктура має важливе значення для підвищення політичної доцільності, прозорості, справедливості та фінансової стійкості.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Calzada, I. Metropolitan and city-regional politics in the urban age: Why does “(smart) devolution” matter? *Palgrave Commun.* 2017, 3, 1–17.
2. Batista e Silva, F.; Freire, S.; Schiavina, M.; Rosina, K.; Marín-Herrera, M.A.; Ziemba, L.; Craglia, M.; Koomen, E.; Lavalle, C. Uncovering temporal changes in Europe’s population density patterns using a data fusion approach. *Nat. Commun.* 2020, 11, 1–11.
3. Joss, S. Future cities: Asserting public governance. *Palgrave Commun.* 2018, 4, 1–4.
4. Pellicer, S.; Santa, G.; Bleda, A.L.; Maestre, R.; Jara, A.J.; Skarmeta, A.G. A global perspective of smart cities: A survey. In *Proceedings of the 2013 Seventh International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing, Taichung, Taiwan, 3–5 July 2013*; pp. 439–444.
5. Bai, X.; Nagendra, H.; Shi, P.; Liu, H. Cities: Build networks and share plans to emerge stronger from COVID-19. *Nature* 2020, 584, 517–520.
6. Staletić, N.; Labus, A.; Bogdanović, Z.; Despotović-Zrakić, M.; Radenković, B. Citizens’ readiness to crowdsource smart city services: A developing country perspective. *Cities* 2020, 107, 102883.
7. Pranggono, B.; Arabo, A. COVID-19 pandemic cybersecurity issues. *Internet Technol. Lett.* 2021, 4, 4–9.]
8. He, Y.; Aliyu, A.; Evans, M.; Luo, C. Health care cybersecurity challenges and solutions under the climate of COVID-19: Scoping review. *J. Med. Internet Res.* 2021, 23, 1–18.
9. Ahad, M.A.; Paiva, S.; Tripathi, G.; Feroz, N. Enabling technologies and sustainable smart cities. *Sustain. Cities Soc.* 2020, 61, 102301.
10. Moustaka, V.; Theodosiou, Z.; Vakali, A.; Kounoudes, A.; Anthopoulos, L.G. Enhancing social networking in smart cities: Privacy and security borderlines. *Technol. Forecast. Soc. Chang.* 2019, 142, 285–300.

11. Braun, T.; Fung, B.C.; Iqbal, F.; Shah, B. Security and privacy challenges in smart cities. *Sustain. Cities Soc.* 2018, 39, 499–507.
12. Kadry, S. Safe drive in smart city. *Smart Solut. Future Cities* 2016, 1–7.
13. Moher, D.; Liberati, A.; Tetzlaff, J.; Altman, D.G.; Group, T.P. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Med.* 2009, 6, 1–6.
14. Yang, L.; Yan, H.; Lam, J.C. Thermal comfort and building energy consumption implications—A review. *Appl. Energy* 2014, 115, 164–173.
15. Gunduz, M.Z.; Das, R. Cyber-security on smart grid: Threats and potential solutions. *Comput. Netw.* 2020, 169, 107094.
16. Zhao, H.X.; Magoulès, F. A review on the prediction of building energy consumption. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2012, 16, 3586–3592.
17. Carli, R.; Cavone, G.; Othman, S.B.; Dotoli, M. IoT based architecture for model predictive control of HVAC systems in smart buildings. *Sensors* 2020, 20, 781.
18. Hancke, G.P.; de Silva, B.d.C.; Hancke, G.P. The role of advanced sensing in smart cities. *Sensors* 2013, 13, 393–425.
19. Benevolo, C.; Dameri, R.P.; Auria, B.D. Smart Mobility in Smart City. In *Empowering Organizations: Enabling Platforms and Artefacts*; Springer: Cham, Switzerland, 2016; Volume 11, pp. 13–28.
20. Zanella, A.; Bui, N.; Castellani, A.; Vangelista, L.; Zorzi, M. Internet of things for smart cities. *IEEE Internet Things J.* 2014, 1, 22–32.
21. Capdevila, I.; Zarlenga, M.I. Smart City or Smart Citizens? The Barcelona Case. *J. Strategy Manag.* 2015, 8, 266–282.
22. Sovacool, B.K.; Griffiths, S. Culture and low-carbon energy transitions. *Nat. Sustain.* 2020, 3, 685–693.
23. Yu, D.; Yin, J.; Wilby, R.; Lane, S. Disruption of emergency response to vulnerable populations during floods. *Nat. Sustain.* 2020, 3, 728–736.
24. Ejaz, W.; Anpalagan, A. *Internet of Things for Smart Cities: Technologies, Big Data and Security*; Springer: Cham, Switzerland, 2019; pp. 1–15.

