

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

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

Кафедра комп'ютерних наук
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Дослідження розумних міст як складних інформаційно-технологічних систем

Виконав: студент VI курсу, групи СНмз-61
спеціальності 122 Комп'ютерні науки
(шифр і назва спеціальності)

Зав'ялова А.Д.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Дуда О.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Никитюк В.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Боднарчук І.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент Лечаченко Т.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2023

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)

« 27 » грудня 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня Магістр
(назва освітнього ступеня)

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

Студенту Зав'яловій Анжеліці Дмитрівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження розумних міст як складних інформаційно-технологічних систем

Керівник роботи Дуда Олексій Михайлович, к.т.н., доцент кафедри КН
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 24 » листопада 2023 року № 4/7-1098

2. Термін подання студентом завершеної роботи 28 грудня 2023р.

3. Вихідні дані до роботи Наукові публікації про «розумні міста», системи, інформаційні та комунікаційні технології в системах класу «розумне місто».

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

Вступ. 1. Аналіз предметної області «розумних міст». 2. Огляд «розумних міст» як складних систем. 3. Аналіз «розумних міст» як складних систем. 4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Додатки.

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

1 Титульна сторінка. 2 Тема, Мета, Об'єкт, Предмет дослідження. 3 Завдання дослідження.

4 Актуальність дослідження. 5 «Розумні міста». 6 Комплексна структура «розумного міста».

7. Проблеми розвитку «розумних міст». 8. Застосування теорії і моделей в «розумних містах».

9. Розумне місто як складна система підсистем (SoS). 10. Пропозиції щодо вдосконалення моделювання розумних міст на основі систем. 11. Висновки. 12. Завершальний слайд.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Сенчишин В.С., доцент		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	Клепчик В.М., ст. викладач		

7. Дата видачі завдання 24 листопада 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Ознайомлення з завданням до кваліфікаційної роботи	25.11.2023	Виконано
2.	Підбір наукових джерел про «розумні міста», системи, інформаційні та комунікаційні технології в системах класу «розумне місто».	26.11.2023-28.11.2023	Виконано
3.	Опрацювання наукових публікацій та збір даних по темі роботи	29.11.2023-1.12.2023	Виконано
4.	Виконання дослідження згідно мети кваліфікаційної роботи	2.12.2023-4.12.2023	Виконано
5.	Оформлення розділу «Аналіз предметної області «розумних міст»»	5.12.2023-7.12.2023	Виконано
6.	Оформлення розділу «Огляд «розумних міст» як складних систем»	8.12.2023-10.12.2023	Виконано
7.	Оформлення розділу «Аналіз «розумних міст» як складних систем	11.12.2023-13.12.2023	Виконано
8.	Виконання завдання до підрозділу «Охорона праці»	14.12.2023-15.12.2023	Виконано
9.	Виконання завдання до підрозділу «Безпека в надзвичайних ситуаціях»	16.12.2023-17.12.2023	Виконано
10.	Оформлення кваліфікаційної роботи	18.12.2023-19.12.2023	Виконано
11.	Нормоконтроль	19.12.2023-20.12.2023	Виконано
12.	Перевірка на плагіат	21.12.2023	Виконано
13.	Попередній захист кваліфікаційної роботи	22.12.2023	Виконано
14.	Захист кваліфікаційної роботи	28.12.2023	

Студент

(підпис)

Зав'ялова А.Д.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Дуда О.М.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Дослідження розумних міст як складних інформаційно-технологічних систем // Кваліфікаційна робота освітнього рівня «Магістр» // Зав'ялова Анжеліка Дмитрівна // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних наук, група СНмз-61 // Тернопіль, 2023 // С. 67, рис. – 7, табл. – 1, кресл. – 12, додат. – 2, бібліогр. – 92.

Ключові слова: інформаційні технології, системи підсистем, складна система, складність, розумне місто, функціонування.

Кваліфікаційна робота освітнього рівня «Магістр» присвячена дослідженню розумних міст як складних інформаційно-технологічних систем. В першому розділі кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Магістр» висвітлено історичні аспекти виникнення концепту «розумне місто». Подано визначення та застосування «розумного міста». Описано міські моделі та теорії. Розглянуто аспекти функціонування міст. Досліджено гуманітарні та соціотехнічні аспекти «розумних міст». В другому розділі кваліфікаційної роботи розглянуто складнощі орієнтованих на ІКТ рішень «розумних міст». Описана наука про складність і складні системи. Досліджено «розумні міста» як складні системи. Проаналізовано використання системних архетипів у моделюванні «розумних міст». В третьому розділі кваліфікаційної роботи описано теорію систем про «розумне місто». Розглянуто застосування теорії і моделей в «розумних містах». Проаналізовано розумне місто як системи підсистем. Висвітлено системні проблеми «розумних міст». Наведено складнощі системної моделі «розумного міста». Розглянуто складність цифрових двійників «розумних міст». Проаналізовано підсистеми систем «розумного міста». Подано пропозиції щодо вдосконалення моделювання «розумних міст» на основі систем. У розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» розглянуто сучасні інформаційні технології та їх вплив на людину. Описано здоровий спосіб життя людини та його вплив на професійну діяльність.

ANNOTATION

Research of Smart Cities as a complex information and technological systems // The educational level "Master" qualification work // Zav'ialova Anzhelika Dmytrivna // Ternopil Ivan Pulyuy National Technical University, Faculty of Computer Information Systems and Software Engineering, Department of Computer Science, SNmz-61 group // Ternopil, 2023 // P. 67, fig. – 7, tables – 1, posters – 12, annexes – 2, ref. – 92.

Key words: information technologies, systems of subsystems, complex system, complexity, smart city, functioning.

The qualification work of the Master's level of education is devoted to the study of smart cities as complex information and technological systems. In the first section of the qualifying work of the "Master's" educational level, the historical aspects of the emergence of the "smart city" concept are highlighted. The definition and application of "smart city" is given. Urban models and theories are described. Aspects of the functioning of cities are considered. The humanitarian and socio-technical aspects of "smart cities" have been studied. In the second section of the qualification work, the complexities of ICT-oriented solutions of "smart cities" are considered. The science of complexity and complex systems is described. "Smart cities" as complex systems have been studied. The use of system archetypes in the modeling of "smart cities" is analyzed. In the third section of the qualification work, the theory of systems about the "smart city" is described. The application of theory and models in "smart cities" is considered. The smart city is analyzed as a system of subsystems. The systemic problems of "smart cities" are highlighted. The complexities of the "smart city" system model are presented. The complexity of digital doubles of "smart cities" is considered. The subsystems of the "smart city" systems were analyzed. Proposals for improving system-based modeling of smart cities are presented. The section "Occupational protection and safety in emergency situations" examines modern information technologies and their impact on people. A healthy lifestyle of a person and its influence on professional activity are described.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ІКТ – інформаційні та комунікаційні технології.

ШІ – Штучний інтелект.

AI (англ. Artificial intelligence) – Штучний інтелект.

ANN (англ. Artificial Neural Networks) – Штучні нейронні мережі.

BD (англ. Big Data) – Великі дані.

BDA (англ. Big Data Analytics) – аналітичне опрацювання великих даних.

CPS (англ. Cyber Physical System) – Кіберфізична система.

ML (англ. Mashine Learning) – Машинне навчання.

SoS (англ. System of Systems) – Система систем.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ «РОЗУМНИХ МІСТ».....	9
1.1 Історичні аспекти виникнення концепту «розумне місто»	9
1.2 «Розумне місто» – визначення та застосування	10
1.3 Міські моделі та теорії	13
1.4 Функціонування міст	15
1.4.1 Міста в стані дисбалансу	16
1.4.2 Міста в динамічній рівновазі	16
1.4.3 Міста в адаптації	17
1.5 Гуманітарні та соціотехнічні аспекти «розумних міст».....	18
1.5.1 Проблеми розвитку «розумних міст»	19
1.6 Висновок до першого розділу	21
2 ОГЛЯД «РОЗУМНИХ МІСТ» ЯК СКЛАДНИХ СИСТЕМ.....	22
2.1 Складнощі орієнтованих на ІКТ рішень «розумних міст»	22
2.2 Наука про складність і складні системи	24
2.3 «Розумні міста» як складні системи	26
2.4 Використання системних архетипів у моделюванні «розумних міст»	28
2.5 Висновок до другого розділу	36
3 АНАЛІЗ «РОЗУМНИХ МІСТ» ЯК СКЛАДНИХ СИСТЕМ	37
3.1 Теорія систем про «розумне місто».....	37
3.2 Застосування теорії і моделей в «розумних містах».....	40
3.3 Розумне місто як системи підсистем.....	43
3.4 Системні проблеми «розумних міст»	45
3.5 Складнощі системної моделі «розумного міста»	46
3.6 Складність цифрових двійників «розумних міст»	48
3.7 Підсистеми систем «розумного міста»	51
3.8 Пропозиції щодо вдосконалення моделювання розумних міст на основі систем.....	52

3.9 Висновок до третього розділу	53
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	54
4.1 Сучасні інформаційні технології та їх вплив на людину	54
4.2 Здоровий спосіб життя людини та його вплив на професійну діяльність	56
4.3 Висновок до четвертого розділу	58
ВИСНОВКИ.....	59
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ.....	60
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Актуальність теми. За даними ООН, у 2050 році майже 70% населення світу буде проживати в містах. Це означає, що міста будуть зіграти все більш важливу роль у житті суспільства. Міське населення очікує, що міста будуть забезпечувати безпечне, комфортне та зручне середовище для життя. Тому зростають вимоги до якості життя в містах. Розвиток інформаційних та комунікаційних технологій, відкриває нові можливості для вирішення міських задач. «Розумні міста» – це міста, які використовують інформаційні та комунікаційні технології для підвищення якості життя своїх мешканців. Вони включають в себе широкий спектр технологій, сенсори, системи спостереження, мобільні пристрої та засоби на основі штучного інтелекту.

Дослідження «розумних міст» як складних інформаційно-технологічних систем є актуальним, оскільки дає змогу зрозуміти принципи їх функціонування, оцінити ефективність використання інформаційних та комунікаційних технологій, розробляти нові технології для створення «розумних» послуг та сервісів. Результати дослідження можуть бути використані для розробки та впровадження нових систем інфраструктури для розумних міст. Вони також можуть бути використані для підвищення ефективності використання ІКТ у містах.

Мета і задачі дослідження. Метою даної кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Магістр» є підвищення рівня повноти подання інформації щодо системної інтеграції інформаційних та комунікаційних технологій в «розумних містах». Для досягнення поставленої мети потрібно виконати ряд завдань, зокрема:

- проаналізувати зв'язок і застосування міських моделей і теорій для розуміння розумних міст як складних систем підсистем;
- описати різні типи міської динаміки та різні системні принципи міського функціонування;
- дослідити основні виклики розвитку розумних міст, а також системні проблеми «розумних міст».

Об'єкт дослідження. Розумні міста як складні інформаційно-технологічні системи, які забезпечують покращення якості життя мешканців та управління містом.

Предмет дослідження. Розумні міста як складні інформаційно-технологічні системи: архітектура, технології, методи та інструменти.

Наукова новизна одержаних результатів. Розроблено пропозиції щодо вдосконалення моделювання розумних міст на основі систем.

Практичне значення одержаних результатів. Виконано аналіз застосування теорії і моделей в «розумних містах».

Апробація результатів магістерської роботи. Основні результати проведених досліджень обговорювались на X науково-технічній конфіції «Інформаційні моделі, системи та технології» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (м. Тернопіль, 2022 р.).

Публікації. Основні результати кваліфікаційної роботи опубліковано у двох працях конференції (Див. додатки А).

Структура й обсяг кваліфікаційної роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури з 92 найменувань та 2 додатків. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи складає 67 сторінок, з них 46 сторінок основного тексту, який містить 7 рисунків та одну таблицю.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ «РОЗУМНИХ МІСТ»

1.1 Історичні аспекти виникнення концепту «розумне місто»

З середини 19 століття до початку 20 століття друга промислова революція у Великобританії, континентальній Європі, Північній Америці та Японії розширила комерційні можливості в містах, призвела до швидкої урбанізації, що призвело до збільшення забруднення, проблем зі здоров'ям, рівня злочинності та питань безпеки. та одночасне навантаження на ресурси міст. Зі збільшенням взаємозв'язку в містах безпрецедентними темпами складність зростає, і з'явилися негативні наслідки. Деякі з цих небажаних побічних ефектів, які ми спостерігали досі, включають натовп, пробки, розростання міст тощо. Зміна клімату та фінансова криза є прикладами деяких непередбачуваних наслідків незапланованої урбанізації [1]. Розвиток «розумних міст» є рішенням для вирішення вищезазначених проблем. Для планування стратегій «розумного міста» та стійкого міського зростання використовуються передові технології для надання послуг громадянам та для управління міським середовищем [2].

За останні кілька десятиліть концепція «розумних міст» пройшла три фази:

- покращення інфраструктури будівель;
- забезпечення безпеки для здоров'я та підвищення ефективності;
- використання рішень ІКТ.

ІКТ-рішення були впроваджені для надання інформаційних послуг цивільним, державним і приватним організаціям і подолання бар'єрів обміну даними між різними організаціями [3].

Наприкінці 1990-х років, з розвитком сучасних технологій, «розумні міста» були зосереджені на [4]:

- приладах для посилення потенціалу інструментів збору інформації;
- взаємозв'язках для підтримки трафіку інформації;
- інтелекті в обробці даних;
- аналізі зібраних і переданих даних.

Швидке розгортання ІКТ призвело до масово взаємопов'язаних елементів «розумних міст». Ці елементи утворюють складну систему, і емерджентну поведінку елементів будь-якої складної системи не можна розуміти ізольовано, оскільки різні підсистеми динамічно взаємодіють одна з одною впродовж тривалого часу за допомогою нелінійних взаємодіючих петель зворотного зв'язку [5]. Наука про складність – це не одна теорія, а сукупність різноманітних теорій і концептуальних інструментів із різних дисциплін. У 1950-х роках із застосуванням загальної теорії систем і кібернетики в соціальних науках вчені формально почали розглядати міста як систему. Основною ідеєю цього розгляду були концепції контролерів і контурів зворотного зв'язку для керування системою для досягнення бажаних цілей. Однак це міркування вимагало більш суттєвих втручань, ніж будь-що, що було представлено раніше у сфері міського планування [6].

Спонтанна адаптація та організація складних систем призводять до нових форм поведінки. Щоб скористатися перевагами цієї позитивної сторони складних систем, нам потрібно зрозуміти взаємодію між різними вимірами «розумних міст», які породжують нові форми поведінки, а не окремі компоненти. Тому доцільно зосередитись на представленні системної перспективи «розумних міст».

1.2 «Розумне місто» – визначення та застосування

На даний час бачення «розумного міста» полягає в тому, щоб побудувати міський центр, який може забезпечити за допомогою сучасних електронних пристроїв та інфраструктури:

- безпеку;
- екологічно чисте середовище;
- ефективні медичні послуги;
- економічне зростання громадян.

У «розумних містах» ІКТ-рішення використовуються для збору інформації з кількох джерел, таких як пристрої громадян, сенсорні мережі, дорожній рух та

інші системи для розробки застосунків, які покращують міські послуги, такі як охорона здоров'я, боротьба зі стихійними лихами, управління, громадська безпека, моніторинг навколишнього середовища [1].

Концепція «розумних міст» не є унікальною і була описана різними способами в літературі. У науковій літературі та міжнародній політиці впродовж останніх двох десятиліть стало досить популярним поняття «розумне місто» [7]. Хоча ця фраза широко використовується, важко досягти консенсусу щодо її значення. Немає універсальної моделі створення «розумного міста», а також єдиного визначення того, що таке «розумне місто», яке б застосовувалося до всіх ситуацій. За даними Міжнародного союзу телекомунікацій (ITU), існує понад сотня визначень «розумного міста» [8]. Для розвитку розумного міста ми повинні впроваджувати ІКТ-рішення для економічного та міського зростання із залученням громадян та уряду [9]. Автори [10] описали бачення «розумного міста» як впровадження «розумної» мобільності, економічного зростання та високої якості життя громадян. Для побудови «розумного міста» ми повинні забезпечити безпеку за допомогою моніторингу, забезпечити високу якість життя та інтегрувати всю інфраструктуру для оптимізації ресурсів і технічного обслуговування [11].

Однією з головних причин відсутності згоди щодо того, що таке «розумне місто», є те, що ця фраза використовується для двох різних областей, а саме фізичної (жорсткої) та соціокомунікаційної (м'якої) інфраструктури. Зокрема, було продемонстровано, що ІКТ можуть відігравати значну роль у роботі систем у складних областях, таких як будівлі, енергетичні мережі, природні ресурси, управління водними ресурсами, управління відходами, транспортування та логістика [12]. Освіта, культура, соціальна інтеграція та управління є прикладами м'яких сфер, де використання ІКТ може бути не таким важливим, як у жорстких сферах [13].

Дослідження, проведене Центром регіональної науки Віденського технологічного університету, визначило шість основних вимірів «розумного міста», а саме:

- «розумну» економіку;

- «розумну» мобільність;
- «розумне» середовище;
- «розумні» громадяни;
- «розумне життя»;
- «розумне» урядування.

Це дає корисну основу для вибору параметрів, зважаючи на ресурси та кінцеві цілі «конкретного міста». Коротко пояснимо кожен із цих параметрів:

- «Розумна» економіка – це інноваційні рішення, пов’язані з ІКТ на ринку праці, що підтримують високий рівень продуктивності в містах [3].

- «Розумна» мобільність: високошвидкісні мережі зв’язку в місті з підтримкою ІКТ-інфраструктури.

- «Розумне» довкілля – це оптимізоване споживання енергії за допомогою відновлюваних джерел енергії.

- «Розумні» громадяни – це суспільство, відкрите для навчання та здійснення дій, які сприяють підвищенню якості життя.

