

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

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

Кафедра комп'ютерних наук
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Консолідація даних IoT-пристроїв розумних міст на основі DataMesh

Виконав: студент IV курсу, групи СН-41

спеціальності 122 Комп'ютерні науки

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Гнатяк А.Р.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Дуда О.М.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Липак Г.І.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Боднарчук І.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Гащин Н.Б.

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2025

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)

« 23 » червня 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня Бакалавр
(назва освітнього ступеня)

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

Студенту Гнатяку Артему Руслановичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Консолідація даних IoT-пристроїв розумних міст на основі DataMesh

Керівник роботи Дуда Олексій Михайлович, канд. техн. наук, доцент кафедри КН
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 7 » травня 2025 року № 4/7-444

2. Термін подання студентом завершеної роботи 24 червня 2025р.

3. Вихідні дані до роботи Наукові публікації про «розумні міста», консолідацію даних IoT-пристроїв, сховища даних та DataMesh.

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

Вступ. 1 Означення, концепти, інформаційні системи та технології «розумних міст».

1.1 Означення «розумних» систем. 1.2 Інноваційний концепт «розумне місто». 1.3 Означення інформаційного продукту. 1.4 Інформаційні системи та технології «розумного» моніторингу.

2 DataMesh та ключові принципи консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст».

2.1 Означення DataMesh. 2.2 Принципи DataMesh. 2.3 Ключові принципи консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh. 3 Концептуалізація платформи та процесів консолідації даних «розумних міст». 3.1 Аналіз відношень між ключовими принципами консолідації даних «розумних міст». 3.2 Концептуалізація інформаційно-технологічної платформи для консолідації даних «розумних міст». 3.3 Міждоменний обмін даними «розумних міст». 3.4 Законодавство про обмін даними та захист даних. 4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці. Висновки. Перелік джерел.

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

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Сенчишин В.С., доцент кафедри МТ	12.06.2025	15.06.2025

7. Дата видачі завдання 29 січня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

Гнатяк А.Р.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Дуда О.М.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Консолідація даних IoT-пристроїв розумних міст на основі DataMesh // Кваліфікаційна робота освітнього рівня «Бакалавр» // Гнатяк Артем Русланович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних наук, група СН-41 // Тернопіль, 2025 // С. 71, рис. – 13, табл. – 0, кресл. – 15, додат. – 0, бібліогр. – 69.

Ключові слова: домени даних, інформаційно-технологічна платформа, IoT, консолідація даних, міждоменний обмін даними, розумні міста, сховище даних, Data Mesh.

Кваліфікаційна робота присвячена дослідженню та обґрунтуванню ефективності застосування архітектури DataMesh для консолідації даних, що генеруються IoT-пристроями у контексті «розумних міст». В першому розділі кваліфікаційної роботи подано означення «розумних» систем. Описано та проаналізовано інноваційний концепт «розумне місто». Розглянуто означення інформаційного продукту. Досліджено інформаційні системи та технології «розумного» моніторингу. Подано інформацію щодо Інтернету речей (IoT), сховищ даних (DW), обробки онлайн-транзакцій (OLTP), операційної аналітики (OLAP) та бізнес-аналітики (BI). Окремо подано опис процесів видобування, перетворення та завантаження (ETL) даних.

В другому розділі кваліфікаційної роботи подано означення DataMesh. Проаналізовано принципи DataMesh. Зокрема подано топологію DataMesh. Описана парадигма DataMesh для подієво-орієнтованої системи моніторингу «розумних» спільнот. Розкрито суть домена DataMesh.

В третьому розділі кваліфікаційної роботи описано виконано аналіз відношень між ключовими принципами консолідації даних «розумних міст». Подано концептуалізацію інформаційно-технологічної платформи для консолідації даних «розумних міст». Описано міждоменний обмін даними «розумних міст». Розглянуто законодавство про обмін даними та захист даних.

ANNOTATION

IoT Device Data Consolidation for Smart Cities Based on DataMesh // Qualification work of the educational level "Bachelor" // Hnatiak Artem Ruslanovych // Ternopil Ivan Pulyu National Technical University, Computer and Information Systems and Software Engineering Faculty, Computer Sciences Department, group SN-41 // Ternopil, 2025 // P. 71, fig. - 13, tabl. - 0, chair. - , annexes. – 0, references - 69.