25. Okai, E.; Feng, X.; Sant, P. Smart Cities Survey. In Proceedings of the 2018 IEEE 20th International Conference on High Performance Computing and Communications; IEEE 16th International Conference on Smart City; IEEE 4th International Conference on Data Science and Systems (HPCC/SmartCity/DSS), Exeter, UK, 28–30 June 2018; pp. 1726–1730.
26. Sanchez, L.; Muñoz, L.; Galache, J.A.; Sotres, P.; Santana, J.R.; Gutierrez, V.; Ramdhany, R.; Gluhak, A.; Krco, S.; Theodoridis, E.; et al. SmartSantander: IoT experimentation over a smart city testbed. *Comput. Netw.* 2014, 61, 217–238.
27. Anthopoulos, L. Smart utopia VS smart reality: Learning by experience from 10 smart city cases. *Cities* 2017, 63, 128–148.
28. Lu, D.; Tian, Y.; Liu, V.Y.; Zhang, Y. The performance of the smart cities in China-A comparative study by means of self-organizing maps and social networks analysis. *Sustainability* 2015, 7, 7604–7621.
29. Joo, Y.M.; Tan, T.B. Smart cities in Asia: An introduction. In *Smart Cities in Asia: Governing Development in the Era of Hyper-Connectivity*; Edward Elgar Publishing: Cheltenham, UK, 2020; pp. 1–17.
30. Useche, M.P.; Carlos, N.S.J.; Vilafañe, C. Medellin (Colombia): A Case of Smart City. In Proceedings of the 7th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance ICEGOV '13, Seoul, Korea, 22–25 October 2013; pp. 231–233.
31. Gaffney, C.; Robertson, C. Smarter than Smart: Rio de Janeiro's Flawed Emergence as a Smart City. *J. Urban Technol.* 2018, 25, 47–64.
32. Yigitcanlar, T.; Kamruzzaman, M. Smart Cities and Mobility: Does the Smartness of Australian Cities Lead to Sustainable Commuting Patterns? *J. Urban Technol.* 2019, 26, 21–46.
33. Niculescu, A.I.; Wadhwa, B. Smart cities in south east Asia: Singapore concepts-An HCI4D perspective. In Proceedings of the ASEAN CHI Symposium'15, Seoul, Korea, 18–23 April 2015; pp. 20–23.

34. Endesa, F. Smart Cities. Available online: <https://www.fundacionendesa.org/es/recursos/a201908-smart-city> (accessed on 13 May 2022).
35. Cities, B. Bright Cities. Available online: <https://www.brightcities.city/> (accessed on 13 May 2022).
36. IMD Real Learning Real Impact; SCO Observatory. Smart City Index 2020. Available online: <https://www.imd.org/smart-city-observatory/smart-city-index/> (accessed on 13 May 2022).
37. Wu, L.; Zhi, Y.; Sui, Z.; Liu, Y. Intra-urban human mobility and activity transition: Evidence from social media check-in data. *PLoS ONE* 2014, 9, e97010.
38. Chen, S.; Hu, J.; Shi, Y.; Peng, Y.; Fang, J.; Zhao, R.; Zhao, L. Vehicle-to-Everything (v2x) Services Supported by LTE-Based Systems and 5G. *IEEE Commun. Stand. Mag.* 2017, 1, 70–76.
39. Chang, C.Y.; Chien, L.C.; Chang, Y.H.; Kuo, E.C.; Hwang, Y.S. A smart public security strategy: The New Taipei City Technology defense plan. *Procedia Comput. Sci.* 2019, 159, 1715–1719.
40. Baig, Z.A.; Szewczyk, P.; Valli, C.; Rabadia, P.; Hannay, P.; Chernyshev, M.; Johnstone, M.; Kerai, P.; Ibrahim, A.; Sansurooah, K.; et al. Future challenges for smart cities: Cyber-security and digital forensics. *Digit. Investig.* 2017, 22, 3–13.
41. Anagnostopoulos, T.; Zaslavsky, A.; Kolomvatsos, K.; Medvedev, A.; Amirian, P.; Morley, J.; Hadjiefthymiades, S. Challenges and Opportunities of Waste Management in IoT-Enabled Smart Cities: A Survey. *IEEE Trans. Sustain. Comput.* 2017, 2, 275–289.
42. Aktemur, I.; Erensoy, K.; Kocyigit, E. Optimization of Waste Collection in Smart Cities with the use of Evolutionary Algorithms. In *Proceedings of the 2nd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications HORA 2020, Ankara, Turkey, 26–27 June 2020*; pp. 1–8.