- «Розумне» життя – це доступ до соціальної інфраструктури, громадських послуг, культурних, технічних і дозвіллевих просторів.

- «Розумне» урядування – оптимальне державне адміністрування та менеджмент між різними агенціями, що практикують технології [14].

Розвиток «розумного міста» вимагає належного планування та впровадження законів, політики, фінансових стратегій та етичних цінностей під егідою уряду. Роль уряду не обмежується лише виконанням законів. Вжиття заходів щодо перевірки ефективності роботи кожного відділу, покращення якості життя громадян, спостереження за дефіцитом регіону також є обов’язками розумного урядування. Якщо департамент або регіон демонструють безперервний занепад, їм слід переглянути політику та закони для конкретної сфери, що викликає занепокоєння. Також необхідна трансформація цифрової інфраструктури відповідно до вимог. Наука про міста на основі моделей і теорій, які використовуються для моделювання міст базуються на концепції рівноваги. На думку деяких дослідників, основи високорозвинутих міст базуються не тільки на технічних рішеннях.

1.3 Міські моделі та теорії

Трансляція теорії функціонування міст у математичну модель, калібрування та перевірка моделі для розробки алгоритмів називається міським моделюванням. Спочатку міста розглядалися як стабільні структури, які спостерігали розвиток як моноцентричну модель навколо периферії домінуючої функції центру. Міські моделі виникли через політичні імперативи в контексті технологій, що роблять можливим моделювання, наприклад, для вирішення транспортних проблем у містах.

Теорія розташування, теорії з геометрії та соціальної фізики домінували в перспективі рівноваги в міському моделюванні. Оптимізаційні моделі, засновані на теорії розташування, спираються на міські економічні моделі. Міські моделі, натхненні соціальною фізикою, виникли через політичні імперативи. Навпаки, просторова морфологія використовувала ідеї форми та структури з геометрії. Моделі стають більш описовими, менш спрямованими на вирішення проблем і, отже, не орієнтованими на політику.

У 1964 році Алонсо був першим, хто офіційно сформулював економічну теорію міста, відому як нова міська економіка. Автори [15] представили практичний каталог методів, заснований на ідеях просторової взаємодії, натхнених макроекономічними моделями, такими як аналіз витрат-виходів і соціальна фізика. Впродовж 1970-х і 1980-х років сукупна статична процедура теоретизування та моделювання мотивувала перехід до дезаггрованих видів діяльності, у яких планування зосереджувалося на децентралізованій міській динаміці знизу вгору, яка має справу з внутрішніми процесами змін, такими як хаос і теорія біфуркацій, досліджуючи швидкі та хаотичні цикли. в міських явищах. Наприкінці 19 століття підхід, заснований на агентах, переніс фокус на агентів дуже мікрорівня [16]. Пізніше ці ідеї щодо включення нових шаблонів надихнули моделі для аналізу систем у системі.

Теорія розташування, яка виникла наприкінці 19 століття, базується на принципі «що є де». «Що» стосується будь-якої можливої економічної діяльності, яка включає житло, магазини, заводи чи громадські об'єкти. «Де»

стосується таких областей, як міста, райони, політичні органи чи митні союзи. Моделі, засновані на теорії розташування, мають на меті продемонструвати, чому конкретні види економічної діяльності вважають за краще розташовуватися в різних місцях.

Цей клас моделі в першу чергу стосується того, як зайнятість і населення розташовані в міських районах. Він також зосереджується на просторових взаємодіях між локаціями в поперечному перерізі в часі, щоб імітувати рівноважну поведінку міста.

Використовуючи аналогії з класичної фізики Ньютона, моделювання просторової взаємодії фіксує нелінійне логістичне зростання та включає взаємодії від переміщень між різними просторовими розташуваннями людей, товарів та інформації до міграції між містами. Останнім часом фізику використовували для включення ідей складності, які виявляються в самоорганізації, масштабуванні та динаміці, далекій від рівноваги.

Модель стільникових автоматів, просторово дезаггредована та створена на двовимірній решітці комірок, де землекористування представлено кожною коміркою, а процеси змін визначаються поблизу будь-якої локальної комірки. Еволюція та поява глобальних закономірностей спостерігаються через кілька окремих етапів.

У 1980-х роках клас агентних моделей виник як висхідний підхід. Він представляє дії та взаємодію адаптивних агентів, оскільки базується на об'єктах на елементарному рівні, щоб відобразити їхню поведінку в часі та просторі. Таким чином, увага зосереджена на виникаючих просторових моделях із самого мікрорівня в часі.

Одним із підходів до пояснення та дослідження складних систем є мережева аналітика, яка зосереджена на асоціаціях між акторами. Наука про мережі широко використовується в міських дослідженнях і зосереджена на взаємодії між окремими людьми та іншими системами. Наприклад, робота Маркуса Шлепфера побудувала узагальнену модель шаблонів і потоків відвідування місць для зображення масштабу потреб і діяльності [5].

Луїс Беттанкур, вчений з Лос-Аламоської національної лабораторії, і Джеффри Вест, видатний професор Інституту Санта-Фе, демонструють виникнення міст і з системної точки зору кількісно демонструють, як ціле більше, ніж сума його частин [17]. Цей підхід розглядає місто як організм, який росте в розмірах, використовує енергію та створює відходи. У їхній роботі в результаті соціальних взаємодій між агентами міста демонструють макроскопічні надлінійні шаблони масштабування соціально-економічних властивостей. Бетті підкреслив першооснову науки про складність аналізу міст і продемонстрував, що міста складаються з потоків людей, товарів, послуг та інформації в різноманітних культурних, фізичних і цифрових мережах [15].

Відповідно до дезагрегованого рівня, міста є наслідками взаємодії між адаптивними агентами. Особи та організації постійно взаємодіють, стикаються з бар'єрами, приймають рішення та відповідно адаптуються. Агенти сприймають і реагують на навколишнє середовище та своїх товаришів, таким чином беручи участь у зворотному зв'язку з політичними втручаннями, які формують їхнє сприйняття життя.

1.4 Функціонування міст

Основні урбаністичні теорії, які домінували в міському моделюванні, базуються типах рівноваги [18]. Хронологія цих теорій показана на рисунку 1.1.

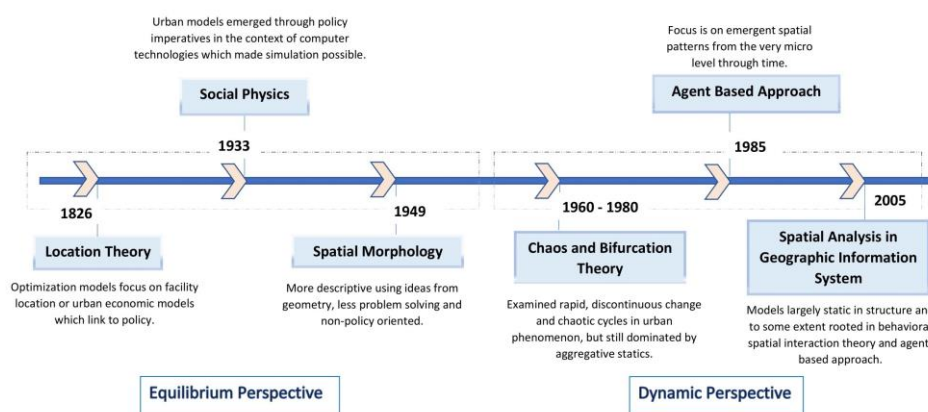


Рисунок 1.1 – Хронологія основних теорій моделювання міст від прогнозів до розуміння та інновацій.

1.4.1 Міста в стані дисбалансу

Майкл Бетті заявив, що ймовірно, що система може одночасно перебувати в стані рівноваги, поза рівновагою, у стані порушення рівноваги та далеко від рівноваги. Отже, все, що відхиляється від стаціонарного стану, можна назвати порушенням рівноваги [15]. Крім того, концепція рівноваги може різко змінюватися в залежності від її застосування. Наприклад, у лондонському Сіті, де будівлі постійно реконструюються, і де населення постійно різко змінюється за складом і типом, фізична структура залишалася помірно стабільною щодо структури вулиць. Бетті вважав особливий вид рівноваги, який підтримується в діях за порядок проти хаосу, щодо того, як міста використовують енергію та привносять інновації. Цю ідею системи, яка далека від рівноваги, можна найкраще зрозуміти в її фізичній формі [16]. Розгадування динаміки міста показує, що уявлення про міста в рівновазі є поверхневим сприйняттям, оскільки рівновага має сенс лише тоді, коли ми думаємо про міста фізично. Численні протидіючі сили, які породжують різні часові та просторові масштаби, створюють неоднорідні функції та мінливу міську форму. Теорія катастроф і хаосу допомагає зрозуміти розривність і далекі від рівноваги міські структури [18]. У зв'язку з цим Бетті дійшов висновку, що міські події не пов'язані з фізичною формою міста, як це видно в сучасному світі, немає синхронізації між тим, що відбувається з антропогенним середовищем у місті, та коливаннями в поведінці, діяльності та моделях людей, рух [16].

1.4.2 Міста в динамічній рівновазі

Розвиток міст може продемонструвати неінтуїтивну динамічну поведінку. Це яскраво продемонстрував Джей Форрестер, засновник галузі системної динаміки. Наприклад, Форрестер показав, що недороге житло та програми навчання для тих, хто працює неповно, можуть сприяти виродженню міського середовища. З іншого боку, створення можливостей для працевлаштування шляхом заміни нетрів промисловістю може призвести до бажаних

довгострокових тенденцій. Модель міської динаміки Форрестера показує, що міські проблеми (нестача житла або безробіття) є результатом внутрішніх сил і не можуть бути вирішені за допомогою зовнішніх симптомів [19]. Будь-яка програма розвитку міста впливає на стабільність системи в цілому, незважаючи на потенціал окремої програми. Форрестер також підкреслив, що прагнення покращити всі аспекти міста призведе до неминучої проблеми залучення більшої кількості людей, ніж місткість міст [19]. Він назвав це принципом привабливості. Він запропонував, щоб міське планування зосередилося на збалансуванні позитивних і негативних аспектів міського життя. Коригування окремих елементів привабливості міста, гарантуючи незмінність загальної привабливості міста, може допомогти досягти розвитку міста.

1.4.3 Міста в адаптації

Міста стимулюють соціальні взаємодії та складні обміни людьми, де процеси зворотного зв'язку призводять до протилежної поведінки. Існує постійна адаптація, а не рівновага, як Бетанкур і Вест представляють через наукове розуміння динаміки, зростання та еволюції міст, передбачувано та кількісно [20]. Їхні основні висновки ґрунтуються на таких законах масштабування, як те, що чим більше місто, тим більше середній громадянин володіє та використовує. У середньому, коли розмір міста систематично збільшується на душу населення, соціально-економічні показники, такі як заробітна плата, вироблені патенти, валовий внутрішній продукт, навчальні заклади збільшуються приблизно на 15% більше, ніж очікуване лінійне зростання. Відповідно до того ж правила 15% зростають затори, злочинність і хвороби [17]. Вони показують, що оскільки міста міцні, досягнутий успіх зберігається десятиліттями, але може бути й зворотне [17]. Таким чином, політики повинні покращити ефективність міста відповідно до базових показників для їх розміру, визначених законами масштабування.

1.5 Гуманітарні та соціотехнічні аспекти «розумних міст»

У багатьох дискусіях, пов'язаних із «розумними містами», взагалі ігноруються важливі міркування, наприклад сутність соціального капіталу або довіра між окремими людьми та спільнотами рідко обговорюються. Дуже часто «розумне місто» представляється нам як механічна система, яка не враховує гуманістичних елементів, які привносять колір, шум, видовища та звуки в те, що інакше було б роботизованою бездушною структурою. Більш важливим є те, що поняття інклюзії, здається, було відкинуто. Чи будуюмо ми міста для людей, які можуть купувати смартфони, планшети та підключені до Інтернету речей гаджети, чи ми створюємо міста для всіх [13]? Попередні дослідження показали, що технологія може бути палкою з двома кінцями, і її можна використовувати для полегшення людського розвитку або збити з колії та перешкодити йому [21]. На щастя, зі зростанням інтересу до ШІ, орієнтованого на людину, зростає інтерес до розвитку майбутніх «розумних міст», орієнтованих на людину [22]. Деякі основні характеристики та пов'язані з ними аспекти «розумних міст» зображені на рисунку 1.2.

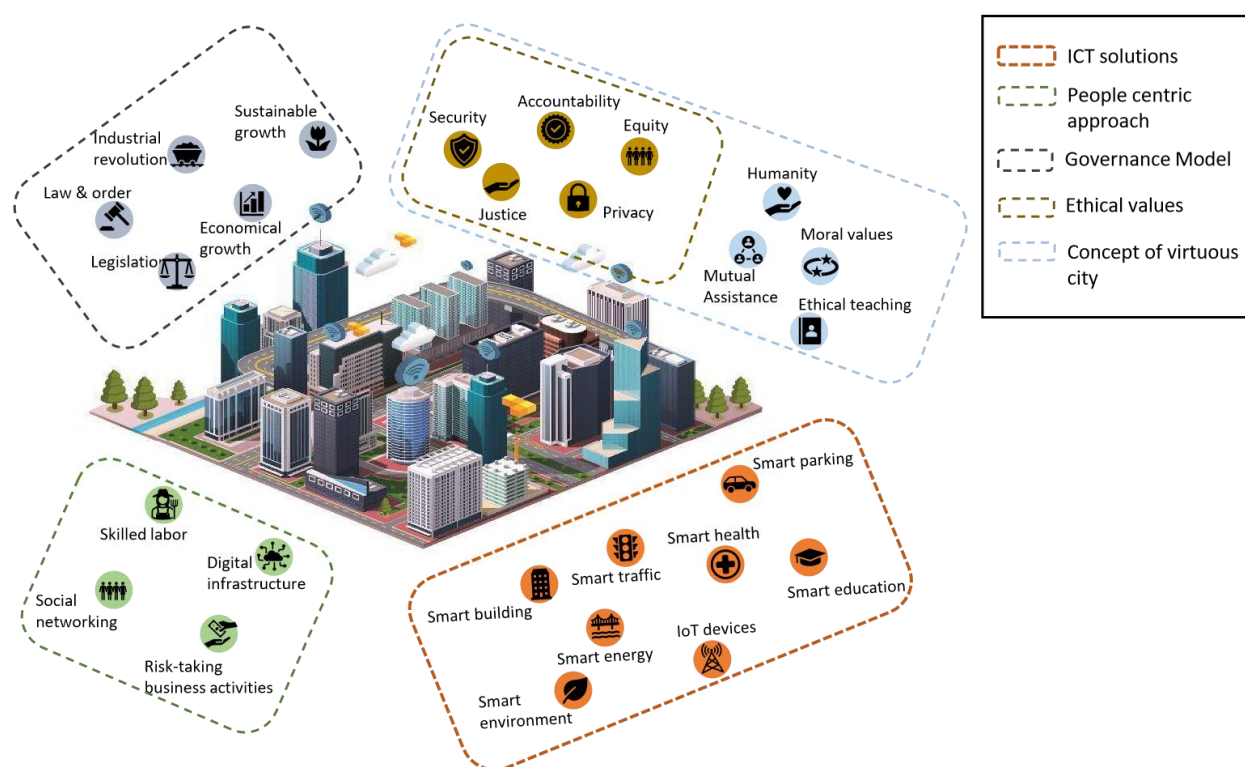


Рисунок 1.2 – Комплексна структура «розумного міста» [23]

Концепція «розумного міста» не обмежується лише впровадженням ІКТ-рішень.

1.5.1 Проблеми розвитку «розумних міст»

З безперервним зростанням міст потребують ретельного розгляду їхні проблеми. Незважаючи на те, що більша частина світового ВВП створюється в містах, не все, що відбувається в містах, вказує на зовнішні ефекти. У містах наполегливо присутні нерівність, забруднення та значний рівень злочинності. Якщо ці проблеми істотно не вирішити, наслідки будуть жахливими [24]. Наведено деякі основні проблеми розумних міст.

Відсутність моделі управління. «Розумні міста» часто називають цифровими або інтелектуальними містами. Через відмінності у визначенні «розумного міста» містобудівники розробили багато теоретичних і технічних положень. На жаль, незважаючи на різноманітні ініціативи та наявність передових технологій, у побудові «розумних міст» досягнуто недостатньо. Основним обмеженням у реалізації бачення «розумних міст» є відсутність уваги до багатовимірної операційної природи міст.

Регулювання, планування, фінансування та управління містом є складним завданням через залучення багатьох зацікавлених сторін із різними залежностями та взаємозалежностями [25]. Розробка моделі державного управління є одним із головних завдань для застосування розумного управління в «розумних містах». Поєднання політики «зверху вниз» із зусиллями «знизу вгору» є складним завданням для того, щоб зробити моделі управління більш гнучкими. Демографічні трансформації та територіальна солідарність також необхідні для вдосконалення моделей управління.

Відсутність моделі урбанізації. Розвиток продуктивних ринків і галузей є головним викликом для «розумної» економіки. Замість того, щоб зосереджуватися лише на одному секторі економіки, проектування багатосекторної економіки допоможе зробити міста стійкими до криз [23]. Належне дослідження умов, які спричиняють міську агломерацію та

взаємозв'язки їхніх галузей, також може покращити стійкість до економічних спадів.

Дефіцит ресурсів. Наявність чистої питної води та гігієнічної їжі стала серйозною проблемою для міст через швидку зміну клімату. У найближчі роки дефіцит води зростатиме, що може мати негативні наслідки для сільськогосподарського виробництва [23]. Основними причинами дефіциту ресурсів у містах є поганий стан водопостачання та енергетичних мереж. З розвитком нових мереж постачання, підвищення ефективності існуючої структури постачання також вимагається для мінімізації дискримінації в розподілі основних ресурсів.