Keywords: data domains, information technology platform, IoT, data consolidation, cross-domain data exchange, smart cities, data warehouse, Data Mesh.

The qualification thesis is devoted to the research and justification of the effectiveness of applying the DataMesh architecture for the consolidation of data generated by IoT devices in the context of smart cities. The first chapter of the thesis provides definitions of “smart” systems. It describes and analyzes the innovative concept of a “smart city.” The definition of an information product is considered. Information systems and technologies for smart monitoring are examined. Information is presented on the Internet of Things (IoT), data warehouses (DW), online transaction processing (OLTP), online analytical processing (OLAP), and business intelligence (BI). A separate description is provided of the processes of data extraction, transformation, and loading (ETL).

The second chapter of the thesis introduces the concept of DataMesh. The principles of DataMesh are analyzed, including its topology. The DataMesh paradigm is described for an event-driven monitoring system of smart communities. The essence of the DataMesh domain is explained.

The third chapter of the thesis presents an analysis of the relationships between the key principles of data consolidation in smart cities. A conceptualization of the information technology platform for smart city data consolidation is provided. The chapter describes interdomain data exchange in smart cities. Legislation related to data exchange and data protection is also considered.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

AI (англ. Artificial intelligence) – штучний інтелект.

BI (англ. Business Intelligence) – бізнес-аналітика.

DPL (англ. Data Protection Legislation) – законодавчі акти про захист даних.

DW (англ. Data Warehouse) – сховище даних.

ETL (англ. Extract, Transform, Load) – видобування, перетворення, завантаження

GDPR (англ. General Data Protection Regulation) – загальний регламент захисту даних.

ML (англ. Machine Learning) – машинне навчання.

OLAP (англ. OnLine Analytical Processing) – операційна аналітика.

OLTP (англ. OnLine Transaction Processing) – Обробка онлайн-транзакцій.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. ОЗНАЧЕННЯ, КОНЦЕПТИ, ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ «РОЗУМНИХ МІСТ»	11
1.1 Означення «розумних» систем.....	11
1.2 Інноваційний концепт «розумне місто».....	13
1.3 Означення інформаційного продукту	15
1.4 Інформаційні системи та технології «розумного» моніторингу	17
1.4.1 Інтернет речей (IoT)	18
1.4.2 Сховище даних (DW).....	19
1.4.3 Обробка онлайн-транзакцій (OLTP), операційна аналітика (OLAP) та бізнес-аналітика (BI)	20
1.4.4 Видобування, перетворення, завантаження (ETL) даних	22
1.5 Висновок до першого розділу	23
РОЗДІЛ 2. DATAMESH ТА КЛЮЧОВІ ПРИНЦИПИ КОНСОЛІДАЦІЇ ДАНИХ ІОТ-ПРИСТРОЇВ «РОЗУМНИХ МІСТ».....	24
2.1 Означення DataMesh	24
2.2 Принципи DataMesh	24
2.2.1 Топологія DataMesh	25
2.2.2 Парадигма DataMesh для подієво-орієнтованої системи моніторингу «розумних» спільнот	27
2.2.3 Домен DataMesh	31
2.3 Ключові принципи консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh	33
2.4 Висновок до другого розділу	37
РОЗДІЛ 3. КОНЦЕПТУАЛІЗАЦІЯ ПЛАТФОРМИ ТА ПРОЦЕСІВ КОНСОЛІДАЦІЇ ДАНИХ «РОЗУМНИХ МІСТ».....	38
3.1 Аналіз відношень між ключовими принципами консолідації даних «розумних міст»	38

3.2 Концептуалізація інформаційно-технологічної платформи для консолідації даних «розумних міст»	41
3.3 Міждоменний обмін даними «розумних міст»	44
3.4 Законодавство про обмін даними та захист даних	50
3.5 Висновок до третього розділу	54
РОЗДІЛ 4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	55
4.1 Психологічні чинники небезпеки	55
4.2 Вимоги пожежної безпеки при гасінні електроустановок	60
4.3 Висновок до четвертого розділу	62
ВИСНОВКИ.....	64
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ.....	66

ВСТУП

Актуальність теми. Нові технології та використання Інтернету речей (IoT) відіграють важливу роль у проектуванні, будівництві та обслуговуванні «розумних міст». З експоненційним збільшенням даних, що генеруються в галузях «розумної» охорони здоров'я, «розумної» торгівлі, «розумних» фінансових послуг, науки, освіти, публічного адміністрування та «розумного» суспільства, зростає проблема забезпечення безпеки та якості даних. IoT та «розумні міста» перебувають у постійному розвитку та еволюції, спрямовані до нового парадигми цифровізації та цифрової трансформації. Огляд існуючої наукової літератури показує, що велика увага приділяється IoT, але широке обговорення характеристик, використання, застосувань та викликів цих інформаційних технологій у «розумних містах» все ще потребує доопрацювання.