43. Pardini, K.; Rodrigues, J.J.; Diallo, O.; Das, A.K.; de Albuquerque, V.H.C.; Kozlov, S.A. A smart waste management solution geared towards citizens. *Sensors* 2020, 20, 2380.
44. de Mattos, W.D.; Gondim, P.R. M-Health Solutions Using 5G Networks and M2M Communications. *IT Prof.* 2016, 18, 24–29.
45. Mustapa, M.A.; Abu Bakar, M.H.; Mustapha Kamil, Y.; Syahir, A.; Mahdi, M.A. Bio-Functionalized Tapered Multimode Fiber Coated with Dengue Virus NS1 Glycoprotein for Label Free Detection of Anti-Dengue Virus NS1 IgG Antibody. *IEEE Sens. J.* 2018, 18, 4066–4072.
46. Zheng, Y.; Rundell, A. Biosensor immunosurface engineering inspired by B-cell membrane-bound antibodies: Modeling and analysis of multivalent antigen capture by immobilized antibodies. *IEEE Trans. NanoBiosci.* 2003, 2, 14–25.
47. Sekitani, T.; Someya, T. Stretchable organic integrated circuits for large-area electronic skin surfaces. *MRS Bull.* 2012, 37, 236–245.
48. Kim, Y.S.; Lee, J.; Ameen, A.; Shi, L.; Li, M.; Wang, S.; Ma, R.; Jin, S.H.; Kang, Z.; Huang, Y.; et al. Multifunctional Epidermal Electronics Printed Directly Onto the Skin. *Adv. Mater.* 2013, 25, 2773–2778.
49. Ko, H.; Stoykovich, M.; Song, J.; Malyarchuk, V.; Choi, W.; Yu, C.J.; Geddes, J.; Xiao, J.; Wang, S.; Huang, Y.; et al. A hemispherical electronic eye camera based on compressible silicon optoelectronics. *Nature* 2008, 454, 748–753.
50. Wang, Y.; Yang, R.; Shi, Z.; Zhang, L.; Shi, D.X.; Wang, E.; Zhang, G. Super-Elastic Graphene Ripples for Flexible Strain Sensors. *ACS Nano* 2011, 5, 3645–3650.
51. Pan, L.J.; Chortos, A.; Yu, G.; Wang, Y.; Isaacson, S.; Allen, R.; Shi, Y.; Dauskardt, R.; Bao, Z. An ultra-sensitive resistive pressure sensor based on hollow-sphere microstructure induced elasticity in conducting polymer film. *Nat. Commun.* 2014, 5, 3002.

52. Chen, Y.; Lu, B.; Chen, Y.; Feng, X. Biocompatible and ultra-flexible inorganic strain sensors attached to skin for long-term vital signs monitoring. *IEEE Electron. Device Lett.* 2016, 37, 496–499.
53. Zhang, Y.; Black, A.; Wu, N.; Cui, Y. Comparison of “Dry Sensing” and “Wet Sensing” of a Protein With a Graphene Sensor. *IEEE Sens. Lett.* 2018, 2, 1–4.
54. Yazdi, E.; Willig, A.; Pawlikowski, K. On channel adaptation in IEEE 802.15.4 mobile body sensor networks: What can be Gained? In *Proceedings of the IEEE International Conference on Networks, ICON, Singapore, Singapore, 12–14 December 2012*; pp. 262–267.
55. Liao, Y.; Leeson, M.S.; Higgins, M.D. Flexible quality of service model for wireless body area sensor networks. *Healthc. Technol. Lett.* 2016, 3, 12–15.
56. Al-Turjman, F.; Lemayian, J.P. Intelligence, security, and vehicular sensor networks in internet of things (IoT)-enabled smart-cities: An overview. *Comput. Electr. Eng.* 2020, 87, 106776.
57. Fanti, M.P.; Mangini, A.M.; Rotunno, G.; Fiume, G.; Favenza, A.; Gaetani, M. A Cloud Computing Architecture for Eco Route Planning of Heavy Duty Vehicles. In *Proceedings of the 2018 IEEE 14th International Conference on Automation Science and Engineering (CASE), Munich, Bavaria, Germany, 20–24 August 2018*; pp. 730–735.
58. Difilippo, G.; Fanti, M.P.; Fiume, G.; Mangini, A.M.; Monsel, N. A Cloud Optimizer for Eco Route Planning of Heavy Duty Vehicles. In *Proceedings of the 2018 IEEE Conference on Decision and Control (CDC), Miami, FL, USA, 17–19 December 2018*; pp. 7142–7147.
59. Koehl, A. Urban transport and COVID-19: Challenges and prospects in low- and middle-income countries. *Cities Health* 2020, 1–6.
60. Hanbyul, S.; Ki-Dong, L.; Shinpei, Y.; Ying, P.; Philippe, S. LTE Evolution for Vehicle-to-Everything Services. *IEEE Commun. Mag.* 2016, 54, 22–28.]
61. Wang, J.; Shao, Y.; Ge, Y.; Yu, R. A survey of vehicle to everything (V2X) testing. *Sensors* 2019, 19, 334.