Відсутність соціального забезпечення. Взаємозв'язок пристроїв ІКТ дає змогу багатьом сторонам отримувати доступ до інформації та даних громадян. Численні зацікавлені сторони, які роблять внесок у розвиток розумних міст, використовують дані, тому кожна особа, яка використовує цифрові засоби, ризикує маніпулювати даними [23]. Існує розбіжність між стандартами конфіденційності через різні пріоритети кожної асоціації. «Розумні міста» повинні брати до уваги питання конфіденційності під час регулювання даних.

Бідність і нерівність. Бідність і незахищеність є головними проблемами, які спричиняють втрату спроможності залучати нові підприємства та таланти. Нестабільність уряду, порушення законів, корупція та соціальна поляризація також є основними проблемами, що спричиняють падіння бізнесу. Для багатообіцяючого світлого майбутнього «розумного міста» необхідне покращення соціально-побутових умов [23].

Інноваційне середовище. Ще однією складністю є створення інноваційного середовища для міста з особливим акцентом на Індустрію 4.0, а також залучення талантів і капіталу. Важливою темою є те, як побудувати розумну, стабільну спільноту, яка може ділитися інформацією, яка може залучати та утримувати творчі уми, підприємців і інноваторів, а також зменшувати витрати. Пов'язаною проблемою є надання дешевого житла для розміщення бази талантів, коли ціни на нерухомість починають зростати в результаті збільшення попиту на вищу якість життя в міських районах [13].

Прозорливе політичне лідерство. Враховуючи проблеми, які включають бюрократичну неузгодженість, проблеми конфіденційності, брак коштів і недостатню обізнаність про те, що можливо для досягнення успіху, далекоглядне політичне керівництво на всіх рівнях є важливим. Це керівництво повинно мати всебічне знання потенціалу та технічну компетентність для оцінки переваг і небезпек. Головне, ми хочемо, щоб лідери були здатні діагностувати проблему, розуміти технологію та відкрито й чесно повідомляти своїм командам і зацікавленим сторонам як витрати, так і переваги. Вони також повинні бути готові впоратися з політичною негативною реакцією з боку частини громадськості, якщо це необхідно.

1.6 Висновок до першого розділу

В першому розділі кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Магістр» висвітлено історичні аспекти виникнення концепту «розумне місто». Подано визначення та застосування «розумного міста». Описано міські моделі та теорії. Розглянуто аспекти функціонування міст. Досліджено гуманітарні та соціотехнічні аспекти «розумних міст».

2 ОГЛЯД «РОЗУМНИХ МІСТ» ЯК СКЛАДНИХ СИСТЕМ

2.1 Складнощі орієнтованих на ІКТ рішень «розумних міст»

Розробка алгоритму – це не просто технічне завдання. Техніки, які використовуються в алгоритмах машинного навчання, не піддаються сумніву, а інформаційні потоки формуються під час збору даних і враховують поточну політику. Наприклад, поліцейські дані включають діяльність поліції та тенденції запитів на послуги замість злочинів. Тому, враховуючи той факт, що алгоритми ML покладаються на історичні дані, ми не можемо довіряти прогнозами алгоритмів для прийняття муніципальних рішень, які мають величезний вплив на політичні результати суспільства, оскільки «більш фундаментальною, ніж упередженість даних, є політика, вбудована в алгоритми» [26].

Незважаючи на те, що здається, що алгоритми ML не роблять припущень про світ, керовані даними алгоритми часто включають пріоритети, переконання та вибір своїх творців. Рішення або зосередитися на ігноруванні хибнопозитивного результату, або повністю хибнонегативного результату може змінити або зламати модель. Результати моделей ML базуються на характеристиках, які вводяться в модель для визначення минулих результатів. Навчальні дані, що містять зразки історичних даних, класифіковані за категоріями, складають основу алгоритмів ML, які використовуються в розумному місті. Проблема полягає тут, оскільки минулі результати не завжди є нейтральними, а дані зображують соціальні контексти. Небезпека стає більш інтенсивною, коли уряди використовують алгоритм прийняття рішень. Оскільки це дає значні повноваження непідзвітним розробникам системи диктувати муніципальні пріоритети. Алгоритмічні рішення здаються лише технічним вибором; але коли на дані впливають розробники з точки зору вибору, цінностей і суджень про те, які вхідні фактори з даних включено, це значно впливає на державну політику.

Автори [13] стверджували, що поняття «розумного міста» не повинно обмежуватися розгортанням лише найсучасніших технологій у міських районах.

Вони припустили, що компоненти, які складають «розумне місто», будуються на перспективній комбінації людського капіталу – наприклад, кваліфікована робоча сила, інфраструктурного капіталу – високотехнологічні засоби зв'язку, соціального капіталу – довіра та відкрита мережа. Зв'язки і підприємницький капітал, творча та ризикована бізнес-діяльність, який може зміцнитися з часом [27]. Це означає, що ідея «розумного міста» не обмежується поширенням ІКТ, радше, він зосереджений на потребах мешканців.

Вирішення зростаючих проблем урбанізації за допомогою «розумних міст» саме по собі не є адекватним – гуманістичні принципи мають бути основою всіх рішень. Для теоретизування про такі гуманістичні принципи нам корисно поглянути на філософію чесноти та доброчесних міст. «Республіка» Платона стверджує, що модель ідеального міста забезпечує щастя і кінцеву досконалість людини [28]. Філософія Аль-Фарабі стає дуже актуальною для просування демократичних реформ і гармонії в місті [29]. Вивчення політичної філософії Аль-Фарабі, середньовічного мусульманського філософа, особливо його вчення про необхідність взаємодопомоги між людьми, його зосередженість на інтелектуальному та моральному вдосконаленні людини та суспільства, його соціальні та етичні вчення, є центральними для ідея доброчесного міста. Чесноти, виділені Аль-Фарабі, мають два виміри: етичний та інтелектуальний. Етичними чеснотами він вважав справедливість, щедрість, поміркованість і мужність; тоді як для інтелектуала він наголошував на інтелекті, мудрості та дотепності. Основним принципом доброчесного міста Аль-Фарабі є справедливість. Домінування справедливості об'єднує різноманітні та різноманітні елементи міста в єдине ціле [30]. За його словами, чеснота є найкращою моральною якістю. Створення «розумного міста» має враховувати переваги відновлення цінностей серед людей, які були б втрачені, якби «розумне місто» зосереджувалося лише на технологічному прогресі в місті. Шеннон Валлор у книзі «Технології та чесноти» представляє величезні ресурси для застосування етики в викликах і методах розвитку технологій. Вона пропонує такі рішення, як «покращена техноморальна освіта», «культивування техноморальної смиренності» або культивування «оновленої техноморальної мужності» [31].

Вона перераховує дванадцять чеснот, які мають відношення до сучасного стану людини з соціотехнічною непрозорістю: правдивість, самовладання, скромність, справедливість, мужність, емпатія, турбота, ввічливість, гнучкість, перспектива, щедрість і техноморальна мудрість. Для кожної з цих чеснот Валлор намагався виявити спільне коріння серед традицій арістотелівської, буддистської та конфуціанської етики чеснот і з'ясувати їхнє значення для нових технологій [32].

2.2 Наука про складність і складні системи

Існує ряд шкіл думок, пов'язаних зі складними системами або системним мисленням. Деякі відомі школи включають загальну теорію систем, яка розвинулася з ідей Людвіга фон Берталанфі [33]. На початку двадцятого століття в галузі біологічних наук було введено низку системних теорій. Після 1939 року теорія систем також була широко прийнята мислителями в області екології, соціальних наук і управління бізнесом [34].

Інша школа – це теорія хаосу, яка надає центральне значення динаміці та зворотному зв'язку та виникненню непередбачуваних явищ із систем через ці ефекти [35]. Галузь кібернетики, заснована Норбертом Вінером, також використовує центральну концепцію зворотного зв'язку в машинах і організмах для аналізу того, як системи поведуться та розвиваються [36]. Область системної динаміки була винайдена Джеєм Форрестером у 1950-х роках у Массачусетському технологічному інституті, США, і ця галузь значно сприяла популяризації системного мислення завдяки публікаціям Джея Форрестера [37] та Пітера Сенга [38]. Системна динаміка є особливо популярною та ефективною у вивченні складних проблем, пов'язаних з динамікою бізнесу та соціальними змінами [39].

Складна система містить різні окремі компоненти або агенти, які виявляють колективну поведінку та характеристики системи. Приклади складних систем включають біологічні системи, міжнародну торгову систему, економіку, фінанси та урядову структуру країни. Розглянемо на прикладі біологічної системи – організм людини. Це не просто сукупність клітин, і кожна

клітина не є простою сукупністю молекул. Подібним чином особистість, характер і свідомість кожної людини є результатом складної взаємодії між нейронами та синапсами в мозку. Зазвичай неможливо передбачити або продемонструвати поведінку складних систем, використовуючи властивості окремих компонентів, оскільки поведінка виникає без будь-якого центрального контролю шляхом нескінченної ітерації простих правил, яких дотримуються складові частини системи через різноманітні переплетені нелінійні зворотні зв'язки та петлі [5]. Індивідуальні складові збираються, щоб виробити нові шаблони, процес, відомий як самоорганізація. Складні системи мають властивість, що основні будівельні елементи системи залишаються збереженими, коли ми масштабуємо від малих до великих систем, таких як економіки, міста, організми та інші еволюційні процеси. Усі фундаментальні принципи та будівельні блоки залишаються приблизно незмінними незалежно від збільшення розміру та складності систем [1]. Основними визначальними факторами складної системи є масштаб і розмір, які породжують нелінійну поведінку, що розвивається. Існує два типи градації:

- суперлінійне масштабування стверджує, що «чим ви більші, тим більше припадає на душу населення»;
- сублінійне масштабування стверджує, що «чим ви більші, тим менше вам потрібно на душу населення» [5].

Наука про складність має справу з проблемами та системами з непередбачуваною емерджентною поведінкою та складається з нелінійно взаємопов'язаних частин. Традиційна наука зосереджується на простому зв'язку «причина та наслідок», щоб витягнути закони керування, вимірювання та відтворення системи. З іншого боку, згідно з Феланом, наука про складність постулює прості причини для складних ефектів [40]. Він заявив, що основним припущенням науки про складність є те, що складність у світі є результатом простих правил. Наука про складність – це не єдина чи унікальна теорія, а сукупність різноманітних теорій і концептуальних інструментів із різних дисциплін [41].

2.3 «Розумні міста» як складні системи

Розглянемо системи «розумних міст» та їх функціонування з використанням різних основних принципів і законів. Ми досліджуємо архетипи, які можуть допомогти зменшити ризики, що призводять до непередбачуваних наслідків, а також досліджуємо погляди, які відрізняють «розумні міста» від традиційних. Потрібно дослідити необхідність причинно-наслідкового моделювання «розумних міст», яке може звести нанівець їхню неефективність, а також детально проаналізувати моделі та теорії, які використовуються в науковій літературі для моделювання «розумних міст».

У 1950-х роках із застосуванням загальної теорії систем і кібернетики в соціальних науках вчені формально розглядали міста як систему. Основною ідеєю цього розгляду є концепції контролерів і контурів зворотного зв'язку, які спрямовують систему на досягнення бажаних цілей. Однак це міркування вимагало більш суттєвих втручань, ніж будь-що, що було представлено раніше у сфері міського планування [6]. Пізніше розвиток системних теорій у різних дисциплінах підтримав ідею трактування міст як систем. Наприклад, еволюція просторового аналізу в кількісній географії пов'язана з регіональною наукою, що представляє собою синтез міської та регіональної економіки. Ідеї гравітаційної та потенційної енергії з фізики були використані в транспортному моделюванні [34]. Аналогії з соціології та політології також були обрані як основа для створення політики управління та контролю міст [42].

У міських системах відстань є фундаментальною організуючою концепцією, як видно з різних поколінь міських розподілів. Відстань – це властивість близькості до найбільш доступних регіонів і місць. Чим доступніше або привабливіше місце розташування, тим нижче вартість проїзду та відстань до інших місць. У цьому сценарії витрати на подорож або відстань діють як неповноцінний товар, оскільки мета полягає в тому, щоб зменшити витрати, пов'язані з їх подоланням. Просторова конкуренція також вказує на те, що кількість сайтів з найбільшою доступністю є незначною порівняно з більшістю сайтів. Модель щільності населення передбачає, що якщо в круглому місті

найбільш доступним місцем є центр, то, якщо припустити, що всі місця мають однаковий розмір, доступність зменшується, оскільки кількість місць за доступністю просувається.

Для опису функціонування «розумних» міст як SoS використовуються різні системні принципи, що пояснюються нижче [18].

Шаблон проти процесу. Набір елементів та їх взаємодія через зв'язки внаслідок економічної та функціональної діяльності породжують шаблон у певний момент часу. Компроміси між неефективною економікою та економікою агломерації спричиняють зростання моделей діяльності, які впливають із процесів просторового вибору індивідів і груп щодо місця розташування, діяльності у землекористуванні та профілів щільності.

Еволюція проти появи. Взаємодія мешканців міста призводить до колективної поведінки, яка відрізняється від властивостей компонентів взаємодіючих мешканців. Таким чином, цю колективну поведінку важко передбачити. Наприклад, відстань від роботи до дому та з дому, вартість проїзду та досвід, а також інші фактори не можуть бути достатніми для пояснення моделей людей, які їздять містом. Шаблони, які є продуктом багатьох індивідуальних рішень знизу вгору, розвиваються з часом і викликають дивовижну емерджентну поведінку в будь-якому перерізі [18]. Для появи в системі потрібні три умови: висока зв'язність, механізм, який створює нові зв'язки, і достатньо низький рівень контролю, оскільки менший контроль означає більше появи, і навпаки [43].

Закони масштабування. Мережеві структури виражають розростання та ущільнення розвитку міста, крім того, вони забезпечують ефекти масштабування, які визначають міста. Зі зміною елементів і всього міста змінюються розмір і форма всієї міської системи. Масштабування поєднує всі процеси та форми. Наприклад, відповідно до простору, якщо об'єкт масштабується, він демонструє ті самі пропорції своєї просторової форми, що й менший або більший об'єкт. Більш імовірно, що пропорції об'єкта будуть спотворені, оскільки зміни розміру також призводять до коригування пропорцій. Наприклад, дуже малоімовірно, що маленьке місто має добре розвинену систему

підземної залізниці, оскільки вона потребує багатьох зупинкових шляхів, що фізично неможливо. З іншого боку, інші види транспорту, такі як трамваї, масштабуються відповідно до маленького міста [18].

Далеко від рівноваги. Міста далекі від рівноваги та підтримуються завдяки силі численних протилежних поштовхів, які ламаються та створюють багато різних часових і просторових масштабів, таким чином усі вони поєднуються в сильній гетерогенності та мінливості міської форми [16]. Ідеї про інновації та технологічні зміни змінюють динаміку міста. Автори дійшли висновку, що міські події дедалі більше відокремлюються від їхньої фізичної форми, а зміни в антропогенному середовищі постійно розходяться з трансформаціями людської поведінки, моделей пересування та глобалізації.

2.4 Використання системних архетипів у моделюванні «розумних міст»

Впродовж багатьох років системні мислителі каталогізували бібліотеку архетипів систем. Вони корисні для аналізу моделей поведінки або неправильної поведінки, які виникають в іншій системі, і можуть допомогти передбачити непередбачені наслідки [44]. Таким чином, детальне розуміння основних причин неправильної поведінки системи, симптомів проблеми та причин, які заважають рухатися до фундаментальних рішень, може допомогти у вирішенні проблем «розумних міст».

Непередбачені наслідки та базова структура «розумного міста» показують, як алгоритми машинного навчання, які здаються лише технічною задачею, якщо їх розгортати без будь-якої прозорості та етики, вбудованої в рішення, можуть призвести до упереджених і несправедливих результатів, таких як неправильне звинувачення людей у злочинцях, вторгнення в приватну інформацію, збільшення цифрових розколу та переведення фінансування зростання зі значущих політичних реформ на швидкі рішення, наприклад, прогностичну поліцейську діяльність, яка загострює проблему в довгостроковій перспективі. В

таблиці 2.1 визначено та проілюстровано загальні архетипи системи в «розумному місті».

Таблиця 2.1 – Короткий перелік системних архетипів «розумного міста» [23]

Назва архетипу	Опис	приклад
Виправлення, які не вдаються	Негайне вирішення проблеми призводить до небажаних наслідків у довгостроковій перспективі	Прогнозна поліцейська діяльність, спрямована на зменшення злочинності, у довгостроковій перспективі посилює злочинність
Успіх успішному	Ситуація покращується для переможців, стає кращою та гіршою для переможених	Виходячи з короткострокового показника успіху, ресурси спрямовуються на інтелектуальну поліцейську діяльність за рахунок реформ установ
Розмивання цілей	Погіршення довгострокових цілей за рахунок короткострокових виправлень	Монетизація стимулів для обміну даними користувачів руйнує закони про конфіденційність у системі
Перенесення тягара	Полегшення проблем за допомогою симптоматичних рішень	Покладення на технологію підриває фундаментальні рішення, що містять переваги

Виправлення, які не вдаються. Цей архетип припускає, що швидке вирішення проблеми призводить до небажаних наслідків у довгостроковій перспективі [44]. Це зображується двома петлями зворотного зв'язку, які з'єднують дію та результат, причому результати повертаються назад у круговій петлі. Петля підсилення «R1» підсилює зміни, а петля балансування «B1»

стабілізує зміни в системі. Причинно-наслідкові зв'язки між елементами представлені з відповідною полярністю. Полярність може бути однаковою, тоді вона позначається «+», що означає, що два елементи рухаються в одному напрямку, або протилежною – позначається «-», що показує, що два елементи рухаються в протилежних напрямках. Як показано на рисунку 2.1, швидке вирішення проблеми з використанням інтелектуальної поліцейської служби для виявлення злочинів знижує рівень злочинності.