«Розумні міста» генерують величезні обсяги даних з різноманітних джерел, як от давачі води, моніторингу трафіку, довкілля тощо. Ефективне управління цими даними є критично важливим для прийняття обґрунтованих рішень, оптимізації міських послуг та підвищення якості життя громадян. Традиційні централізовані архітектури сховищ даних, такі як Data Warehouse, часто стикаються з проблемами масштабованості, гнучкості та швидкості обробки, особливо з огляду на постійно зростаючий потік даних IoT. Впровадження підходу DataMesh, який акцентує увагу на децентралізованому володінні даними та їх доступності як продуктів, дає змогу подолати ці виклики, забезпечуючи кращу керованість, сумісність та безпеку даних.

Актуальність такого дослідження також посилюється потребою у створенні надійних та адаптивних систем для перехресного обміну даними між різними секторами «розумного міста». Наприклад, дані про трафік можуть бути інтегровані з інформацією про забруднення повітря для розробки більш ефективних екологічних стратегій. Підхід DataMesh, з його фокусом на доменах даних та інформаційно-технологічних платформах, сприяє швидшому

виявленню, інтеграції та споживанню семантичних даних, даючи можливість різним міським службам та зацікавленим сторонам отримувати необхідні дані для своїх потреб. Це веде до підвищення операційної ефективності, покращення реакції на надзвичайні ситуації та створення інноваційних рішень, що робить міста більш «розумними» та стійкими. Тому дослідження процесів консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh є актуальним напрямком сучасних досліджень.

Мета і задачі дослідження. Метою даної кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Бакалавр» є дослідження, концептуалізація та обґрунтування підходів до консолідації даних IoT-пристроїв у «розумних містах» на основі архітектури DataMesh, включаючи аналіз існуючих технологій, принципів побудови доменів даних, міждоменного обміну та вимог до безпеки даних, з метою підвищення ефективності управління міською інфраструктурою. Для досягнення поставленої мети потрібно виконати ряд завдань, зокрема:

- Проаналізувати та систематизувати існуючі означення, концепти, інформаційні системи та технології, що використовуються в «розумних містах».
- Дослідити парадигму DataMesh, її принципи та топологію.
- Визначити ключові принципи консолідації даних IoT-пристроїв у «розумних містах» на основі DataMesh.
- Розробити концептуальну модель інформаційно-технологічної платформи для консолідації даних «розумних міст».
- Розробити щодо ефективної консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh.

Об'єктом дослідження кваліфікаційної роботи є процеси та архітектурні підходи до консолідації даних, що генеруються IoT-пристроями в інформаційно-технологічній екосистемі «розумних міст», зокрема в контексті реалізації концепції DataMesh.

Предметом дослідження кваліфікаційної роботи є сукупність теоретичних положень, методологічних підходів, інформаційно-технологічних

рішень та принципів реалізації консолідації даних, отриманих від IoT-пристроїв у «розумних містах», на основі архітектури DataMesh.

Практичне значення одержаних результатів. Практичне значення одержаних результатів кваліфікаційної роботи полягає у розробці та обґрунтуванні концептуальних засад побудови ефективної, масштабованої та безпечної інформаційно-технологічної платформи для консолідації даних, що надходять від IoT-пристроїв у «розумних містах», на основі архітектури DataMesh. Отримані результати можуть бути використані органами місцевого самоврядування, архітекторами міських інформаційних систем та розробниками смарт-рішень для оптимізації процесів збору, обробки, аналізу та обміну даними між різними міськими службами та секторами, що дасть можливість підвищити оперативність прийняття рішень, покращити якість надання муніципальних послуг та сприяти сталому розвитку міської інфраструктури, враховуючи при цьому вимоги до безпеки та захисту даних.