62. Toglaw, S.; Aloqaily, M.; Alkheir, A.A. Connected, Autonomous and Electric Vehicles: The Optimum Value for a Successful Business Model. In Proceedings of the 2018 Fifth International Conference on Internet of Things: Systems, Management and Security, Valencia, Spain, 15–18 October 2018; pp. 303–308.
63. Ozatay, E.; Onori, S.; Wollaeger, J.; Ozguner, U.; Rizzoni, G.; Filev, D.; Michelini, J.; Di Cairano, S. Cloud-Based Velocity Profile Optimization for Everyday Driving: A Dynamic-Programming-Based Solution. *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.* 2014, 15, 2491–2505.
64. Fanti, M.P.; Mangini, A.M.; Favenza, A.; Difilippo, G. An Eco-Route planner for heavy duty vehicles. *IEEE/CAA J. Autom. Sin.* 2021, 8, 37–51.
65. Zhang, J.; Lu, Y.; Lu, Z.; Liu, C.; Sun, G.; Li, Z. A new smart traffic monitoring method using embedded cement-based piezoelectric sensors. *Smart Mater. Struct.* 2015, 24, 1–8.
66. Hussein, A.; García, F.; Armingol, J.M.; Olaverri-Monreal, C. P2V and V2P communication for pedestrian warning on the basis of autonomous vehicles. In Proceedings of the IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Proceedings, ITSC, Rio de Janeiro, Brazil, 1–4 November 2016; pp. 2034–2039.
67. Ghazal, B.; Elkhatib, K.; Chahine, K.; Kherfan, M. Smart traffic light control system. In Proceedings of the 3rd International Conference on Electrical, Electronics, Computer Engineering and Their Applications, EECEA 2016, Beirut, Lebanon, 21–23 April 2016; pp. 140–145.
68. Ahas, R.; Aasa, A.; Yuan, Y.; Raubal, M.; Smoreda, Z.; Liu, Y.; Ziemlicki, C.; Tiru, M.; Zook, M. Everyday space–time geographies: Using mobile phone-based sensor data to monitor urban activity in Harbin, Paris, and Tallinn. *Int. J. Geogr. Inf. Sci.* 2015, 29, 2017–2039.
69. Cuenca-Jara, J.; Terroso-Saenz, F.; Valdes-Vela, M.; Gonzalez-Vidal, A.; Skarmeta, A.F. Human mobility analysis based on social media and fuzzy clustering. In Proceedings of the Global Internet of Things Summit GIoTS 2017, Geneva, Switzerland, 1–6 June 2017; pp. 1–6.

70. Fukuzaki, Y.; Murao, K.; Mochizuki, M.; Nishio, N. Statistical analysis of actual number of pedestrians for Wi-Fi packet-based pedestrian flow sensing. In Proceedings of the 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and the Proceedings of the 2015 ACM International Symposium on Wearable Computers, UbiComp and ISWC 2015, Osaka, Japan, 7–11 September 2015; pp. 1519–1526.
71. El Mahrsi, M.K.; Come, E.; Oukhellou, L.; Verleysen, M. Clustering Smart Card Data for Urban Mobility Analysis. *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.* 2017, 18, 712–728.
72. Vlahogianni, E.I.; Kepaptsoglou, K.; Tsetsos, V.; Karlaftis, M.G. A Real-Time Parking Prediction System for Smart Cities. *J. Intell. Transp. Syst. Technol. Plan. Oper.* 2016, 20, 192–204.
73. Zhao, J.; Xu, H.; Liu, H.; Wu, J.; Zheng, Y.; Wu, D. Detection and tracking of pedestrians and vehicles using roadside LiDAR sensors. *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.* 2019, 100, 68–87.
74. Walter, M.; Eilebrecht, B.; Wartzek, T.; Leonhardt, S. The smart car seat: Personalized monitoring of vital signs in automotive applications. *Pers. Ubiquitous Comput.* 2011, 15, 707–715.
75. Rahimian, P.; O’Neal, E.E.; Zhou, S.; Plumert, J.M.; Kearney, J.K. Harnessing Vehicle-to-Pedestrian (V2P) Communication Technology: Sending Traffic Warnings to Texting Pedestrians. *Hum. Factors* 2018, 60, 833–843.
76. Roccotelli, M.; Nolich, M.; Fanti, M.P.; Ukovich, W. Internet of things and virtual sensors for electromobility. *Internet Technol. Lett.* 2018.
77. Fanti, M.P.; Mangini, A.M.; Roccotelli, M.; Nolich, M.; Ukovich, W. Modeling Virtual Sensors for Electric Vehicles Charge Services. In Proceedings of the 2018 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC), Miyazaki, Japan, 7–10 October 2018; pp. 3853–3858.
78. Fanti, M.P.; Mangini, A.M.; Roccotelli, M. An Innovative Service for Electric Vehicle Energy Demand Prediction. In Proceedings of the 2020 7th International

Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT), Prague, Czech Republic, 19 June–2 July 2020; Volume 1, pp. 880–885.

79. Human Security Unit of the United Nation. Human Security Handbook an Integrated Approach for the Realization of the SDG's; United Nations: New York, NY, USA, 2016; pp. 1–47.
80. Maye, D. 'smart food city': Conceptual relations between smart city planning, urban food systems and innovation theory. *City Cult. Soc.* 2019, 16, 18–24.
81. Alipio, M.I.; Dela Cruz, A.E.M.; Doria, J.D.A.; Fruto, R.M.S. On the design of Nutrient Film Technique hydroponics farm for smart agriculture. *Eng. Agric. Environ. Food* 2019, 12, 315–324.
82. Matindoust, S.; Baghaei-Nejad, M.; Abadi, M.H.S.; Zou, Z.; Zheng, L.R. Food quality and safety monitoring using gas sensor array in intelligent packaging. *Sens. Rev.* 2016, 36, 169–183.
83. Lu, L.; Zhu, Z.; Hu, X. Hybrid nanocomposites modified on sensors and biosensors for the analysis of food functionality and safety. *Trends Food Sci. Technol.* 2019, 90, 100–110.
84. Zhou, J.; Cao, Z.; Dong, X.; Vasilakos, A.V. Security and Privacy for Cloud-Based IoT: Challenges. *IEEE Commun. Mag.* 2017, 55, 26–33.
85. Habibzadeh, H.; Soyata, T.; Kantarci, B.; Boukerche, A.; Kaptan, C. Sensing, communication and security planes: A new challenge for a smart city system design. *Comput. Netw.* 2018.
86. Ray, P.P.; Dash, D.; Kumar, N. Sensors for internet of medical things: State-of-the-art, security and privacy issues, challenges and future directions. *Comput. Commun.* 2020, 160, 111–131.
87. Keshta, I.; Odeh, A. Security and privacy of electronic health records: Concerns and challenges. *Egypt. Inform. J.* 2020.
88. Kaku, K. Satellite remote sensing for disaster management support: A holistic and staged approach based on case studies in Sentinel Asia. *Int. J. Disaster Risk Reduct.* 2019, 33, 417–432.

89. Clark, N.E. Towards a standard licensing scheme for the access and use of satellite earth observation data for disaster management. *Acta Astronaut.* 2017, 139, 325–331.
90. Liu, L.; fan Li, C.; kun Sun, X.; Zhao, J. Event alert and detection in smart cities using anomaly information from remote sensing earthquake data. *Comput. Commun.* 2020, 153, 397–405.
91. Miyata, E.; Miyata, H.; Fukasawa, E.; Kakizaki, K.; Abe, H.; Katsumata, M.; Sato, M. A Hybrid semiconductor radiation detectors using conductive polymers. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. Sect. Accel. Spectrometers. Detect. Assoc. Equip.* 2020, 955, 1–7.
92. Tanioka, Y.; Gusman, A.R. Near-field tsunami inundation forecast method assimilating ocean bottom pressure data: A synthetic test for the 2011 Tohoku-oki tsunami. *Phys. Earth Planet. Inter.* 2018, 283, 82–91.
93. Henríquez, B.P. Information Technology: The Unsung Hero of Market-Based Environmental Policies. 2004. Available online: **Помилка! Неприпустимий об'єкт гіперпосилання.** (accessed on 1 May 2022).
94. de Chalendar, J.A.; Taggart, J.; Benson, S.M. Tracking emissions in the US electricity system. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2019, 116, 25497–25502.
95. Badii, C.; Bilotta, S.; Cenni, D.; Difino, A.; Nesi, P.; Paoli, I.; Paolucci, M. High Density Real-Time Air Quality Derived Services from IoT Networks. *Sensors* 2020, 20, 5435.
96. Henríquez, B.P. *Environmental Commodities Markets and Emissions Trading: Towards a Low-Carbon Future*; Routledge: London, UK, 2012.
97. Pérez Henríquez, B. *Handbook on the Resource Nexus*; Chapter California Innovations @ the Water Energy Nexus (WEN); Routledge: London, UK, 2018; p. 18.]
98. Yan, K.; Zhang, Y.; Yan, Y.; Xu, C.; Zhang, S. Fault diagnosis method of sensors in building structural health monitoring system based on communication load optimization. *Comput. Commun.* 2020, 159, 310–316.