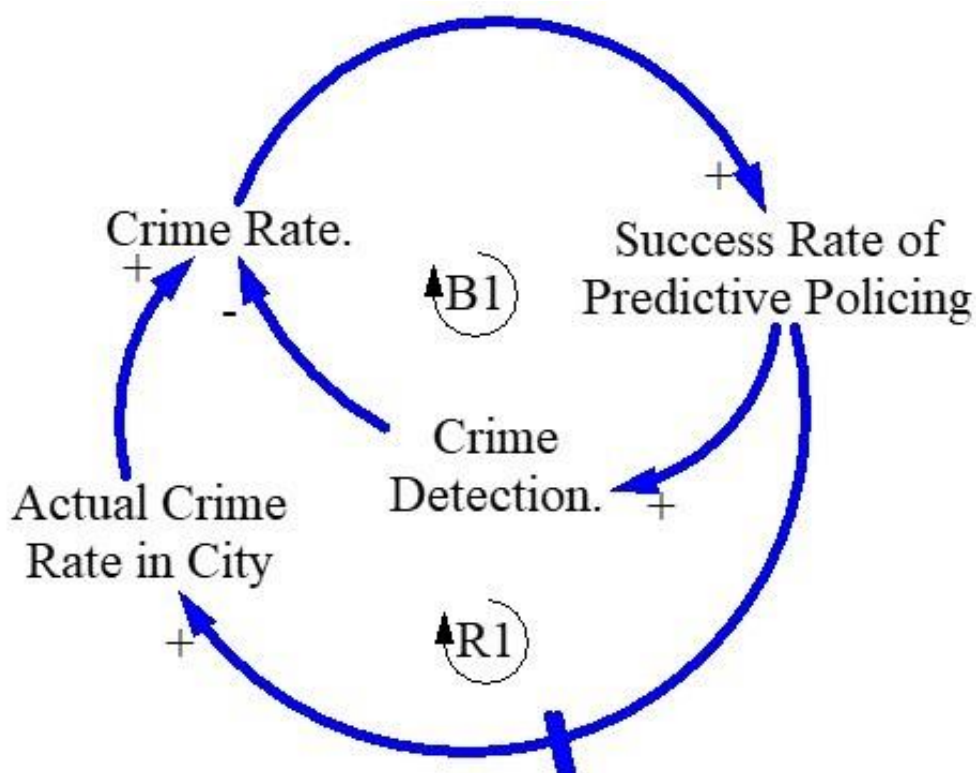


Рисунок 2.1 – Виправлення, які не приносять результатів [23]

Однак у довгостроковій перспективі негайне виправлення призводить до посилення злочинності в суспільстві, коли прогностична поліцейська діяльність не в змозі виявити справжній злочин і карає невинних людей лише тому, що тенденції з минулих даних передбачають такі результати.

Наприклад, Сент-Джордж несправедливо відхилив сотні абітурієнтів із меншин і жінок, незважаючи на виняткові академічні дипломи. Коли алгоритм використав дані навчання попередніх рішень про прийом, він дійшов висновку, що Сент-Джордж вважає жінок і меншини недієздатними. Замість того, щоб навчитися ідентифікувати найбільш академічно кваліфікованих кандидатів,

алгоритм навчився ідентифікувати абітурієнтів, які були найбільш схожі на тих, яких школа приймала в минулому [26]. Подібним чином рішення в «розумних містах», які ґрунтуються виключно на передбачуваних поліцейських алгоритмах, які спираються на історичні дані, можуть покарати чесних і призвести до нульової відповідальності для злочинців, таким чином збільшуючи злочинність у місті.

Політика в алгоритмах. Крім того, збір даних може бути упередженим, оскільки збираються дані, які відповідають соціальним обмеженням і формуються практикою звітності та збору, отже, політика вбудована в алгоритми. Крім того, реформа необхідна не лише для того, щоб зробити прогнози неупередженими, але й для вирішення проблеми упередженого прогнозування прогностичної поліцейської діяльності стосовно методів поліцейської діяльності, які точно базуються на фактах. Проте, за словами кримінолога Карла Клокарса, факти, тобто статистику злочинності, називають «поганими показниками справжнього рівня злочинності». Таким чином, ці статистичні дані не є зображенням фактичних рівнів злочинності в суспільстві, оскільки те, що поліція називає злочинністю, є зображенням пріоритетів політики та діяльності [45].

Поточні рішення адаптують соціальні теорії для виправдання моделей ML, оскільки навіть моделі не відображають складні взаємозв'язки суспільства, а скоріше вони «відображають пріоритети існуючих інститутів і владних структур». Стосовно поліцейських департаментів і судів, за словами Бена Гріна, філії Центру Інтернету та суспільства імені Беркмана Кляйна в Гарварді, який вивчає соціальні та політичні наслідки урядових алгоритмів, «якщо розгорнути в цій системі, ML буде неефективний (у кращому випадку) або контрпродуктивний (у гіршому) інструмент соціальної справедливості» [26]. Замість того, щоб використовувати ML для покращення функціонування міста, наприклад, передбачуваної поліцейської діяльності, сприймаючи це як ціннісно-нейтральний підхід, необхідно оцінити, чи поліцейські практики подолають соціальні безлади та чи є ефективним інструментом соціальної справедливості.

Крім того, «розумні міста» можуть також ненавмисно збільшити існуючий розрив між уже цифровими маргіналізованими групами та групами з кращими зв'язками. Програми для смартфонів, які можуть надати громадянам платформу для повідомлення про свої проблеми, здаються ідеальним рішенням для вирішення вуличних проблем, однак це швидке і неправильне рішення, смартфони здебільшого належать заможнішим мешканцям або тим, хто знає, як користуватися цими «розумними» програмами, отже, фактичні проблеми залишаються невирішеними [46].

Успіх для успішних. Цей архетип стверджує, що якщо одній групі виділяється більше ресурсів, ніж іншій групі з рівними можливостями, група з достатніми ресурсами досягає успіху та виправдовує справу, щоб отримати ще більше ресурсів, що створює розрив у продуктивності між двома групами та несправедливу невідповідність для тих, хто програв [44]. Підсилювальні цикли «R2», «R3» на рисунку 2.2 ілюструють випадок, коли на основі короткострокового успіху прогностичної поліцейської діяльності ресурси виділяються на поліцейські відділи, не передбачаючи довгострокових наслідків позбавлення ресурсів для інших відділів.

Оскільки «розумні міста» допомагають поліції, службам соціального забезпечення, роботодавцям та іншим із даними, це спричиняє спостереження за міською бідністю. Зміцнюючі цикли «R2» і «R3» присутні, оскільки більше ресурсів, виділених поліції для інтелектуальної поліцейської діяльності, призводять до успіху інтелектуальної поліцейської діяльності та, отже, розкриття злочинів; однак, за рахунок виділення ресурсів іншим департаментам, таким як соціальне забезпечення, які працюють над наданням карток переказу пільг на електроенергію для матерів. Наприклад, мати-одиначка втрачає соціальні виплати після того, як алгоритм позначив її ідентифікатором на записі камери під час протесту [26].

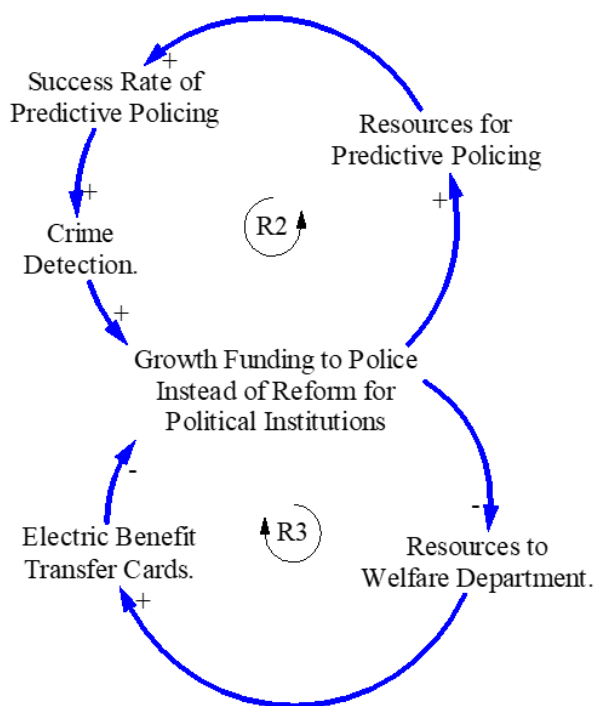


Рисунок 2.2 – Успіх успішним: на основі короткострокового показника успіху ресурси виділяються на прогностну поліцейську діяльність за рахунок реформ інституцій [23]

Швидкі виправлення за рахунок суттєвих реформ. Подібним чином «R2» і «R3» показують зростання фінансування поліції після її негайного успіху, позбавляючи інституції ресурсів, необхідних для значущих реформ та інституцій.

Розмивання цілей. Цей архетип представляє розрив між фактичною продуктивністю та заявленими цілями. Він досліджує стан системи, коли метою є усунення цієї прогалини, яка врешті-решт призводить до погіршення фактичної проблеми [44]. Контури балансування «B2» і «B3» на рисунку 2.3 показують, як система у побудованій структурі руйнує саму мету. Закони про конфіденційність, спрямовані на захист конфіденційності користувачів, зменшують розрив між заявленою метою захисту конфіденційності та фактично досягнутою метою, оскільки монетизація стимулів для обміну детальними даними створює тиск для коригування мети конфіденційності. Структура стимулів у системі, яка сприяє обміну даними користувачів, перешкоджає процесу впровадження законів про конфіденційність.

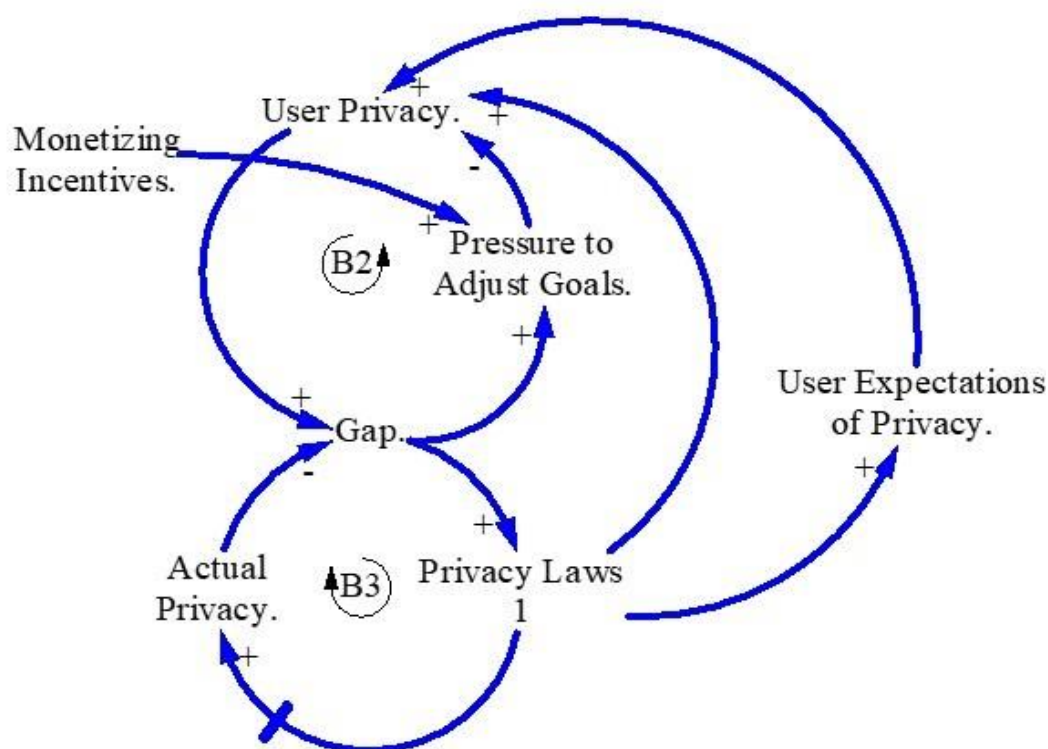


Рисунок 2.3 – Розмивання цілей: монетизація стимулів для обміну даними користувачів руйнує структуру законів про конфіденційність у системі [23]

Структура стимулів порушує публічну приватність. Більша небезпека виникає, коли неявна інформація розкривається з даних, поєднаних зі штучним інтелектом, наприклад, з інформацією, за якою користувач відстежувався. Стимули монетизації додатково мотивують розкривати максимум інформації про користувачів. Алгоритми ML можуть передбачити переваги користувачів щодо відвідування з точки зору місць, які вони відвідають наступного разу та з ким. Ризик полягає не лише в тому, що особу можна розкрити з начебто анонімних даних; коли дані поєднуються з штучним інтелектом, існує можливість вивести значну частину особистої інформації, яка явно не включена в набір даних [26]. Маючи детальну інформацію про те, де хтось був, алгоритми ML можуть передбачити поведінку цього користувача, місце, де він буде і з ким. Більше того, фотографії чи інші доброякісні дані, які поширюються у Facebook чи Instagram, алгоритм можуть передбачити почуття людини, політичну чи релігійну приналежність і навіть сімейний стан. Ця поведінкова ідентифікація за допомогою алгоритмів представляє серйозну картину вторгнення в публічне приватне життя, а стимули монетизації погіршують ситуацію.

Перенесення тягара. Цей архетип припускає, що через залежність від симптоматичних рішень, симптом проблеми зберігається і незмінно виникає. Рішення, які слід розглядати як одноразове виправлення, створюють побічні ефекти, які зменшують прагнення до фундаментальних рішень, тим самим погіршуючи проблему [44].

Технологічні рішення, що підривають людські цінності. Як показано на рисунку 2.4, для вирішення таких проблем міст, як управління та регулювання, технологічні рішення сприймаються як перспективні.

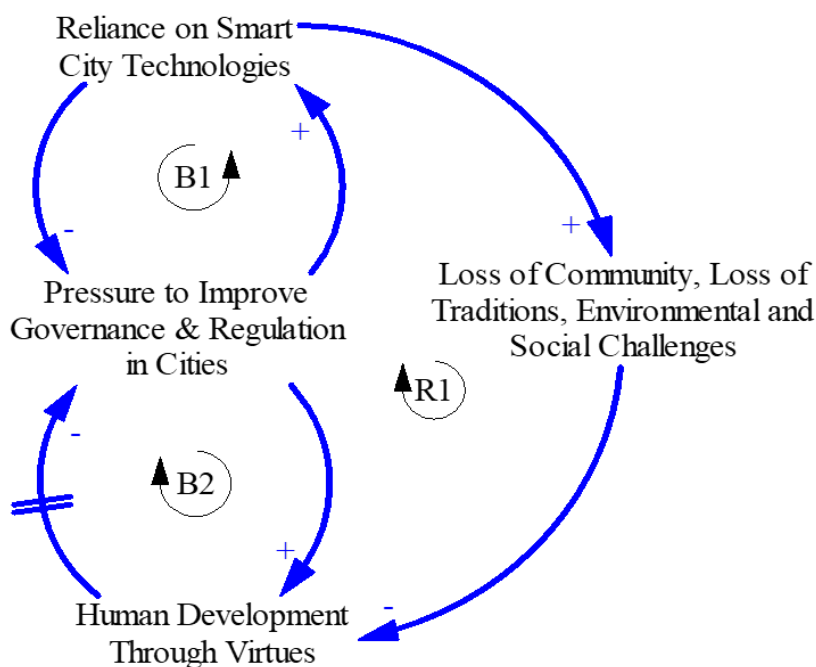


Рисунок 2.4 – Перенесення тягара: залежність від технологічних рішень підриває фундаментальні рішення щодо здатності бути людиною через чесноти, адаптовано з [47].

Однак покладення виключно на технології створює не тільки побічні ефекти, такі як втрата спільноти, втрата традицій і втрата етичних цінностей, як показано на підсилювальній петлі «R1» на рис. 2.4, але й погіршує існуючі екологічні та соціальні проблеми. Таким чином, ми не можемо перекласти тягар на науку і технології, не включивши людські цінності та ідеали щодо чеснот.

Пітер Сенге у своїй присутності пояснив це явище, оскільки за останні двісті років зростаюча залежність західної культури від редукціоністської науки та технологій зменшує мудрість. Технологічні інновації не в змозі інтегрувати фізичні, емоційні, розумові та духовні аспекти росту та розвитку людини [47].

2.5 Висновок до другого розділу

В другому розділі кваліфікаційної роботи розглянуто складнощі орієнтованих на ІКТ рішень «розумних міст». Описана наука про складність і складні системи. Досліджено «розумні міста» як складні системи. Проаналізовано використання системних архетипів у моделюванні «розумних міст».

3 АНАЛІЗ «РОЗУМНИХ МІСТ» ЯК СКЛАДНИХ СИСТЕМ

3.1 Теорія систем про «розумне місто»

Згідно з теорією систем, «розумне місто» – це середовище, що складається з окремих систем, які далі поділяються на підсистеми. Взаємозв'язок або взаємодія підсистем у розумному місті вказує на енергетичні, інформаційні або контрольні відносини між підсистемами. Основна відмінність між традиційними містами та «розумними містами» полягає в тому, що на відміну від традиційних міст, в яких системи взаємодіють лише з навколишнім середовищем, системи розумних міст взаємодіють з іншими системами та взаємопов'язані інформаційними відносинами, таким чином, управління інформацією стає більш важливим [48].