РОЗДІЛ 1. ОЗНАЧЕННЯ, КОНЦЕПТИ, ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ «РОЗУМНИХ МІСТ»

1.1 Означення «розумних» систем

«Розумна» система – це система, здатна до самостійних дій на основі заздалегідь визначених правил, що активуються вхідними подіями, тобто даними» [1]. Вона отримує дані з різних джерел – як у режимі реального часу, так і пакетно – та обробляє їх відповідно до встановлених правил. Опрацьовані дані дають системі можливість виконувати визначені дії, що відповідають цим правилам. «Подієво-орієнтована система «розумного» моніторингу – це «розумна» система, призначена для спостереження та оперативного реагування відповідно до заданих критеріїв» [1].

Одним із кризових випадків, який міг би отримати користь від подієво-орієнтованої системи «розумного» моніторингу, була епідемія Covid-19, вперше зафіксована в місті Ухань, Китай, 31 грудня 2019 року [2]. Уряд Таїланду запровадив декілька централізованих систем моніторингу [1]. Однак більшість громадян скаржилися, що ці системи не відстежували потенційно інфіковане населення досить швидко, а також сумнівалися в достовірності джерел даних. Найважливішою функцією будь-якої подієво-орієнтованої системи «розумного» моніторингу є надання суспільству точної, актуальної та надійної інформації в кризових ситуаціях у найкоротші терміни.

Аналітична затримка, безпека, надійність і проблеми масштабування змусили більшість «розумних» систем перейти до розподіленої багатошарової архітектури [3]. Масштабування кожного шару як горизонтально, так і вертикально є більш економічним, практичним і забезпечує більшу гнучкість у майбутньому. Багатошарова архітектура допомагає усунути єдину точку відмови в аналітичній системі. Проте, хоча така архітектура надає ці переваги,

вона також ускладнює управління даними порівняно з централізованою архітектурою.

Однією з найбільших проблем системи «розумного» моніторингу під час кризи Covid-19 у 2018 році була її неспроможність забезпечити точне виявлення загроз і швидке оповіщення громадськості [4]. Крім того, надана інформація не охоплювала всі райони. Ця криза також показала, що події є локальними для кожної «розумної» громади і мають асинхронний характер, тобто не всі події однакові. Експерти у кожній громаді повинні самостійно визначати, чи є подія критичною. Ці особливості ускладнюють управління даними в аналітичному процесі системи. Замість монолітної багатосарової архітектури ефективнішим підходом буде нова парадигма, у якій аналітичні процеси розподіляються на обчислювальні одиниці, найближчі до джерел даних. Замість того щоб зберігати всі дані в центральному сховищі та обробляти їх у головному центрі моніторингу, кожна громада має мати власний центр «розумного» моніторингу та оповіщення. Такий підхід надасть можливість обробляти дані безпосередньо в громаді, використовуючи найбільш релевантні локальні джерела, замість того щоб передавати весь обсяг даних у центральний центр для обробки.

Подієво-орієнтована система «розумного» моніторингу може бути представлена як сукупність функцій або процесів, результатом яких є data product (продукт даних) – підклас інформаційного продукту [1]. Нещодавно запропонована парадигма управління даними DataMesh пропонує ефективніший підхід до залучення громад у створення таких інформаційних продуктів. Використання цієї парадигми дає змогу розташувати аналітичні процеси ближче до джерел даних, що мінімізує затримки. Експерти на місцях беруть активнішу участь в аналітичних процесах. Кожна громада може здійснювати моніторинг та оповіщення на основі заздалегідь визначених правил, створених самою громадою. Крім того, громади можуть пропонувати свої інформаційні продукти на основі даних для моніторингу та оповіщення іншим громадам.

Тому в кваліфікаційній роботі освітнього рівня «бакалавр» доцільно розглянути особливості застосування розподіленої парадигми DataMesh для створення подієво-орієнтованих систем «розумного» моніторингу на основі консолідації даних IoT-пристроїв. Для цього потрібно представити концепцію «розумного» моніторингу як сукупності інформаційних продуктів даних для кожної доменної області в межах «розумної» громади.

1.2 Інноваційний концепт «розумне місто»

Розвиток «розумних міст», що забезпечується та формується інноваційними цифровими технологіями, має стати одним з найбільших досягнень суспільства у 21 столітті [5]. На даний час уряди, компанії та суспільства надають перевагу використанню технологій і цифрових послуг для створення соціально-орієнтованіших та безпечніших міст. Місцеве управління та відділ захисту приватності повинні працювати разом на шляху трансформації, базуючись на реаліях власного бачення з'єднаних послуг для громадян, постійно та ефективно [6].