99. Ayyildiz, C.; Erdem, H.E.; Dirikgil, T.; Dugenci, O.; Kocak, T.; Altun, F.; Gungor, V.C. Structure Health Monitoring Using Wireless Sensor Networks on Structural Elements. *Ad Hoc Netw.* 2019, 82, 68–76, Erratum to 2020, 105, 68–76.
100. Smart street lighting system: A platform for innovative smart city applications and a new frontier for cyber-security. *Electr. J.* 2016, 29, 28–35.
101. Laufs, J.; Borrion, H.; Bradford, B. Security and the smart city: A systematic review. *Sustain. Cities Soc.* 2020, 55, 102023.
102. Ross, A.; Banerjee, S.; Chowdhury, A. Security in smart cities: A brief review of digital forensic schemes for biometric data. *Pattern Recognit. Lett.* 2020, 138, 346–354.
103. Mezzera, L.; Carminati, M.; Di Mauro, M.; Turolla, A.; Tizzoni, M.; Antonelli, M. A 7-Parameter Platform for Smart and Wireless Networks Monitoring On-Line Water Quality. In *Proceedings of the 25th IEEE International Conference on Electronics Circuits and Systems, ICECS 2018, Bordeaux, Gironde, France, 9–12 December 2019*; pp. 709–712.
104. Gonçalves, R.; Soares, J.J.; Lima, R.M. An IoT-based framework for smartwater supply systems management. *Future Internet* 2020, 12, 114.
105. Mohd Ismail, M.I.; Dziauddin, R.A.; Salleh, N.A.A.; Muhammad-Sukki, F.; Bani, N.A.; Izhar, M.A.M.; Latiff, L.A. A review of vibration detection methods using accelerometer sensors for water pipeline leakage. *IEEE Access* 2019, 7, 51965–51981.
106. Kodali, R.K.; Sarjerao, B.S. A low cost smart irrigation system using MQTT protocol. In *Proceedings of the IEEE International Symposium on Technologies for Smart Cities TENSYPMP 2017, Kochi, Kerala, India, 14–16 July 2017*; pp. 1–5.
107. Mamun, K.A.; Islam, F.R.; Haque, R.; Khan, M.G.; Prasad, A.N.; Haqva, H.; Mudliar, R.R.; Mani, F.S. Smart Water Quality Monitoring System Design and KPIs Analysis: Case Sites of Fiji Surface Water. *Sustainability* 2019, 11, 7110.

108. Quadar, N.; Chehri, A.; Jeon, G.; Ahmad, A. Smart water distribution system based on IoT networks, a critical review. In *Smart Innovation, Systems and Technologies*; Springer: Singapore, 2021; Volume 189, pp. 293–303.
109. Kulkarni, P.; Farnham, T. Smart City Wireless Connectivity Considerations and Cost Analysis: Lessons Learnt from Smart Water Case Studies. *IEEE Access* 2016, 4, 660–672.
110. de Oliveira, K.V.; Esgalha Castelli, H.M.; José Montebeller, S.; Prado Avancini, T.G. Wireless Sensor Network for Smart Agriculture using ZigBee Protocol. In *Proceedings of the 2017 IEEE First Summer School on Smart Cities (S3C)*, Natal, Brazil, 6–11 August 2017; pp. 61–66.
111. Lopes, S.F.; Pereira, R.M.; Lopes, S.O.; Coutinho, M.; Malheiro, A.; Fonte, V. Yet a smarter irrigation system. In *Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering, LNICST*; Springer Cham: Cham, Switzerland, 2020; Volume 323, pp. 337–346.
112. Martínez, R.; Vela, N.; el Aatik, A.; Murray, E.; Roche, P.; Navarro, J.M. On the use of an IoT integrated system for water quality monitoring and management in wastewater treatment plants. *Water* 2020, 12, 1096.
113. Simitha, K.M.; Subodh Raj, M.S. IoT and WSN Based Water Quality Monitoring System. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Electronics and Communication and Aerospace Technology, ICECA 2019*, Coimbatore, Tamil Nadu, India, 12–14 June 2019; pp. 205–210.
114. Pasika, S.; Gandla, S.T. Smart water quality monitoring system with cost-effective using IoT. *Heliyon* 2020.
115. Yang, W.; Wei, X.; Choi, S. A Dual-Channel, Interference-Free, Bacteria-Based Biosensor for Highly Sensitive Water Quality Monitoring. *IEEE Sens. J.* 2016, 16, 8672–8677.
116. Chen, Y.; Han, D. Water quality monitoring in smart city: A pilot project. *Autom. Constr.* 2018, 89, 307–316.