«Розумне місто» як кіберфізична система. Відповідно до однієї з підмножин теорії систем, «розумне місто» можна розглядати як кіберфізичну систему (CPS), віртуальний світ розумного міста взаємопов'язаний з фізичною частиною, що складається з мережі датчиків у перетині з бездротовими пристроями. з Інтернетом і хмарним сервісом [49]. Потік інформації через CPS складається з умов дорожнього руху, якості повітря, паркувальних місць, транспортних засобів, доріг чи будівель або охорони здоров'я. З іншого боку, збір і розповсюдження даних також може бути шкідливим [50]. Наприклад, коли інтелектуальні рішення для паркування інформують водіїв про вільні місця для паркування, це призводить до заторів, де доступних місць для паркування мало.

«Розумне місто» як мультиагентна система. Оскільки поведінку людини важко передбачити, системи в містах є динамічними та нелінійними. Евристичні моделі використовуються для моделювання складних систем. Оскільки теорія систем класифікує «розумні міста» саме як CPS, їх можна моделювати за допомогою таких інструментів, як системна динаміка або мультиагентні системи (MAS). MAS може моделювати будь-який об'єкт, автомобіль, будівлю, сигнал тощо як агента, який діє на основі рішення, яке розглядається відповідно до його розташування та сприйняття навколишнього середовища [51].

Причинно-наслідкове моделювання «розумного міста». Впродовж останніх кількох років концепція «розумних міст» оберталася навколо впровадження передових технологій. Загальноприйнято вважати, що для побудови «розумного міста» потрібна велика кількість даних і складних моделей. Для підтримки цих моделей потрібні теорії людської поведінки. Однак під час недавньої пандемії стало очевидним, що міста не такі «розумні» чи стійкі, як ми вважали. Всупереч очікуванням, «розумні міста» занепали різними шляхами, але основні причини та факти не є однозначними. Наприклад, згідно з парадоксом Браесса, ефективність транспортної мережі або електричної мережі іноді може бути знижена шляхом будівництва нової дороги або додавання нової ланки [52]. Це може здатися суперечливим, але існує багато реальних прикладів цього явища. Тому замість застосування надто спрощених і недалекоглядних рішень нам потрібен аналіз для виявлення прихованих причин і їх співвідношення з наслідками.

Основна ідея, яка лежить в основі динамічного причинно-наслідкового моделювання (DCM), полягає в тому, що нейромережі є системою вхід-стан-вихід, у якій неспостережувана нейронна динаміка керує причинно-наслідковими зв'язками. Ці «приховані» взаємодії характеризуються параметрами зв'язку, які представляють ефективний зв'язок і називаються причинно-наслідковою моделлю [53]. Генеративні моделі, тобто моделі на основі агентів або динамічне причинно-наслідкове моделювання, можуть допомогти у виявленні причинно-наслідкових зв'язків у даних. Це зменшує ризик того, що політика чи рішення будуть неправильними. Було застосовано агентську модель для порівняння різних методів втручання, включаючи заборону на міжнародні авіаперельоти, ізоляцію пацієнтів, домашній карантин, соціальне дистанціювання з різними рівнями відповідності та закриття шкіл. Вони виявили, що втручання у вигляді закриття шкіл не є ефективним для впевнених переваг, якщо воно не пов'язане з високим рівнем дотримання соціального дистанціювання [54]. Було застосовано підхід системної динаміки для визначення факторів, які сприяють успіху «розумного міста». Вони також

визначили причинно-наслідкові зв'язки між детермінантами, які полегшують проектування «розумних міст» [55].

Теорія контролю. Застосування «розумних міст» загалом викликають занепокоєння щодо сприяння змінам поведінки для кращого використання існуючих ресурсів, оскільки ми боремося з керуванням транспортом, забрудненням і виробництвом продуктів харчування з постійно зростаючим попитом на природні ресурси. Оптимальне управління ресурсами є класичною проблемою теорії управління. Щоб забезпечити кращий і швидший вибір операцій, системи контролю в реальному часі надають дані на інформаційні панелі та системи планування ресурсів підприємства, управління активами та звітності.

З іншого боку, моделі у сфері «розумних міст» не можуть бути легко створені на основі початкових принципів, і натомість вони повинні бути емпіричними, тобто базуватися на даних, зібраних у результаті вимірювань за встановленими процедурами. Крім того, емпіричні дані можна зібрати лише з системи як є, а не з контрольованих випробувань у різноманітних робочих точках. Спроба покращити відповідні процеси, наприклад, шляхом надання інформації залученим агентам, створює раніше непомічену петлю зворотного зв'язку. Ця зміна в основному процесі може зробити емпіричну модель недійсною; на момент розробки моделі просто не було доступних даних для фіксації динамічного впливу такого зворотного зв'язку [56]. Часто запропоновані рішення не враховують цей цикл зворотного зв'язку. Це вимагає значно більшого дослідження прогнозування та оптимізації за допомогою зворотного зв'язку, ніж це було зроблено досі. Вплив затримок транспортування, а також той факт, що всі агенти миттєво сповіщаються про сигнали, додає складності ситуації [57]. Необхідність побудови моделей великомасштабних систем, які можуть отримувати зворотний зв'язок, є основною перешкодою для використання різноманітних методів керування в програмах «розумних міст». У боротьбі з такими наслідками дослідники «розумного міста» мають багато чого навчитися як з екологічної, так і з теорії контролю.

3.2 Застосування теорії і моделей в «розумних містах»

Аналіз соціальних мереж. Концепція іспанської мережі «розумних міст» дає змогу досліджувати ієрархічні зв'язки та центральність між містами та корпораціями, які реалізують стратегії «розумного міста». Ці стратегії зібрані на двосторонній мережі компаній і міст із мірами відповідності, відповідності індексу Джіні та нерівності для кожного з них. Результати показують, що ці мережі стають загальнонаціональними воротами для транснаціональних компаній для розширення національних ринків міст [58].

Дослідники використовували цілісну комплексну адаптивну систему, орієнтовану на стійкість, для розуміння складної динаміки «розумних міст». Аналіз соціальних мереж (SNA) слугував інструментом для відображення потоку знань між різними науково-орієнтованими організаціями на мезо- та мікроекономічному рівнях у межах розглянутої області, що було корисним для визначення основних впливових елементів у моделі співпраці «розумне місто». SNA також сприяє визначенню ключових компетенцій і кваліфікованого розвитку людських ресурсів в інноваційній мережі, яка є основою для спільної моделі розумного міста [59].

Агентне моделювання та аналіз мережі. За допомогою інструментів просторового синтаксису та теорії графів розглядаються топологічні аспекти вуличної мережі Картахени. Затори на вулицях аналізуються за допомогою простої моделі на основі агента з урахуванням знань агента про дорожній рух. Важливо визнати здатність агентів у системі приймати рішення для визначення виникнення перевантаження трафіку, оскільки топологічні властивості мережі є частковою причиною локалізованого перевантаження [60].

Моделі вуличних мереж. Графіки – це найпоширеніші математичні моделі вуличних мереж, які представляють як топологію, так і геометрію вуличних мереж як зображення реального світу. Набір вузлів, які є елементами N у графі, пов'язаний один з одним набором ребер, які є з'єднаннями «Е». Будь-який вузол може бути з'єднаний з іншим вузлом або з самим собою в наборі «Е» через ребра. Кілька паралельних ребер можуть з'єднувати однакові вузли [61].

Основний граф вуличної мережі представляє перехрестя та тупики як вузли та з'єднує сегменти вулиць як ребра, що протилежно подвійному графу вуличної мережі, який моделює перехрестя як ребра, а сегменти вулиць як вузли [62]. Реальні вуличні мережі мають паралельні краї, самопетлі, обмеження спрямованості потоку в умовах вулиць з одностороннім рухом і неплотинні елементи у вигляді естакад і підземних переходів [61].

Багатоагентна система автономного керування перехрестям «МА-AIM». Транспортними засобами, що використовують засоби «Edge of Things (EoT)» і Blockchain, можна безпечно керувати за допомогою багатоагентної системи «AIM (МА-AIM)», заснованої на зв'язку між транспортним засобом «V2I» та інфраструктурою з транспортним засобом «I2V». Запропонована система включає агента «Intersection Manager (ІМА)», який спілкується з транспортними засобами через агенти водіїв, які встановлені на них у середовищі EoT. ІМА використовує механізми Blockchain для координації перетину транспортних засобів. Це важливий компонент для управління перехрестями доріг і може керувати безпечним перетином транспортних засобів за допомогою двостороннього зв'язку з ними [63].

Методи прийняття рішень. Методи прийняття рішень поділяються на ШІ, багатокритеріальне прийняття рішень, інтегровані методи та математичне програмування [64]. Багатокритеріальне прийняття рішень (MCDM) використовується для кожного рішення на всіх етапах проєктів «розумного міста»². У той час як методи МР та АІ зазвичай використовуються для прийняття функціональних і тактичних рішень. Брак інструментів прийняття рішень у містах, що розвиваються, посилює переговори між різними зацікавленими сторонами [65].

Методи математичного програмування (МР) оптимізують цілі шляхом оцінки обмежень, щоб допомогти зацікавленим сторонам прийняти ефективні рішення. Для цього були використані різні методи оптимізації, такі як цільове програмування, стохастичне програмування, лінійне програмування та аналіз охоплення даних. Для зменшення обмежень, пов'язаних із нелінійними властивостями та динамічною складністю, у методи МР було впроваджено

передові методи. Існує також методологія інтегрованих методів, яка має на меті інтегрувати переваги вищеописаних методів [66].

Просторово-часовий аналіз мережевих даних. Семантика просторово-часової мережі генерується за допомогою давачів, що визначають місцезнаходження в міських транспортних мережах, таких як часові детальні дорожні карти, синхронізація сигналів світлофора, GPS-треки та вимірювання транспортних засобів, які разом називають Великою просторово-часовою мережею.

«BSTN» дані. BSTN має потенціал додаткової вартості для різних випадків використання розумних міст, включаючи навігаційні служби, які рекомендують екологічно чисті маршрути. Однак дані BSTN висувують значні обчислювальні проблеми щодо поточних найсучасніших аналітичних методів, які використовуються в цих службах [67].

Аналіз когнітивної роботи за людським фактором та ергономічний підхід. Стівенс та ін. використали новий підхід до моделювання розумних міст як складних систем. Спираючись на дисципліну «Людський фактор та ергономіка» (HFE) аналізу когнітивної роботи, соціотехнічні системи (STS) застосовуються для допомоги в проектуванні, моделюванні та оцінці складної системи міста, в межах якої міста є STS, люди, технології та їх середовище. Людина-оператор є основним елементом, але вона взаємодіє з багатьма технічними компонентами, наприклад, атомними електростанціями. «Розумне місто» було змодельовано відповідно до п'яти ієрархічних рівнів – документування, визначення та зв'язування цілей, цінностей, пріоритетів, виконуваної діяльності та фізичних об'єктів. HFE, зокрема підхід STS, спрямований на спільну оптимізацію соціальних, суспільство та люди, та технологічних, нелюдських, аспектів оточення [68].

Багатомасштабне моделювання. Багатомасштабне моделювання (MM) – це вид моделювання, який на різних рівнях роздільної здатності одночасно використовує кілька моделей на мікро-, мезо- та макрорівнях, щоб зрозуміти складну адаптивну систему на кожному рівні. Це допомагає особам, які приймають рішення, переглядати та контролювати модель з різних точок зору на

певному рівні, не перериваючи інших рівнів. У мегаполісах і «розумних містах» він прокладає шлях для багатьох нових інтелектуальних програм, спрямованих на зниження обчислювальної складності та вартості, стійкість, надійність, ефективність і багато іншого в підсистемах «розумних міст», включаючи «розумний» транспорт, «розумну» охорону здоров'я, «розумну» громаду, «розумну» економіку, «розумну» промисловість [69].

3.3 Розумне місто як системи підсистем

«Розумне місто» складається із систем, залучених в інтегровані та взаємопов'язані відносини всередині та поза системами, що веде до «розумного міста», що включає складні системи підсистем (SoS), набір різнорідних незалежних систем, які співпрацюють для досягнення своєї мети [70]. У європейських містах Манчестер, Амстердам і Стокгольм, впровадження «розумного міста» включає децентралізований підхід «знизу вверху». Компоненти «розумних міст» розгортаються фрагментовано, кожен зосереджений на своїй меті; таким чином, вони є відсутньою співпрацею, яка призводить до нестійких рішень [46]. Системна перспектива враховує різні дії різних зацікавлених сторін, окремих осіб, організацій, місцевих або державних органів влади тощо, які врівноважують і посилюють дії. Крім того, ми повинні пам'ятати, що міста складаються не лише з матеріальної конструкції, а й із спадщини культур і укладів життя.

Приклад того, як кілька незалежних систем можуть інтегруватися в SoS, можна зрозуміти через виявлення повеней у міській агломерації, як показано на рисунку 3.1 система моніторингу та надзвичайних ситуацій збирає інформацію з кількох систем, спрямованих на ефективний моніторинг за підтримки органів влади для зменшення наслідків повеней. Рівень води в річці оцінюється мережею давачів у системі моніторингу річки, що вказує на ризик повені. Метеорологічні системи, у свою чергу, відстежують атмосферні параметри за допомогою метеорологічних супутників, які використовуються в системі.



Рисунок 3.1 – Розумне місто як складна система підсистем (SoS)

Набір різномірних незалежних систем, які співпрацюють для досягнення своєї мети складається із систем, залучених в інтегровані та взаємопов'язані відносини всередині та поза системами.

Безпілотники та цифрові камери в системі спостереження оцінюють швидкість течії річки, щоб підвищити точність вимірювань, які фіксують сенсорні вузли контрольованої території річки. Потім мультимедійні дані поєднуються з моніторингом річок і метеорологічними системами для виявлення повеней. Крім того, надзвичайна ситуація може викликати пожежників, поліцію, швидку допомогу з управління дорожнім рухом або інші міські служби [1]. Таким чином, аналізуючи масштаби збитку від повені за допомогою різних взаємодіючих систем, система оптимізує та вирішує надзвичайні ситуації з найкращим розподілом ресурсів.

«Розумне місто» як комплексна система дає змогу цілісно розглядати різні проекти. Це дає змогу численним агентствам, які працюють у різних доменах, взаємодіяти, обмінюватися інформацією між доменами та, таким чином, координувати дії. Ці системи, що інтегруються синергетично, характеризуються такими функціями, як «зондування, управління інформацією, аналітика та

модельовання, а також вплив на результати». Отже, маючи цілісне уявлення про місто, міський планувальник може краще отримувати інформацію щодо змінних навколишнього середовища та поведінки людей для найкращого розподілу ресурсів (води, землі, транспорту тощо). На управлінському рівні учасники можуть переглядати заплановані втручання крос-агентства. Наприклад, під час кризової ситуації через будь-яке стихійне лихо всі учасники за допомогою скоординованих зусиль можуть краще вирішити, куди розподілити наявні ресурси [1].

3.4 Системні проблеми «розумних міст»

У «розумних містах» системи розвиваються, управляються та розвиваються незалежно. Аналіз розумних міст як SoS вимагає розуміння взаємодії між складовими системами, що створює серйозні проблеми проектування, впровадження та експлуатації [71]. Нижче наведено деякі з основних проблем «розумних міст», якщо їх розглядати через перспективу систем.

Когнітивні проблеми. Люди мають вроджені когнітивні обмеження в обробці інформації. Основна проблема застосування науки про складність до міських систем полягає в тому, що нова поведінка індивідів, які самі є складними системами, робить місто складною системою. Ця складність на багатомасштабному рівні живиться в індивідах як когнітивні конструкти [72]. Це є спільним для всіх соціальних явищ у великому масштабі, від держав до ринків і онлайн-спільнот. Місто є найбільш фундаментальним і чутливим до всіх інших соціальних явищ, оскільки воно охоплює більшість людського досвіду в соціально-просторовому контексті. Крім того, здатність міста функціонувати як складної системи також залежить від того, як когнітивні уявлення про місто, з'ясовані його мешканцями, впливають на їхню поведінку та вибір і як, у свою чергу, образи на макромасштабі перетворюються на поведінкові та просторові моделі.

Тестування та валідація. Через складність і небажані наслідки в SoS тестування та перевірка є важливими видами діяльності. Тестування та валідація на рівні елементів і сервісів є інтегрованою діяльністю, яка передбачається на рівні SoS і підсистеми для виправлення спонтанної поведінки. У ширшому контексті та масштабі SoS важко та дорого експериментувати для кожної модифікації підсистеми, локальні зміни підсистем можуть збільшити загальну функціональність SoS [73].

Неоднорідність. «Розумне місто» покладається на надання послуг, що складається з уже існуючих систем, що ведуть до загальноміської SoS. Розробка такого типу системи має зіткнутися з високою неоднорідністю її елементів і складових систем. Елементи, які розподілені, автономні, розроблені з використанням різних технологій і форматів даних і належать окремим установам, організаціям і агентствам у межах міста, стають складними для моделювання.

Множина зацікавлених сторін. Надання зацікавленим сторонам можливості приймати обґрунтовані рішення є життєво важливим для сталого планування, щоб не відставати від швидкої урбанізації [74]. Окремі системи складаються із заздалегідь визначених зацікавлених сторін, залучених до системи під виробництвом. Середовище SoS охоплює ширше коло зацікавлених сторін від окремих складових систем до широкого SoS [71]. Окрім технічних аспектів і аспектів масштабованості у впровадженні систем «розумного міста» як SoS, важливі питання, пов'язані з баченням, стратегією, підходом, операціями, сталістю, ІТ-процедурами, на які впливають зацікавлені сторони, є більш значущими проблемами в більш всебічному горизонті «розумного міста» SoS.

3.5 Складнощі системної моделі «розумного міста»

Обговорювалися недоліки, що обмежують застосування системної моделі, включаючи обмеження доступу до даних і збільшення обчислювальних витрат,

а також пошук компромісу між захистом конфіденційності та виконанням точного аналізу.

Нестача адекватних даних, застереження зацікавлених сторін щодо представлення причинно-наслідкових зв'язків та інших важливих аспектів людей, навколишнього середовища, управління та умов життя обмежують будь-яку системну модель. Деякі з основних обмежень описані нижче.