У середньостроковій перспективі очікується, що 41,6 мільярда пристроїв IoT (Інтернет речей) можуть бути з'єднані між собою, і вони, ймовірно, згенерують велику кількість даних [7]. У цьому контексті важливо зрозуміти, як справлятися з різноманітним, обсягом та складністю згенерованих даних.

Питання прийняття рішень в інформаційно-технологічному середовищі «розумного міста» базується на аспектах [6]:

- ефективніші та результативніші послуги;
- екологічні та демографічні факти;
- можливість трансформації міст.

Таким чином, ми можемо бачити, що «розумні міста» мають внутрішні поведінкові характеристики, створені потребами самих міст, надають важливу інформацію і з часом забезпечують високий рівень довіри до компаній і суспільства [8].

Зростаюче з'єднання міст з IoT відоме як «розумні міста». Потреба у з'єднанні зростає через декілька факторів [9]:

- покращення якості життя громадян завдяки покращеним послугам;
- зниження витрат на інфраструктуру;
- якість будівель;
- енергозбереження;
- екологія;
- соціальні питання;
- освіта та безпека.

Масовість даних веде до необхідності мати застосунки для IoT та «розумних міст», щоб зберігати дані в базах даних і сховищах даних (DW) у безпечний і організований спосіб, виробляти емпіричні та наукові знання за допомогою бізнес-аналітики, щоб отримати відповідну інформацію для прийняття рішень [10].

Метою цієї кваліфікаційної роботи є надання знань з теми «розумних міст» на основі сховищ даних, бізнес-аналітики та IoT, щоб дати можливість отримати важливу інформацію в цій області [11].

«Розумні міста» – це не лише майбутнє. Наразі сотні міст по всьому світу мають як основні цілі підвищення якості життя своїм громадянам через:

- «розумні» інфраструктуру;
- «розумний» транспорт;
- «розумні» зелені простори;
- зниження викидів вуглекислого газу;
- сприяння використанню чистої енергії.

Для цього «розумні міста» впроваджують інновації та новітні технології. Вони використовують дані в режимі реального часу для:

- визначення якості повітря в районі;
- сенсори для контролю за використанням води;
- впровадження громадського транспорту з нульовими викидами;

– використання екологічно-чистих будівельних матеріалів.

Щоб класифікувати місто як «розумне», є основне питання – енергія. Важливе джерело, як вона виробляється і як використовується в містах. Існує набір заходів, які вживають міські чиновники та менеджери для підвищення енергоефективності, наприклад, впровадження змін у громадському освітленні для використання енергозберігаючих ламп і збільшення використання чистих джерел енергії, як от зелений водень, для масового громадського транспорту. Також встановлюються «розумні» мережі або смарт-мережі, які автоматично регулюють постачання та попит на енергію в громадських будівлях.

Організація Об'єднаних Націй повідомила, що до 2030 року 60% населення світу буде жити в міських центрах. Серед поточних і майбутніх цілей організація встановлює, що міста повинні бути безпечними, сталими та інклюзивними місцями. У цьому контексті, з огляду на підвищення цін на електроенергію в багатьох європейських країнах, управлінці ключових міст почали працювати над пошуком рішень.

Згідно з дослідженням [1] *«Розумні міста – цифрові рішення для комфортнішого майбутнього»*, проведеним консалтинговою компанією McKinsey, *«завдяки використанню технологій даних, мереж зв'язку в режимі реального часу та використанню застосунків і сенсорів, міста можуть «знизити викиди CO₂ на 10-15%, зменшити споживання води на 20-30% і зменшити обсяг твердих відходів на душу населення на 10-20%»*. Щоб утримати всіх на одному рівні, громадяни організувалися в робочі групи – Smart Citizens Labs, центри, які об'єднують людей і відкривають дебати щодо покращень, створюючи безкоштовні програмні застосунки. Тема «розумних міст» є особливо актуальною для суспільства та технологічних компаній.

1.3 Означення інформаційного продукту

Інформаційний продукт – це продукт, який сприяє досягненню кінцевої мети через використання даних. Інформаційний продукт має вхідний та

вихідний порти, підключені до операційного та аналітичного інтерфейсів. Вхідний порт підключений до інформаційно-технологічної платформи для роботи з даними. Дані з IoT можуть бути зібрані через інфраструктуру потокової обробки даних. Якщо інформаційний продукт потребує аналітичних або операційних даних з інших доменів, ці дані також можуть бути отримані з платформи. Вихідний порт також підключений до інформаційно-технологічної платформи для роботи з даними, щоб передавати операційні та аналітичні дані іншим доменам.