117. Esmaeilian, B.; Wang, B.; Lewis, K.; Duarte, F.; Ratti, C.; Behdad, S. The future of waste management in smart and sustainable cities: A review and concept paper. *Waste Manag.* 2018, 81, 177–195.
118. Folianto, F.; Low, Y.S.; Yeow, W.L. Smartbin: Smart waste management system. In *Proceedings of the 2015 IEEE 10th International Conference on Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing, ISSNIP 2015, Singapore, 7–9 April 2015*; pp. 1–2.]
119. Medvedev, A.; Fedchenkov, P.; Zaslavsky, A.; Anagnostopoulos, T.; Khoruzhnikov, S. Waste Management as an IoT-Enabled Service in Smart Cities. In *Proceedings of the 15th International Conference, NEW2AN 2015, and 8th Conference, ruSMART 2015, St. Petesburg, Russia, 26–28 August 2015*; pp. 104–115.
120. Bharadwaj, a.S.; Rego, R.; Chowdhury, A. IoT Based Solid Waste Management System. In *Proceedings of the 2016 IEEE Annual India Conference (INDICON), Bangalore, Karnataka, India, 16–18 December 2016*; pp. 1–6.
121. Abdullah, N.; Alwesabi, O.A.; Abdullah, R. IoT-based smart waste management system in a smart city. In *Advances in Intelligent Systems and Computing*; Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 2019; Volume 843, pp. 364–371.
122. Aiswatha, J.; Pankajakshan, A.; Nair, A.M.; Taha, A.B. Garbage monitoring robot. *Proc. AIP Conf.* 2020.
123. Lozano, Á.; Caridad, J.; De Paz, J.F.; González, G.V.; Bajo, J. Smart waste collection system with low consumption LoRaWAN nodes and route optimization. *Sensors* 2018, 18, 1465.
124. Jagtap, S.; Gandhi, A.; Bochare, R.; Patil, A.; Shitole, A. Waste Management Improvement in Cities using IoT. In *Proceedings of the 2020 International Conference on Power Electronics and IoT Applications in Renewable Energy*

and Its Control, PARC 2020, Mathura, Uttar Pradesh, India, 28–29 February 2020; pp. 382–385.

125. Kang, K.D.; Kang, H.; Ilankoon, I.M.; Chong, C.Y. Electronic waste collection systems using Internet of Things (IoT): Household electronic waste management in Malaysia. *J. Clean. Prod.* 2020, 252, 119801.
126. Tripathi, D.K.; Dubey, S.; Agrawal, S.K. Survey on IOT based smart waste bin. In *Proceedings of the 2020 IEEE 9th International Conference on Communication Systems and Network Technologies, CSNT 2020*, Gwalior, India, 10–12 April 2020; pp. 140–144.
127. Memon, S.K.; Shaikh, F.K.; Mahoto, N.A.; Memon, A.A. IoT based smart garbage monitoring & collection system using WeMos & Ultrasonic sensors. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Computing, Mathematics and Engineering Technologies (iCoMET)*, Sukkur, Pakistan, 30–31 January 2019; pp. 1–6.
128. Raj, J.R.; Rajula, B.I.P.; Tamilbharathi, R.; Srinivasulu, S. AN IoT Based Waste Segregator for Recycling Biodegradable and Non-Biodegradable Waste. In *Proceedings of the 6th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems, ICACCS 2020*, Coimbatore, Tamil Nadu, India, 6–7 March 2020; pp. 928–930.
129. De Paz, J.F.; Bajo, J.; Rodríguez, S.; Villarrubia, G.; Corchado, J.M. Intelligent system for lighting control in smart cities. *Inf. Sci.* 2016, 372, 241–255.
130. International Energy Agency. CO2 Emissions From Fuel Combustion—Overview 2017; IEA: Washington, DC, USA, 2017; ISBN 978-92-64-27819-6.]
131. Mogro, A.; Huertas, J. Assessment of the effect of using air conditioning on the vehicle’s real fuel consumption. *Int. J. Interact. Des. Manuf.* 2021, 15, 271–285.