Моделювання обчислювальної складності. Розуміння «розумних міст» як складних SoS із використанням різних вищезгаданих моделей також створює численні обмеження з точки зору обчислення соціальних систем. Значною проблемою методів математичного програмування є те, що вони надто складні для практичного використання зацікавленими сторонами, які не є фахівцями [65]. Розробляючи транспортну модель для столичного району Токіо в масштабі мікрорайону, дослідники стверджують, що модель землекористування та транспортування на основі агентів є складною в обчислювальному плані та досить вимогливою до даних [60]. Подібним чином обмеження доступу до даних і обчислень є основними причинами меншої пізнавальності порівняльних вуличних мереж у всьому світі в міському масштабі [61].

Недоступність даних системи «розумне місто». Теоретичне розуміння та застосування в реальних міських умовах стає складним, якщо зосередитися лише на вузлах і ребрах [75] у системі. Одним із суттєвих обмежень численних досліджень аспектів інтелектуальної мобільності є велика залежність від моделювання, а не реальних даних від користувачів послуг «розумного міста». При аналізі розгляду вулиці як двонаправленої не враховувалися елементи керування, такі як світлофори та пропускна здатність доріг. Найсуттєвішим спрощенням є постійна швидкість створення агента за крок у часі в мережі, що суперечить динамічній діяльності людини, яка має години пік руху транспортних засобів. У дослідженнях також не враховується мінливість динаміки різних транспортних засобів. Щоб включити такі змінні, було б необхідно зібрати дані про реальні транспортні потоки відповідно до типології, але такі дані не є загальнодоступними в місті [76].

Точний аналіз проти захисту конфіденційності в підсистемах «розумних міст». Просторово-часовий аналіз даних для розумних міст має побічні ефекти з точки зору конфіденційності. Збереження конфіденційності STDM зосереджується на конфіденційності персональних даних і корпоративній конфіденційності. Існують різні підходи до захисту конфіденційності даних, наприклад, придушення унікальних ідентифікацій окремих осіб, збурення шляхом додавання шуму або рандомізації фактичних даних, очищення даних, тобто додавання підроблених записів. З метою захисту даних ці методи замінюють, видаляють або змінюють деякі аспекти. У цьому відношенні дослідники стикаються з подвійною дилемою, тобто виконувати точний аналіз проти захисту конфіденційності [77]. Крім того, відсутність конкретних знань про організаційну поведінку та динаміку мережі призводить до аналітичних значень, що не піддаються інтерпретації, щодо окремих періодів аналізу. Таким чином, прогнози організаційних змін є низькими [61], а системні моделі не можуть виконувати точний аналіз.

«Розумне місто» можна визначити не за ступенем його пристосованості до найсучасніших технологій, доступних зараз на планеті; скоріше, це визначається здатністю міських жителів – незалежно від того, чи є вони лідерами, чи членами своїх спільнот, або навіть обох – використовувати геніальні рішення для вирішення тривалих проблем. У цьому розділі ми обговорили деякі відкриті дослідницькі проблеми «розумних міст».

3.6 Складність цифрових двійників «розумних міст»

Пропозиція локальних цифрових близнюків – це термін, який запровадила Європейська комісія. Завдяки алгоритмам штучного інтелекту та машинного навчання він віртуально представляє місто та охоплює дані в реальному часі та історичні дані про процеси міста. Створення точних цифрових копій світу підтримує упередження, якщо просто зосереджується на перспективі, керованій даними [1]. Оскільки суспільства не є автоматизованими машинами, ми не можемо керувати ними як механічними машинами, якщо хочемо зробити міста

більш справедливими, інклюзивними та стійкими. Необхідно об'єднати наукові перспективи складності в інструментах, подібних до цифрових близнюків, щоб зробити моделі адаптивними та стійкими, які фіксують колективну поведінку та враховують причинно-наслідкові зв'язки навмисних і ненавмисних побічних ефектів для прав людини.

Для колективної зміни поведінки в громадянському суспільстві нам потрібні трансформаційні зміни, що поширюються від інноваційних ІКТ, які можуть трансформувати майбутні міські послуги – транспорт, громадська безпека, боротьба зі стихійними лихами, охорона здоров'я, практика мобільності тощо. Трансформація екосистеми ІКТ і складність процесів розвитку повинні бути точно відомим тим, що впливає на такі інновації на довгострокову стійкість і включення суспільних цілей [74].

Етичні наслідки систем розумного міста. Дослідники [78] окреслили аналіз етичних проблем «розумного міста» в чотирьох вимірах. Це:

- 1) мережева інфраструктура з пов'язаними проблемами спостереження, контролю, безпеки, власності та конфіденційності даних;
- 2) постполітичне управління, що проявляється в боротьбі за прийняття рішень між державним і приватним і містами як постполітичними суб'єктами;
- 3) соціальна інтеграція, представлена у факторах громадянської інклюзії та дискримінації та нерівності;
- 4) стійкість, з чітким акцентом на охороні навколишнього середовища як стратегічному елементі майбутнього.

Головний етичний підтекст передбачає стеження за громадянами. Спостереження часто пов'язане з оптимізацією міських послуг і, частіше, з посиленням безпеки. Однак ним можна легко маніпулювати, щоб надзвичайно детально контролювати поведінку громадян. Наприклад, у Сан-Дієго камери «розумного» вуличного ліхтаря спочатку були запроваджені, щоб дати змогу міській владі досліджувати схеми дорожнього руху, але згодом їх регулярно використовували поліцейські для перевірки ймовірних злочинів. Таким чином «розумні міста» можуть підвищити ризик стати каталізатор непотрібного

стеження, а також ціною підвищення безпеки поглиблення існуючої несправедливості та упередженості в системах.

Міста та роботодавці за рахунок спостереження зосереджуються на підвищенні ефективності. Це викликає етичні проблеми щодо індивідуальної конфіденційності та автономії. Дослідники підкреслили [79], як розширене підключення в розумному місті може дати змогу збирати важливі дані про людей без їхньої згоди. Громадяни не мають жодного доступу до інформації про мету збору даних і процес, у якому їх дані використовуються. Порушення та зловживання безпекою та конфіденційністю можуть загрожувати громадській довірі та демократії, оскільки необхідні умови для суспільної довіри погіршуються. Структури підвищення безпеки та конфіденційності можуть допомогти як стратегії пом'якшення [80]. Тим не менш, їхні соціальні наслідки технічних виправлень не були ретельно досліджені [81].

Концепцію «розумних міст» не можна сприймати як об'єктивні методи збору даних, які прозоро відтворюють функціонування міста, незаплямованого ідеологіями. В [82] вказано, що «дані є продуктом складних соціально-технічних сукупностей». Це означає, що культура, політика, соціальні взаємодії та інші численні події в містах формують дані.

Екологічна стійкість та економічне зростання. Зв'язок між технологіями «розумного міста» та екологічною стійкістю не є односпрямованим, а складним і невизначеним [83]. Позитивно ставлячись до проектів «розумних міст», деякі автори проводили відмінності між економічним зростанням і збереженням навколишнього середовища, заявляючи, що розумні міста прагнуть обслуговувати обидва, з іншого боку, інші заперечують сумісність цих цілей [9]. Економічний вимір переважає над екологічним і соціальним, оскільки ініціативи «розумного міста» більше зосереджені на оптимізації ефективності рішень, замість того, щоб вирішувати проблеми сталого розвитку [84].

Технології «розумного міста» також вимагають споживання енергії, і оскільки вони охоплюють новітні технології, такі як блокчейн, етичні запити щодо споживання енергії починають зростати [78]. Крім того, розвиток «розумних» технологій вимагає дефіцитних елементів, таких як рідкоземельні

мінерали та метали [85]. Видобуток матеріалів може вказувати на соціально-екологічні наслідки та конфлікти в сферах інтересів. Їх переробка також представляє значну проблему [86].

Збереження культурної спадщини в системах розумних міст. Крім того, для розвитку «розумного міста», як правило, технологічні партнери з місцевою владою служать центрами надання даних галузям, пов'язаним з ІКТ, які раніше були недоступні. Замість ринкового партнерства для розвитку «розумного міста», яке традиційно дотримується, міста не повинні служити клієнтами для технологічних компаній; швидше, вони повинні працювати як партнери в розробці та розгортанні ІКТ. Місцеве суспільство не повинно інтегруватися лише як постачальник інформації. Однак, щоб полегшити обґрунтований вибір у короткостроковій перспективі, необхідно отримувати зручні для користувача міські дані в режимі реального часу з цифрових інтерфейсів різноманітних систем – житла, транспорту, катастроф, дорожнього руху. Для розширення можливостей громадянського суспільства в довгостроковій перспективі, разом із внеском державних службовців, участь населення у плануванні міста має вирішальне значення для збереження природної та культурної спадщини.

Залучення різних зацікавлених сторін, починаючи від тих, хто створює та додає технології до тих, хто використовує та купує технології, може зробити «розумне місто» успішним. Взаємодія між різними зацікавленими сторонами, розробниками технологій, постачальниками технологій, галузями промисловості, операторами, місцевими адміністраторами, урядом і споживачами, призводить до спонтанного створення нових послуг і продуктів, націлених на інноваційні результати. Розвиток ІКТ міської системи, який залучає поінформованих учасників, швидше за все, принесе миттєві результати, пов'язані з міською стійкістю, ніж інші [87].

3.7 Підсистеми систем «розумного міста»

Застосування нових технологій не є рішенням для покращення можливостей у місті – існує потреба переглянути роль, практику та пріоритети

інституцій. Поняття «розумного міста» не повинно обмежуватися розгортанням лише найсучасніших технологій у міських районах. Політики повинні розробити та реалізувати наукомістку та інноваційну політику для створення розумних міст на стійкій основі [13]. Ця політика має бути спрямована на покращення соціально-економічних показників, конкурентоспроможності, екології та логістики міст, серед іншого.

Успіх визначатиметься різними елементами, включаючи адаптивні платформи, які можуть змінюватися у відповідь на технологічний прогрес, зміни в поведінці менеджерів, адміністраторів і людей, а також нові модальності управління, серед іншого. Фізична інфраструктура, така як дороги та комунальні послуги, повинна бути розроблена таким чином, щоб бути модульною, замінною та модернізованою, наскільки це можливо при розвитку нових міст. Коли відбуваються несподівані події, це може допомогти гарантувати, що життя не буде порушено та що повсякденна діяльність продовжується, як зазвичай.

Необхідно, щоб громадяни, розробники програмного забезпечення, державні лідери та бізнес дійшли спільного розуміння того, як має виглядати розумне місто, а потім почали співпрацювати, щоб подолати складні виклики, з якими вони зараз і незабаром стикаються в сьогодення і майбутнє. Найважливіше те, що містами можна керувати за допомогою технологій, але вони повинні створюватися з урахуванням бачення. Щоб зробити місто приємним місцем для життя, нам потрібне «CCTV» для роботи – громадяни, громада, технології та бачення [13].

3.8 Пропозиції щодо вдосконалення моделювання розумних міст на основі систем

Наведено пропозиції щодо покращення результатів системних моделей, які використовуються в науковій літературі для програм «розумного міста»:

1. Обговорювані обмеження вказують на майбутні дослідження, які можуть включати шаблони комутації із залежністю від часу, наслідки граничних

вузлів, більш детальні характеристики доріг та перевірку моделі з історичними даними [65].

2. Для більш точних результатів моніторингу динаміки натовпу можна досліджувати різноманітні масштаби на мікро- та макрорівнях.

3. У сфері інтелектуальної мобільності подальша робота також може включати моніторинг у режимі реального часу та дискретний моніторинг у багатьох масштабах, включаючи час і простір, за допомогою моніторингу руху мікроповітряних апаратів у режимі реального часу [67].

4. Управління установами, що залежать від масштабу, є ще одним напрямком дослідження для кращого розвитку інфраструктури [60].

5. Інтеграція ML з MM для виявлення основної динаміки високої та низької розмірності є ще однією можливістю для майбутніх досліджень [69].

6. Підвищення продуктивності, надійності та точності багатомасштабних систем Кількісне визначення невизначеності багатомасштабних систем у «розумному» міському середовищі залишається відкритим для майбутньої роботи;

7. Впровадження зростаючих підходів до багатомасштабних моделей у «розумних» міських середовищах все ще залишається відкритим напрямком для дослідників та промисловості.

3.9 Висновок до третього розділу

В третьому розділі кваліфікаційної роботи описано теорію систем про «розумне місто». Розглянуто застосування теорії і моделей в «розумних містах». Проаналізовано розумне місто як системи підсистем. Висвітлено системні проблеми «розумних міст». Наведено складнощі системної моделі «розумного міста». Розглянуто складність цифрових двійників «розумних міст». Проаналізовано підсистеми систем «розумного міста». Подано пропозиції щодо вдосконалення моделювання розумних міст на основі систем.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Сучасні інформаційні технології та їх вплив на людину

Тема кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Магістр» присвячена дослідженню розумних міст як складних інформаційно-технологічних систем. Вплив інформаційних технологій на людину з кожним роком зростає. На даний час інформаційні технології (ІТ) є невід'ємною частиною нашого життя. Вони використовуються в усіх сферах діяльності, від освіти і роботи до розваг і спілкування.

Активне формування і розвиток глобального інформаційного середовища сприяє прискоренню всіх процесів в людській діяльності. Наприклад, ІТ дають змогу нам отримувати інформацію в лічені секунди, спілкуватися з людьми з усього світу і навіть працювати віддалено.

Як результат, виникають нові вимоги та формуються певні умови життя, до яких людина повинна пристосовуватися. Наприклад, ІТ вимагають від нас нових навичок, таких як критичне мислення, здатність до швидкого навчання та адаптації до змін [88].

На даний час існує обширний перелік інформаційних технологій, які розвиваються стрімкими темпами. ІТ-фахівці, як і будь-які інші працівники, повинні проходити навчання і перевірку знань з охорони праці. Це може відбуватися в навчальному центрі або в самій організації, якщо в ній є комісія з перевірки знань з охорони праці, атестована в спеціалізованому навчальному центрі.

Навчання охорони праці в організації проводять по самостійно розробленим програмам, які складаються, спираючись на типові програми, а також з огляду на особливості галузі, в якій працює організація.

З метою належного правового забезпечення необхідно розширити та доповнити перелік основних професій комп'ютерної галузі у національному класифікаторі ДК-003-2010, а також підготувати відповідний випуск у кваліфікаційному довіднику посад фахівців ІТ-індустрії. Це сприятиме

вирішенню питань соціального захисту, пенсійного забезпечення ІТ-фахівців, а також атестації робочих місць основних професій за умовами праці на предмет подальших певних видів пільг та компенсацій за важкі шкідливі і небезпечні умови праці [89].

Робота з комп'ютерами нового покоління характеризується психофізіологічними перевантаженнями, втому зорового аналізатора та гіпокінезією. Крім того, відсутні диференційовані норми праці при роботі з новою комп'ютерною технікою в залежності від віку, статі, категорії зорової роботи, режимів праці та відпочинку.

Це потребує розробки нових нормативно-правових актів з регламентації праці та відпочинку фахівців ІТ-індустрії, а також стандартів підприємств, центрів комп'ютерної техніки, центрів інформаційних технологій та сучасних комп'ютерних класів.

Особлива роль у збереженні та відновленні здоров'я працюючих в комп'ютерній галузі належить попереднім та періодичним медичним оглядам з подальшою психофізіологічною експертизою. Ця експертиза встановлює професійну придатність до роботи з комп'ютерами нового покоління, які супроводжуються виникненням певних факторів професійного ризику електротравматизму при їх ремонті та обслуговуванні.

У зв'язку з цим необхідне запровадження експертизи на предмет безпечної експлуатації персональних електронних обчислювальних машин (ПЕОМ). Така експертиза є офіційним підтвердженням фактичних параметрів електробезпеки ПЕОМ та їх відповідності вимогам нормативної документації. Фахівці, які проводять таку експертизу, повинні пройти навчання і перевірку знань відповідно до вимог ДНАОП 0.00-8.20-99.

За результатами експертизи приймаються рішення про відповідність ПЕОМ нормам безпеки, терміни чергової експертизи. Оформляються протоколи вимірювань і випробувань, проведені у разі потреби розрахунки та експертний висновок.

Для підвищення розумової працездатності та запобігання втомі зорового аналізатора повинна здійснюватися ергономічна оптимізація робочого місця

оператора комп'ютера. Це сприятиме результативній фізичній та інтелектуальній працездатності та відновленню психосоматичного здоров'я фахівців IT-індустрії [90].

Зарубіжний досвід створення в приміщеннях підприємств спеціальних візуальних комфортних умов та забезпечення вимог виробничої естетики, дотримання норм рівнів виробничого шуму та акустичної тиші за межами офісу заслуговує на увагу. Також важливим є використання в офісних приміщеннях та кабінетах функціональної музики для психофізіологічного розвантаження, яке сприяє попередженню перевтоми та підтриманню необхідного рівня розумової працездатності фахівців комп'ютерної галузі [91].

У великих центрах інформаційних технологій заслуговує на увагу створення кімнат (кабінетів) психофізіологічного розвантаження працівників галузі. Зарубіжний досвід охорони праці при використанні новітніх інформаційних технологій та сучасного комп'ютерного обладнання передбачає, що під час технологічних перерв фахівці IT-індустрії повинні брати участь у спеціальних облаштованих приміщеннях у відповідних фізичних вправах, індивідуальних тренінгових завданнях відповідно до віку, статі та категорії зорової роботи. Такий підхід дає змогу зняти надлишкове психофізіологічне перевантаження, підвищити працездатність центральної нервової системи та попередити перевтому зорового аналізатора.