У надзвичайних ситуаціях життя та благополуччя громадян та функціонування підприємств можуть сильно залежати від інформації, наданої інформаційними продуктами «розумного» моніторингу. Існує низка атрибутів, які необхідно ретельно враховувати при розробці інформаційного продукту «розумного» моніторингу. Для цього автори [12] адаптували деякі атрибути з таксономії периферійних обчислень:

1. Точність – інформаційний продукт «розумного» моніторингу має надавати точну інформацію.

2. Затримка – інформаційний продукт «розумного» моніторингу має реагувати в режимі реального часу або в режимі близькому до реального часу на події.

3. Доступність – загальні споживачі повинні мати можливість доступу до інформаційного продукту.

4. Масштабованість – інформаційний продукт «розумного» моніторингу має бути здатним масштабуватися відповідно до потреб.

5. Гнучкість – інформаційний продукт «розумного» моніторингу має бути гнучким у наданні відповідної інформації споживачам.

6. Надійність – інформаційний продукт «розумного» моніторингу має бути надійним для споживачів.

7. Безпека – інформаційний продукт «розумного» моніторингу має бути безпечним і не повинен надавати можливостей для зламу.

1.4 Інформаційні системи та технології «розумного» моніторингу

Останніми роками було проведено та опубліковано ряд досліджень щодо використання сенсорів та IoT-пристроїв для покращеного управління водними ресурсами. Автори [13] представили IoT-орієнтовану платформу для керування системами водопостачання. А в [14] запропоновано IoT-платформу збору даних як рушій цифрового сільського господарства в Африці. В [15] провели систематичний огляд IoT-рішень для управління водними ресурсами.

Беручи до уваги реальний випадок зламу системи управління водними ресурсами у Флориді, нещодавнє дослідження [16] щодо безпеки IoT у водному менеджменті та очищенні води є надзвичайно актуальним. Більшість цих робіт демонструють зростаючу тенденцію до застосування IoT та сенсорних пристроїв у системах управління процесами постачання ресурсів.

Також знайдено дослідження щодо використання підходу edge-to-cloud computing в IoT-системах. Автори [17] представили роботу щодо використання Edge-Fog Cloud для обчислень в Інтернеті речей. В [18] запропоновано нову модель Edge-to-Cloud-as-a-Service (E2CaaS) для побудови програмних сервісів, орієнтованих на застосування в «розумних містах». А автори [19] представили архітектуру управління великими даними для «розумних міст», що базується на моделі fog-to-cloud. В [12] надано детальний аналіз ролі edge computing в Інтернеті речей, а також запропонували розширену таксономію IoT-середовищ на основі Edge, Fog і Cloud.

Хоча розподілена багаторівнева архітектура стала пріоритетним вибором для масштабних подієво-орієнтованих систем, що потребують покращеної затримки, безпеки, масштабованості та надійності, нещодавно запропонована парадигма DataMesh може додати декілька вагомих переваг [1]. Вона дає кожному району можливість стати частиною подієво-орієнтованої мережі «розумного» моніторингу, обробляючи власні аналітичні й моніторингові завдання. Райони можуть утворювати набір доменів у мережі систем моніторингу «розумних» спільнот та обмінюватися даними під час кризових

ситуацій. Розглянемо розподілену парадигму DataMesh для подієво-орієнтованого інформаційного продукту «розумного» моніторингу в межах визначених доменів громади. Моніторинг розглядається як data product, що використовується між доменами. Водночас доцільно проаналізувати ключові аспекти розробки подієво-орієнтованого інформаційного продукту «розумного» моніторингу. Для цього доцільно застосувати три можливі домени, необхідні для створення такої системи в кожній громаді. Кожен домен створює власний data product і ділиться даними з іншими доменами. Доцільно, представити аналітичну архітектуру для інформаційного продукту «розумного» моніторингу.