132. Quirama, L.F.; Giraldo, M.; Huertas, J.I.; Jaller, M. Driving cycles that reproduce driving patterns, energy consumptions and tailpipe emissions. *Transp. Res. Part D Transp. Environ.* 2020, 82, 102294.
133. Giraldo, M.; Huertas, J.I. Real emissions, driving patterns and fuel consumption of in-use diesel buses operating at high altitude. *Transp. Res. Part D Transp. Environ.* 2019, 77, 21–36.
134. Geng, Y.; Ji, W.; Wang, Z.; Lin, B.; Zhu, Y. A review of operating performance in green buildings: Energy use, indoor environmental quality and occupant satisfaction. *Energy Build.* 2019, 183, 500–514.
135. Suryadevara, N.K.; Mukhopadhyay, S.C.; Kelly, S.D.T.; Gill, S.P.S. WSN-based smart sensors and actuator for power management in intelligent buildings. *IEEE/ASME Trans. Mechatron.* 2015, 20, 564–571.
136. Ejaz, W.; Muhammad, N.; Shahid, A.; Jo, M. Efficient Energy Management for Internet of Things in Smart Cities. *IEEE Commun. Mag.* 2016, 55, 84–91.
137. Ploennigs, J.; Ahmed, A.; Hensel, B.; Stack, P.; Menzel, K. Virtual sensors for estimation of energy consumption and thermal comfort in buildings with underfloor heating. *Adv. Eng. Inform.* 2011, 25, 688–698.
138. Li, H.; Hong, T.; Lee, S.H.; Sofos, M. System-level key performance indicators for building performance evaluation. *Energy Build.* 2020, 209, 109703.
139. Kumar, A.; Singh, A.; Kumar, A.; Singh, M.K.; Mahanta, P.; Mukhopadhyay, S.C. Sensing Technologies for Monitoring Intelligent Buildings: A Review. *IEEE Sens. J.* 2018, 18, 4847–4860.
140. Akhter, F.; Khadivizand, S.; Siddiquei, H.R.; Alahi, M.E.E.; Mukhopadhyay, S. Iot enabled intelligent sensor node for smart city: Pedestrian counting and ambient monitoring. *Sensors* 2019, 19, 3374.
141. Jo, O.; Kim, Y.K.; Kim, J. Internet of Things for Smart Railway: Feasibility and Applications. *IEEE Internet Things J.* 2018, 5, 482–490.]

142. Xiong, J.; Li, F.; Zhao, N.; Jiang, N. Tracking and recognition of multiple human targets moving in a wireless pyroelectric infrared sensor network. *Sensors* 2014, 14, 7209–7228.
143. International Energy Agency, I. International Energy Agency. Available online: <https://www.iea.org/> (accessed on 15 May 2022).
144. Lau, S.P.; Merrett, G.V.; Weddell, A.S.; White, N.M. A traffic-aware street lighting scheme for Smart Cities using autonomous networked sensors. *Comput. Electr. Eng.* 2015, 45, 192–207.
145. Schaffers, H.; Komninos, N.; Pallot, M.; Trousse, B.; Nilsson, M.; Oliveira, A. Smart Cities and the Future Internet: Towards Cooperation Frameworks for Open Innovation. *Proc. Future Internet Conf.* 2011, 6656, 431–446.
146. Higuera, J.; Hertog, W.; Perálvarez, M.; Polo, J.; Carreras, J. Smart lighting system ISO/IEC/IEEE 21451 compatible. *IEEE Sens. J.* 2015, 15, 2595–2602.
147. Kelly, S.D.T.; Suryadevara, N.K.; Mukhopadhyay, S.C. Towards the implementation of IoT for environmental condition monitoring in homes. *IEEE Sens. J.* 2013, 13, 3846–3853.
148. Idwan, S.; Mahmood, I.; Zubairi, J.A.; Matar, I. Optimal Management of Solid Waste in Smart Cities using Internet of Things. *Wirel. Person. Commun.* 2020, 110, 485–501.
149. Huang, H.; Gong, T.; Ye, N.; Wang, R.; Dou, Y. Private and Secured Medical Data Transmission and Analysis for Wireless Sensing Healthcare System. *IEEE Trans. Ind. Inform.* 2017, 13, 1227–1237.
150. Cao, B.; Ge, Y.; Kim, C.W.; Feng, G.; Tan, H.; Li, Y. An Experimental Study for Inter-User Interference Mitigation in Wireless Body Sensor Networks. *Sens. J. IEEE* 2013, 13, 3585–3595.