4.2 Здоровий спосіб життя людини та його вплив на професійну діяльність

Здоров'я людини залежить від генетики, способу життя та екологічних умов. Воно також залежить від свідомого ставлення людини до свого організму та навколишнього середовища. Здоров'я людини – це стан повного фізичного, психічного та соціального благополуччя, коли функції всіх органів і систем організму врівноважені з природними факторами та соціальним оточенням. Критерій здоров'я визначається комплексом показників. Загальною ознакою здоров'я окремого індивідуума є відсутність будь-яких чітко виражених

хворобливих змін. [92]. Здоров'я залежить від багатьох факторів, які об'єднуються в поняття здорового способу життя. Здоровий спосіб життя передбачає свідоме і розумне ставлення до власного здоров'я, фізичної та психічної культури, загартовування організму, вміле влаштування режимів праці та відпочинку.

Основні складові здорового способу життя:

1. Спосіб життя. Має велике значення для здоров'я людини і складається з чотирьох категорій:

- економічної (рівень життя);
- соціологічної (якість життя);
- соціально-психологічної (стиль життя);
- соціально-економічної (устрій життя).

2. Рівень культури. Людина є суб'єктом і головним результатом своєї діяльності. Культура передбачає самосвідоме ставлення до самого себе. Однак люди часто нехтують своїм здоров'ям, ведуть неправильний спосіб життя, не дотримуються режиму, переїдають, курять. Тому для здоров'я потрібні знання, які стали б повсякденною звичкою.

3. Здоров'я людини в ієрархії особистих потреб. Здоров'я людини не завжди є найважливішою цінністю. У гонитві за речами та матеріальними благами люди часто нехтують своїм здоров'ям. Це може призвести до шкоди не лише власному здоров'ю, а й здоров'ю майбутніх поколінь. Тому здоров'я повинно займати перше місце в ієрархії потреб людини.

4. Мотивація. Здоров'я – це безцінний скарб, який багато людей усвідомлюють лише тоді, коли воно втрачено. Тільки тоді виникає прагнення вилікуватися та стати здоровим.

5. Зворотні зв'язки – це нерозумне і довге випробовування стійкості організму нездоровим способом життя (алкоголь, нікотин).

6. Установа на довге здорове життя. У повсякденному житті важливо вміти мобілізувати резерви свого організму для подолання труднощів життєвого характеру та зменшення ризику захворювань. Це сприяє довголіттю.

7. Навчання здоровому способу життя. Джерелом навичок щодо збереження здоров'я є приклад батьків і санітарна освіта. Реакція людини на екстремальну ситуацію залежить від її психофізичних якостей та загального стану. Чутливість людини до виявлення сигналів небезпеки та її реакція на ці сигнали залежать від індивідуальних особливостей, зокрема від її нервової системи. На поведінку людини у небезпечній ситуації впливають її психічний та фізичний стан.

8. Психічний стан. Сучасна людина стикається з багатьма факторами ризику, які негативно впливають на її здоров'я. Ці фактори можуть призвести до проблем з нервовою та серцево-судинною системами, а також зниження опірності організму до хвороб.

4.3 Висновок до четвертого розділу

В четвертому розділі кваліфікаційної роботи розглянуто сучасні інформаційні технології та їх вплив на людину. Описано здоровий спосіб життя людини та його вплив на професійну діяльність.

ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота освітнього рівня «Магістр» присвячена дослідженню розумних міст як складних інформаційно-технологічних систем.

В першому розділі кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Магістр»:

- Висвітлено історичні аспекти виникнення концепту «розумне місто».
- Подано визначення та застосування «розумного міста».
- Описано міські моделі та теорії.
- Розглянуто аспекти функціонування міст.
- Досліджено гуманітарні та соціотехнічні аспекти «розумних міст».

В другому розділі кваліфікаційної роботи:

- Розглянуто складнощі орієнтованих на ІКТ рішень «розумних міст».
- Описана наука про складність і складні системи.
- Досліджено «розумні міста» як складні системи.
- Проаналізовано використання системних архетипів у моделюванні

«розумних міст».

В третьому розділі кваліфікаційної роботи:

- Описано теорію систем про «розумне місто».
- Розглянуто застосування теорії і моделей в «розумних містах».
- Проаналізовано розумне місто як системи підсистем.
- Висвітлено системні проблеми «розумних міст».
- Наведено складнощі системної моделі «розумного міста».
- Розглянуто складність цифрових двійників «розумних міст».
- Проаналізовано підсистеми систем «розумного міста».
- Подано пропозиції щодо вдосконалення моделювання розумних міст на

основі систем.

У розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» розглянуто сучасні інформаційні технології та їх вплив на людину. Описано здоровий спосіб життя людини та його вплив на професійну діяльність.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ

- 1 Duda, O., Kunanets, N., Martsenko, S., Matsiuk, O., Pasichnyk, V., Building secure Urban information systems based on IoT technologies. CEUR Workshop Proceedings 2623, pp. 317-328. 2020.
- 2 Pumain, D. Alternative explanations of hierarchical differentiation in urban systems. In Hierarchy in Natural and Social Sciences; Denise, P., Ed.; Methodos Series; Springer: Dordrecht, The Netherlands, 2006; Volume 3, pp. 169–222.
- 3 Ramirez Lopez, L.J.; Grijalba Castro, A.I. Sustainability and Resilience in Smart City Planning: A Review. Sustainability 2021, 13, 181.
- 4 Casado, M.S. From smart cities to smart citizens. Citizenry against technology in the construction of urban resilience. J. Urban Stud. Soc. Sci. 2014, 6, 121–128.
- 5 West, G.B. Scale: The Universal Laws of Growth, Innovation, Sustainability, and the Pace of Life in Organisms, Cities, Economies, and Companies; Penguin Press: New York, NY, USA, 2017.
- 6 Bettencourt, L.M. Cities as complex systems in Modeling Complex Systems for Public Policies; Institute for Applied Economic Research-IPEA: Brasília, Brasil 2015; pp. 217–236.
- 7 Duda, O., et al, Selection of Effective Methods of Big Data Analytical Processing in Information Systems of Smart Cities. CEUR Workshop Proceedings 2631, pp. 68-78. 2020.
- 8 Bodnarchuk I., Duda O., Kharchenko A., Kunanets N., Matsiuk O., Pasichnyk V. Choice method of analytical information-technology platform for projects associated to the smart city class. ICTERI 2020 ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer Proceedings of the 14th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. Volume I: Main Conference p.317-330.

9 Hollands, R.G. Will the real smart city please stand up? Intelligent, progressive or entrepreneurial? In *The Routledge Companion to Smart Cities*; Routledge: Oxfordshire, UK, 2020; pp. 179–199.

10 Giffinger, R.; Fertner, C.; Kramar, H.; Meijers, E. City-Ranking of European Medium-Sized Cities; Vienna University Technology: Vienna, Austria, 2007; pp.1–12.

11 Kunanets N. et al. (2021) Designing the Repository of Documentary Cultural Heritage. In: Shakhovska N., Medykovsky M.O. (eds) *Advances in Intelligent Systems and Computing V. CSIT 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 1293, pp 1034-1044. Springer, Cham. ISBN978-3-030-63270-0.

12 Neirotti, P.; De Marco, A.; Cagliano, A.C.; Mangano, G.; Scorrano, F. Current trends in Smart City initiatives: Some stylised facts. *Cities* 2014, 38, 25–36.

13 Mansoor, A.; Chandra, K. Becoming a Smart City: Best Practices, Failures and Practical Challenges. In *Proceedings of the CeDEM Asia 2018: International Conference for E-Democracy and Open Government*, Yokohama, Japan, 12–13 July 2018.

14 Hollands, R.G. Will the real smart city please stand up? *City* 2008, 12, 303–320.

15 Batty, M. Cities as Complex Systems: Scaling, Interaction, Networks, Dynamics and Urban Morphologies. In *Encyclopedia of Complexity and Systems Science*; Meyers, R.A., Ed.; Springer: New York, NY, USA, 2009; pp. 1041–1071.

16 Batty, M. Cities in disequilibrium. In *Non-Equilibrium Social Science and Policy*; Springer, Cham, Switzerland, 2017; pp. 81–96.

17 Bettencourt, L.; West, G. A unified theory of urban living. *Nature* 2010, 467, 912–913.

18 Batty, M. Building a science of cities. *Cities* 2012, 29, S9–S16.

19 Forrester, J. *Urban Dynamics*; M.I.T. Press: Cambridge, MA, USA, 1969.

20 Bettencourt, L.M.A.; Lobo, J.; Helbing, D.; Kühnert, C.; West, G.B. Growth, innovation, scaling, and the pace of life in cities. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2007, 104, 7301–7306.

21 Latif, S.; Qayyum, A.; Usama, M.; Qadir, J.; Zwitter, A.; Shahzad, M. Caveat emptor: The risks of using big data for human development. *IEEE Technol. Soc. Mag.* 2019, 38, 82–90.

22 Ahmad, K.; Maabreh, M.; Ghaly, M.; Khan, K.; Qadir, J.; Al-Fuqaha, A. Developing future human-centered smart cities: Critical analysis of smart city security, Data management, and Ethical challenges. *Comput. Sci. Rev.* 2022, 43, 100452.

23 Ammara, Umme, et al. "Smart cities from the perspective of systems." *Systems* 10.3 (2022): 77.

24 Monzon, A. Smart cities concept and challenges: Bases for the assessment of smart city projects. In *Proceedings of the 2015 International Conference on Smart Cities and Green ICT Systems (SMARTGREENS)*, Lisbon, Portugal, 20–22 May 2015, pp. 1–11.

25 Forrester, J.W. Urban dynamics. *IMR Ind. Manag. Rev. (Pre-1986)* 1970, 11, 67.

26 Green, B. *The Smart Enough City: Putting Technology in Its Place to Reclaim Our Urban Future*; MIT Press: Cambridge, MA, USA, 2019.

27 Kourtit, K.; Nijkamp, P. Smart cities in the innovation age. *Innov. Eur. J. Soc. Sci. Res.* 2012, 25, 93–95.

28 Reeve, C.D. *Plato: Republic*; Hackett: Indianapolis, IN, USA, 2004.

29 Doskozhanova, A.; Nurysheva, G.; Tuleubekov, A. State policy as virtue in doctrines of plato and Al-Farabi. *Man India* 2016, 96, 1979–1993.

30 Ali, I.; Qin, M. Distinguishing the virtuous city of Alfarabi from that of Plato in light of his unique historical context. *HTS Theol. Stud.* 2019, 75, 1 – 9.

31 Vallor, S. *Technology and the Virtues: A Philosophical Guide to a Future Worth Wanting*; Oxford University Press: Oxford, UK, 2016.

32 Vallor, S. Technology and the Virtues: A Response to My Critics. *Philos. Technol.* 2018, 31, 305–316.

33 Von Bertalanffy, L. The meaning of general system theory. *Gen. Syst. Theory: Found. Dev. Appl.* 1973, 1, 30–53.

34 Chadwick, G. *A Systems View of Planning: Towards a Theory of the Urban and Regional Planning Process*; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2013.

- 35 Gleick, J. *Chaos: Making a New Science*; Penguin: New York, NY, USA, 2008.
- 36 Wiener, N. *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*; MIT Press: Cambridge, MA, USA, 2019.
- 37 Forrester, J.W. *Industrial dynamics*. *J. Oper. Res. Soc.* 1997, 48, 1037–1041.
- 38 Senge, P.M. *The Fifth Discipline: The Art and Practice of the Learning Organization*; Doubleday/Currency, New York, NY, USA, 2006.
- 39 Stroh, D.P. *Systems Thinking for Social Change*; Chelsea Green Publishing: Chelsea, VT, USA, 2015.
- 40 Phelan, S.E. What is complexity science, really? *Emergence*, J. Complex. Issues Organ. Manag. 2001, 3, 120–136.
- 41 Benham-Hutchins, M.; Clancy, T.R. Social networks as embedded complex adaptive systems. *JONA J. Nurs. Adm.* 2010, 40, 352–356.
- 42 McLoughlin, J.B. *Urban & Regional Planning: A Systems Approach*; Faber and Faber: London, UK, 1969.
- 43 Salat, S.; Bourdic, L. Systemic Resilience of Complex Urban Systems. *Tema J. Land Use Mobil. Environ.* 2012, 5, 55–68.
- 44 Braun, W. The System Archetypes. *System* 2002, 2002, 1–26.
- 45 Green, B.; Hu, L. The Myth in the Methodology: Towards a Recontextualization of Fairness in Machine Learning. In *Proceedings of the Debates workshop at the 35th International Conference on Machine Learning (ICML)*, Stockholm, Sweden, 14 July 2018.
- 46 Organization for Economic Co-operation and Development and Ministry of Land, Infrastructure and Transport. *Smart Cities and Inclusive Growth* © Oecd 2020. Available online: https://www.oecd.org/cfe/Inclusive_Growth.pdf.
- 47 Senge, P.M.; Scharmer, C.O.; Jaworski, J.; Flowers, B.S. *Presence: Human Purpose and the Field of the Future*; SoL: Cambridge, MA, USA, 2004; Volume 20081.
- 48 Lom, M.; Pribyl, O. Smart city model based on systems theory. *Int. J. Inf. Manag.* 2021, 56, 102092.
- 49 Lee, J.; Bagheri, B.; Kao, H.A. A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manuf. Lett.* 2015, 3, 18–23.

50 Hashem, I.A.T.; Chang, V.; Anuar, N.B.; Adewole, K.; Yaqoob, I.; Gani, A.; Ahmed, E.; Chiroma, H. The role of big data in smart city. *Int. J. Inf. Manag.* 2016, 36, 748–758.

51 Weiss, G., Ed. *Multiagent Systems*, 2nd ed.; Intelligent Robotics and Autonomous Agents; The MIT Press: Cambridge, MA, USA, 2013.

52 Pas, E.I.; Principio, S.L. Braess' paradox: Some new insights. *Transp. Res. Part Methodol.* 1997, 31, 265–276.

53 Stephan, K.E.; Harrison, L.M.; Kiebel, S.J.; David, O.; Penny, W.D.; Friston, K.J. Dynamic causal models of neural system dynamics: Current state and future extensions. *J. Biosci.* 2007, 32, 129–144.

54 Chang, S.L.; Harding, N.; Zachreson, C.; Cliff, O.M.; Prokopenko, M. Modelling transmission and control of the COVID-19 pandemic in Australia. *Nat. Commun.* 2020, 11, 5710.

55 Nunes, S.A.; Ferreira, F.A.; Govindan, K.; Pereira, L.F. “Cities go smart!”: A system dynamics-based approach to smart city conceptualization. *J. Clean. Prod.* 2021, 313, 127683.

56 Fioravanti, A.R.; Mareček, J.; Shorten, R.N.; Souza, M.; Wirth, F.R. On classical control and smart cities. In *Proceedings of the 2017 IEEE 56th Annual Conference on Decision and Control (CDC)*, Melbourne, VIC, Australia, 12–15 December 2017; pp. 1413–1420.

57 Crisostomi, E.; Shorten, R.; Wirth, F. Smart cities: A golden age for control theory?[industry perspective]. *IEEE Technol. Soc. Mag.* 2016, 35, 23–24.

58 Serrano, I.; Calvet-Mir, L.; Ribera-Fumaz, R.; Díaz, I.; March, H. A Social Network Analysis of the Spanish Network of Smart Cities. *Sustainability* 2020, 12.

59 Raǎdulescu, C.M.; Slava, S.; Raǎdulescu, A.T.; Toader, R.; Toader, D.C.; Boca, G.D. A Pattern of Collaborative Networking for Enhancing Sustainability of Smart Cities. *Sustainability* 2020, 12, 1042.

60 Amézquita-López, J.; Valdés-Atencio, J.; Angulo-García, D. Understanding Traffic Congestion via Network Analysis, Agent Modeling, and the Trajectory of Urban Expansion: A Coastal City Case. *Infrastructures* 2021, 6, 85.

61 Boeing, G. Street Network Models and Indicators for Every Urban Area in the World. *Geogr. Anal.* 2021.

62 Porta, S.; Crucitti, P.; Latora, V. The Network Analysis of Urban Streets: A Primal Approach. *Environ. Plan. Plan. Des.* 2006, 33, 705–725.

63 Buzachis, A.; Celesti, A.; Galletta, A.; Fazio, M.; Fortino, G.; Villari, M. A multi-agent autonomous intersection management (MA-AIM) system for smart cities leveraging edge-of-things and Blockchain. *Inf. Sci.* 2020, 522, 148–163.

64 Tran Thi Hoang, G.; Dupont, L.; Camargo, M. Application of Decision-Making Methods in Smart City Projects: A Systematic Literature Review. *Smart Cities* 2019, 2, 433–452.

65 Langemeyer, J.; Gómez-Baggethun, E.; Haase, D.; Scheuer, S.; Elmqvist, T. Bridging the gap between ecosystem service assessments and land-use planning through Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA). *Environ. Sci. Policy* 2016, 45–56.

66 Wu, N.; Silva, E.A. Artificial Intelligence Solutions for Urban Land Dynamics: A Review. *J. Plan. Lit.* 2010, 24, 246–265.

67 Gunturi, V.M.S.S., Big spatio-temporal network data analytics for smart cities: Research needs. In *Seeing Cities Through Big Data*; Springer: Cham, Switzerland 2017; pp. 127–140.

68 Stevens, N.J.; Youssef, M.S.; Salmon, P.M. New ways to model cities as complex systems. In *Proceedings of the 9th State of Australian Cities National Conference*, Perth, Australia, 30 November–5 December 2019.

69 Khan, A.; Aslam, S.; Aurangzeb, K.; Alhussein, M.; Javaid, N. Multiscale modeling in smart cities: A survey on applications, current trends, and challenges. *Sustain. Cities Soc.* 2021, 78, 103517.