1.4.1 Інтернет речей (IoT)

IoT класифікується як мережа, що з'єднує об'єкти фізичного світу через інтернет [20]. Ці об'єкти працюють як сенсори, вони можуть спілкуватися та обмінюватися даними між об'єктами та людьми. IoT має три основні компоненти:

- 1) об'єкти, як от сенсори, смартфони та автомобілі;
- 2) комунікація, яка інтегрує мережі, що з'єднують IoT-пристрої, як от 4G, Wi-Fi та Bluetooth;
- 3) комп'ютерні системи, які використовують дані, а саме зберігання, аналітику та застосунки.

Концепція IoT застосовується до міст, де різні типи сенсорів комунікують з Інтернетом, надаючи важливі дані про конкретне місто [21]. Мета полягає в тому, щоб кваліфікувати місто, оптимізувати ресурси, подавати дані для кращого управління містом і надавати якісну інформацію населенню в режимі реального часу, покращуючи сталий розвиток міста [22].

Система IoT постійно розвивається, і можна знайти різні типи архітектур. У галузі IoT можна виділити п'ять важливих напрямків, які представляють широкий спектр викликів [23]:

- глобальна співпраця;
- бізнес-моделі, нові валюти та довіра;
- етика, суспільство контролю, нагляд, згода та життя на основі даних;
- технологічні виклики;
- знаходження ідеального балансу між плануванням зверху вниз і інноваціями знизу вгору.

Існує обширна множина IoT-застосунків, з акцентом на поєднання двох концепцій IoT і «розумне» [24]:

- «розумне місто»;
- «розумні» Grid-мережі;
- «розумна охорона здоров'я»;
- «розумні» будівлі;
- «розумна» Індустрія 4.0;
- «розумне» телебачення;
- «розумні» годинники;
- «розумні» автомобілі;
- «розумне» сільське господарство.

1.4.2 Сховище даних (DW)

Сховище даних (DW) зберігає історичні та структуровані дані установ та організацій. Дані, що зберігаються в DW, надходять з різних джерел і форматів, і визначені в узгоджений та єдиний спосіб [25]. Мета DW – організувати інформацію у багатовимірний спосіб, а також надати можливість оптимізації запитів і аналізу даних [26]. Вимірювальна модель, що використовується в DW, пропонує ряд переваг для системи BI, як от [27]:

- збереження історії інформації;
- якісна інформація;
- єдиний репозиторій для доступу до інформації;

- інформація, агрегована в ієрархії;
- консолідована інформація та оптимізація запитів;
- конкурентна перевага завдяки своєчасному доступу до інформації для менеджерів, миттєве визначення вимог ринку та ризиків у процесі прийняття рішень;
- проста візія реальності організації;
- легкість доступу до даних, збережених користувачами в DW;
- кількісні значення (KPI), що дають змогу порівняння та аналіз впродовж декількох років.

1.4.3 Обробка онлайн-транзакцій (OLTP), операційна аналітика (OLAP) та бізнес-аналітика (BI)

Обробка онлайн-транзакцій (OLTP), на відміну від систем OLAP, є джерелом даних, яке зберігає системи обробки транзакцій, що відповідають за введення даних в організацію, забезпечення її функціонування та відповідають за короткострокові та повторювані процеси запису та читання даних. У системах OLTP дані видобуваються з джерел через процеси ETL і пов'язані з короткочасною пам'яттю, оскільки зберігають тільки нещодавно отриману інформацію в порівнянні з DW, яке зберігає історичну інформацію [28].

OLAP дає можливість аналізувати дані «розумного міста» за допомогою багатовимірних візуалізацій та визначати шаблони і тенденції в даних. У моделі мультидименціонального аналізу, розробка OLAP-куба дає змогу досліджувати дані з DW для представлення через інформаційні панелі [29].

Концепція BI поєднує архітектури, зберігання даних, аналітичні інструменти, обчислювальні застосунки та методології, які перетворюють дані на корисну та якісну інформацію для підтримки прийняття рішень, що сприяє успіху бізнесу та організацій [26]. У цьому контексті системи BI включають DW, які відповідають за організаційну інформацію, а також системи OLAP для аналітичної обробки даних та механізми Data Mining для розробки моделей

знань, виявлення шаблонів у даних [30]. Рисунок 1.1 представляє архітектуру ВІ.