70 Cavalcante, E.; Cacho, N.; Lopes, F.; Batista, T.; Oquendo, F. Thinking Smart Cities as Systems-of-Systems: A Perspective Study. In *Proceedings of the 2nd International Workshop on SmartCities*, Trento, Italy, 12–16 December 2016.

71 Cavalcante, E.; Cacho, N.; Lopes, F.; Batista, T. Challenges to the Development of Smart City Systems: A System-of-Systems View. In *Proceedings of the 31st Brazilian Symposium on Software Engineering*, Fortaleza, Brasil, 20–22

September 2017; Association for Computing Machinery: New York, NY, USA, 2017; pp. 244–249.

72 Portugali J., S.E. What Makes Cities Complex? In *Complexity, Cognition, Urban Planning and Design. Proceedings in Complexity*; Springer: Cham, Switzerland, 2016.

73 Mohammed, H. Smart cities as Complex System of Systems: Challenges and Open Research Problems; The International Society for Professional Innovation Management (ISPIM): Manchester, UK, 2019; pp. 1–16.

74 Schleicher, J.M.; Vögler, M.; Inzinger, C.; Fritz, S.; Ziegler, M.; Kaufmann, T.; Bothe, D.; Forster, J.; Dustdar, S. A Holistic, Interdisciplinary Decision Support System for Sustainable Smart City Design. In *International Conference on Smart Cities; Smart-CT 2016*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2016; Volume 9704, pp. 1–10.

75 Shi, G.; Shan, J.; Ding, L.; Ye, P.; Li, Y.; Jiang, N. Urban Road Network Expansion and Its Driving Variables: A Case Study of Nanjing City. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2019, 16, 2318.

76 Bermudez-Edo, M.; Barnaghi, P. Spatio-Temporal Analysis for Smart City Data. In *Proceedings of the WWW'18: Companion Proceedings of the The Web Conference 2018*; Lyon, France, 23–27 April 2018; pp. 1841–1845.

77 Hamdi, A.; Shaban, K.; Erradi, A.; Mohamed, A.; Rumi, S.K.; Salim, F.D. Spatiotemporal data mining: A survey on challenges and open problems. *Artif. Intell. Rev.* 2021, 55, 1441–1488.

78 Ziosi, M.; Hewitt, B.; Juneja, P.; Taddeo, M.; Floridi, L. Smart Cities: Mapping their Ethical Implications. SSRN 2022.

79 Caron, X.; Bosua, R.; Maynard, S.B.; Ahmad, A. The Internet of Things (IoT) and its impact on individual privacy: An Australian perspective. *Comput. Law Secur. Rev.* 2016, 32, 4–15.

80 Krupp, B.; Sridhar, N.; Zhao, W. Spe: Security and privacy enhancement framework for mobile devices. *IEEE Trans. Dependable Secur. Comput.* 2015, 14, 433–446.

81 Hassan, A.M.; Awad, A.I. Urban transition in the era of the internet of things: Social implications and privacy challenges. *IEEE Access* 2018, 6, 36428–36440.

82 Kitchin, R. The real-time city? Big data and smart urbanism. *GeoJournal* 2014, 79, 1–14.

83 Berkhout, F.; Hertin, J. De-materialising and re-materialising: Digital technologies and the environment. *Futures* 2004, 36, 903–920.

84 Bibri, S.E. *Smart Sustainable Cities of the Future: The Untapped Potential of Big Data Analytics and Context-Aware Computing for Advancing Sustainability*; Springer: Cham, Switzerland, 2018.

85 Chancerel, P.; Marwede, M.; Nissen, N.F.; Lang, K.D. Estimating the quantities of critical metals embedded in ICT and consumer equipment. *Resour. Conserv. Recycl.* 2015, 98, 9–18.

86 Ali, S.H. Social and environmental impact of the rare earth industries. *Resources* 2014, 3, 123–134.

87 Sengupta, U.; Doll, C.; Gasparatos, A.; Iossifova, D.; Angeloudis, P.; Baptista, M.; Cheng, S.; Graham, D.; Hyde, R.; Kraenkel, R.; et al. Can Smart Cities Deliver Urban Sustainability? *Inst. Adv. Study Sustain.* 2017, 12, 1–4.

88 Вдосконалення охорони праці в ІТ-галузі. Наукова робота під шифром «ІТ-індустрія». 2019. <https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/>

89 Сьогодні UA. <https://www.segodnya.ua/lifestyle/fun/pochti-kak-u-google-chemudivlyayut-ofisy-ukrainskih-it-kompaniy--764025.html>.

90 MRPL.CITY. <https://mrpl.city/news/view/mariupolskaya-konditerka-stanetbiznes-tsentr-om-foto-plusvideo>.

91 СИДОРЕНКО, ІРИНА ВОЛОДИМИРІВНА. "МОДЕРНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЧОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ РЕГІОНАЛЬНИХ ГОСПОДАРСЬКИХ КОМПЛЕКСІВ В ІНТЕГРАЦІЙНИХ УМОВАХ."

92 Яблуновська, Катерина Олександрівна. "Безпека життєдіяльності. Ч. 1. Безпека життєдіяльності людини у середовищі існування." (2021).

ДОДАТКИ

Тези конференції

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ**

МАТЕРІАЛИ

X НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

**«ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ,
СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»**



7–8 грудня 2022 року

**ТЕРНОПІЛЬ
2022**

УДК 001
МЗ4

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

Голова: Сергій Лупенко— докт. техн. наук, професор.

Співголови: Павло Марущак— докт. техн. наук, професор, проректор з наукової роботи.
Ігор Баран— канд. техн. наук, доцент, декан факультету ФІС.

Науковий секретар: Галина Семенишин— старший викладач.

Члени: докт. фіз.-мат. наук, професор Василь Кривень; докт. техн. наук, професор Ярослав Литвиненко; докт. техн. наук, професор Микола Карпінський; докт. фіз.-мат. наук, професор Михайло Петрик; канд. техн. наук, доцент Галина Осухівська; канд. пед. наук, доцент Жанна Баб'як; канд. техн. наук, доцент Наталія Загородна.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова: Юрій Скоренький— канд. фіз.-мат. наук, доцент, завідувач кафедри фізики

Члени: канд. техн. наук, доцент Вячеслав Никитюк; канд. техн. наук, доцент Дмитро Михалик; канд. техн. наук, асистент Марія Стадник; асистент Наталія Шаблій; ст. викладач Ліліана Джиджора.

Матеріали X науково-технічної конфіції «Інформаційні моделі, системи та технології»
МЗ4 Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя,
(Тернопіль, 7–8 грудня 2022 р.). – Тернопіль : Тернопільський національний технічний
університет імені Івана Пулюя, 2022. –162 с.

Адреса оргкомітету: ТНТУ ім. І. Пулюя, м. Тернопіль, вул. Руська, 56, 46001,
тел. (0352) 52-41-33, факс (0352) 254983.

E-mail: confiis2022@gmail.com

Редагування, оформлення та верстка: Галина Семенишин

СЕКЦІЇ КОНФЕРЕНЦІЇ, ЯКІ ПРЕДСТВЛЕНІ В ЗБІРНИКУ

- Математичне моделювання;
- Інформаційні системи та технології;
- Комп'ютерні системи та мережі;
- Програмна інженерія та моделювання складних розподілених систем;
- Новітні фізико-технічні та освітні технології.

В збірнику надруковано тези доповідей IX науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» (Тернопіль, 7–8 грудня 2022 р.) за такими науковими напрямками: математичне моделювання; інформаційні системи та технології; комп'ютерні системи та мережі; програмна інженерія та моделювання складних розподілених систем; новітні фізико-технічні та освітні технології.

Розрахований на науковців, викладачів та студентів вузів.

За зміст тез та дотримання норм академічної доброчесності відповідальність несе автор.

© Тернопільський національний технічний
університет імені Івана Пулюя, 2022

О. Кравчук РОЗРОБКА ТЕЛЕГРАМ БОТІВ НА PYTHON	
O. Kravchuk DEVELOPMENT OF TELEGRAM BOTS IN PYTHON	29
Н. Лісовий, А. Ставицька, А. Гізовський АНАЛІТИЧНЕ ОПРАЦЮВАННЯ ВЕЛИКИХ ЗА ОБСЯГОМ ДАНИХ	
N. Lisovyi, A. Stavytska, A. Hizhovskiy LARGE DATA VOLUMES ANALYTICAL PROCESSING	30
Н. Шаблій, П. Марценюк СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ДОВКІЛЛЯ	
N. Shabliy, P. Martseniuk ENVIRONMENTAL STATE MONITORING SYSTEMS	31
Р. Маслій СИСТЕМА БЕЗПЕКИ ДЛЯ ІОТ З ВИКОРИСТАННЯМ SIEM ТЕХНОЛОГІЙ	
R. Maslii SECURITY SYSTEM FOR IOT USING SIEM TECHNOLOGIES	32
А. Блавицький, С. Мацюк, С. Криськова ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ ПЛАТЕЖУ	
A. Blavitskiy, S. Matsiuk, S. Kryskova PAYMENT LIFE CYCLE	33
М. Мокрицький, Ю. Скоренький ДОСЛІДЖЕННЯ ВРАЗЛИВОСТЕЙ НЕЙРОІНТЕРФЕЙСІВ	
M. Mokrytskyi, Yu. Skorenkyu STUDY OF BRAIN-COMPUTER INTERFACES VULNERABILITY	34
Г. Мушинська, Л. Дмитроца АНАЛІТИКА ОПТИМІЗАЦІЇ ЧАТ-БОТА	
H. Mushynska, L. Dmytrotsa CHAT BOT OPTIMIZATION ANALYTICS	35
К. Николин РОЗВІДКА ВІДКРИТИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ЗАГРОЗ БЕЗПЕКИ БІЗНЕСУ	
K. Nykolyn OPEN SOURCE INTELLIGENCE FOR IDENTIFYING BUSINESS SECURITY THREATS	36
Т. Патральський ТРАНСФОРМАЦІЯ ДАНИХ У НАСТРОЮВАНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ЗВІТИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ПАНЕЛІ LOOKER STUDIO	
T. Patralskiy DATA TRANSFORMATION INTO CUSTOMIZABLE INFORMATION REPORTS AND INFORMATION PANELS LOOKER STUDIO	37
Ю. Петришин СИСТЕМИ МЕНЕДЖМЕНТУ, МОДЕЛЬ ISO 27001	
Yu. Petryshyn MANAGEMENT SYSTEMS, ISO 27001 MODEL	38
П. Прийма, А. Зав'ялова, В. Дуда ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ, «ВЕЛИКІ ДАНІ» ТА АНАЛІТИКА. СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ДОСЛІДЖЕНЬ	
P. Pryima, A. Zavialova, V. Duda THE INTERNET OF THINGS, BIG DATA AND ANALYTICS. RESEARCH STATUS AND PROSPECTS	39
П. Прийма, А. Зав'ялова, В. Дуда ІНСТРУМЕНТИ АНАЛІТИЧНОГО ОПРАЦЮВАННЯ «ВЕЛИКИХ ДАНИХ»	
P. Pryima, A. Zavialova, V. Duda TOOLS FOR BIG DATA ANALYTICAL PROCESSING	40

УДК 004.9

П. Прийма, А. Зав'ялова, В. Дуда

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ, «ВЕЛИКІ ДАНІ» ТА АНАЛІТИКА. СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ДОСЛІДЖЕНЬ

UDC 004.9

P. Pryima, A. Zavalova, V. Duda**THE INTERNET OF THINGS, BIG DATA AND ANALYTICS. RESEARCH STATUS AND PROSPECTS**

Розвиток, доступність та запровадження інноваційних цифрових технологій практично у всіх сферах людської діяльності призводить до генерації безпрецедентно великих наборів та колекцій даних. Цифрові дані, сформовані з використанням різних цифрових платформ і пристроїв, у всьому світі зростають неймовірними темпами [1]. Експоненційне зростання кількості інтегрованих в фізичне середовище пристроїв з давачами та виконавчими механізмами, підключеними через мережу Інтернет, спричиняє відповідне зростання обсягів даних, отриманих завдяки інформаційним технологіям на основі інтернету речей (IoT, англ. Internet of Things). Сумісна робота людей та машин на основі IoT підвищує їх операційну ефективність та загальну продуктивність людинно-машинних систем.

Аналітичне опрацювання даних з використанням IoT-пристроїв спрощує процеси прийняття рішень, підвищує їх ефективність та, як наслідок, підвищує якість життя [2]. Це призвело до чергового етапу інформаційно-технологічної еволюції та формування засад «розумного» світу. Інтернет речей дозволяє поєднати фізичний світ з Інтернетом, який дозволяє передавати критично-важливу інформацію швидше, ніж інформаційні системи, яка залежить від втручання людей. Дані, зібрані IoT-пристроями, характеризуються великими обсягами, мінливістю, швидкоплинністю. Інформаційні технології «Великих даних» (англ. Big Data) забезпечують їх швидке та ефективніше зберігання і аналітичне опрацювання. Аналітика великих даних (BDA, англ. Big Data Analytics) застосовує інструменти аналітичного опрацювання до великих за обсягом потоків та наборів даних, створених IoT-пристроями, щоб допомогти в прийнятті ефективних та оперативних рішень. Конвергенція IoT, BDA і хмарних інформаційно-технологічних платформ відкриває обширний перелік напрямків наукових досліджень.

На даний час доступні хмарні програмно-алгоритмічні засоби, які надають можливості для ефективного аналітичного опрацювання «Великих даних» в режимі реального часу. Зокрема, це інструменти для аналізу великих за обсягом даних. Почастки вони сформовані з використанням алгоритмів машинного навчання (ML, англ. Machine Learning). Однак обширний перелік загальнодоступних та безкоштовних інструментів BDA, хмарних інформаційно-технологічних платформ та інструментів інтелектуального аналізу даних зазвичай ускладнює вибір засобів для достатньо ефективного виконання поставлених завдань. Тому потребують детальнішого та системного дослідження концепція IoT, особливості застосування IoT-пристроїв, характеристики «Великих даних», зв'язок між IoT та BDA, хмарні інструменти, що використовуються для BDA та прикладні задачі аналітичного опрацювання «великих даних» для потреб IoT-систем.

Література

1. Volume of data/information created, captured, copied, and consumed worldwide from 2010 to 2020, with forecasts from 2021 to 2025 (in zettabytes). URL: <https://www.statista.com/statistics/871513/worldwide-data-created/>.
3. Nti, Isaac Kofi, et al. «A mini-review of machine learning in big data analytics: Applications, challenges, and prospects.» Big Data Mining and Analytics 5.2 (2022): 81–97.

УДК 004.9

П. Прийма, А. Зав'ялова, В. Дуда

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ІНСТРУМЕНТИ АНАЛІТИЧНОГО ОПРАЦЮВАННЯ «ВЕЛИКИХ ДАНИХ»

UDC 004.9

P. Pryima, A. Zavialova, V. Duda**TOOLS FOR BIG DATA ANALYTICAL PROCESSING**

На даний час щодня генеруються великі за обсягом набори та колекції даних практично у всіх сферах людської діяльності. Зокрема дані надходять від соціальних мереж, інженерії, виробництва, транспорту, комерції, галузі охорони здоров'я, біомолекулярних досліджень, фізіології тощо. «Великі дані» (BD, англ. Big Data) та інноваційні методи та підходи їх аналітичного опрацювання, зокрема Big Data Analytics (BDA), змінили спосіб функціонування установ, підприємств та організацій, сформувавши при цьому обширний перелік нових перспективних напрямків досліджень для фахівців та наукової спільноти [1]. Окрім виробничих підприємств і дослідницьких установ, урядові та неурядові організації на даний час регулярно генерують великі за обсягом унікальні набори та колекції даних. Тому видобування та отримання значущої інформації із доступних «Великих даних» стало життєво важливим для підприємств, установ та організацій стало критично актуальним у всьому світі.

Інструменти аналітичного опрацювання «Великих даних» (англ. Big Data) використовуються для обробки великих за обсягом, структурованих, неструктурованих і напівструктурованих даних з метою видобування знань, бізнес-прогнозування, підвищення ефективності процесів прийняття рішень, візуалізації шаблонів тощо.

Apache Hadoop є одним із найпопулярніших інструментів аналізу даних. Він поширюється з відкритим кодом. HDFS (розподілена файлова система Hadoop) – це високоефективний компонент зберігання даних, який використовується для зберігання різнотипових та різноманітних даних, зокрема тексту, xml або json файлів, аудіофайлів, зображень та відео. Зберігання відбувається завдяки поділу даних на частини та збереження в кластерах товарних серверів [2]. Заснований на Java, Apache Hadoop характеризується високою швидкістю, оскільки окремі завдання розділяються та виконуються одночасно на розподілених серверах. Оскільки дані зберігаються на множині розподілених серверів то резервне копіювання даних доступне, навіть при виході з ладу одного окремого сервера.

Apache Spark – це розподілена інформаційна система з відкритим кодом, яка обробляє дані з використанням апаратної оперативної пам'яті. Водночас швидкість обробки даних засобами Spark відчутно перевищує швидкість Hadoop [3]. Spark зручний для системних архітекторів та розробників програмного забезпечення, оскільки для створення програм можна використовувати різні мови програмування, зокрема java, python, R, scala тощо. На даний час обширний перелік організацій, зокрема Finra, Yelp, Zillow, gumgum, використовували Spark. Тому він став практично одним із найпопулярніших фреймворків розподіленої обробки «Великих даних».

Література

1. Islam, AYM Atiquil, et al. «Performance-based evaluation of academic libraries in the big data era.» *Journal of Information Science* 47.4 (2021): 458–471.
2. Akhtar, Nikhat, Firoj Parwej, and Yusuf Perwej. «A perusal of big data classification and hadoop technology.» *International Transaction of Electrical and Computer Engineers System (ITECES)*, USA 4.1 (2017): 26–38.
4. Cao, Jian, et al. «Personalized flight recommendations via paired choice modeling.» *2017 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*. IEEE, 2017.