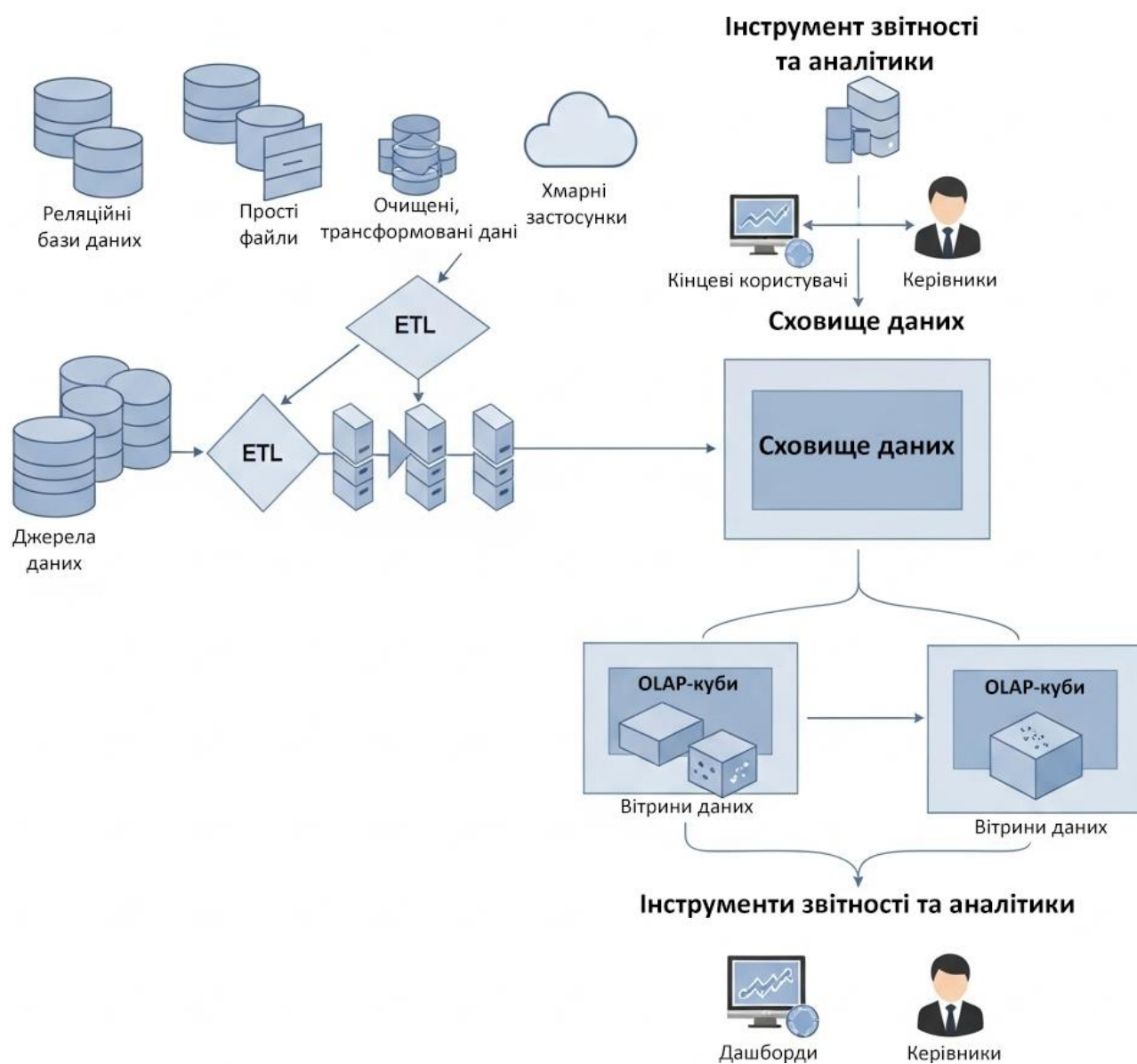


Рисунок 1.1 – Архітектура процесу ВІ

Ключові частини поданої архітектури:

- джерела даних;
- ETL;
- DW;
- аналіз даних.

1.4.4 Видобування, перетворення, завантаження (ETL) даних

Процес ETL, показаний на рис. 1.1, дає змогу здійснювати операції видобування даних з джерел, їх перетворення та внесення даних у сховище даних (DW). Процес OLAP використовується для виконання запитів, аналітичних інструментів та інших застосунків, які керують процесом збору та надання даних у зручному та релевантному вигляді для користувачів та запитів даних через застосунки. Це дає можливість розуміти різні бізнес-потреби зібраних даних, що веде до процесу прийняття рішень на основі фактів [26].

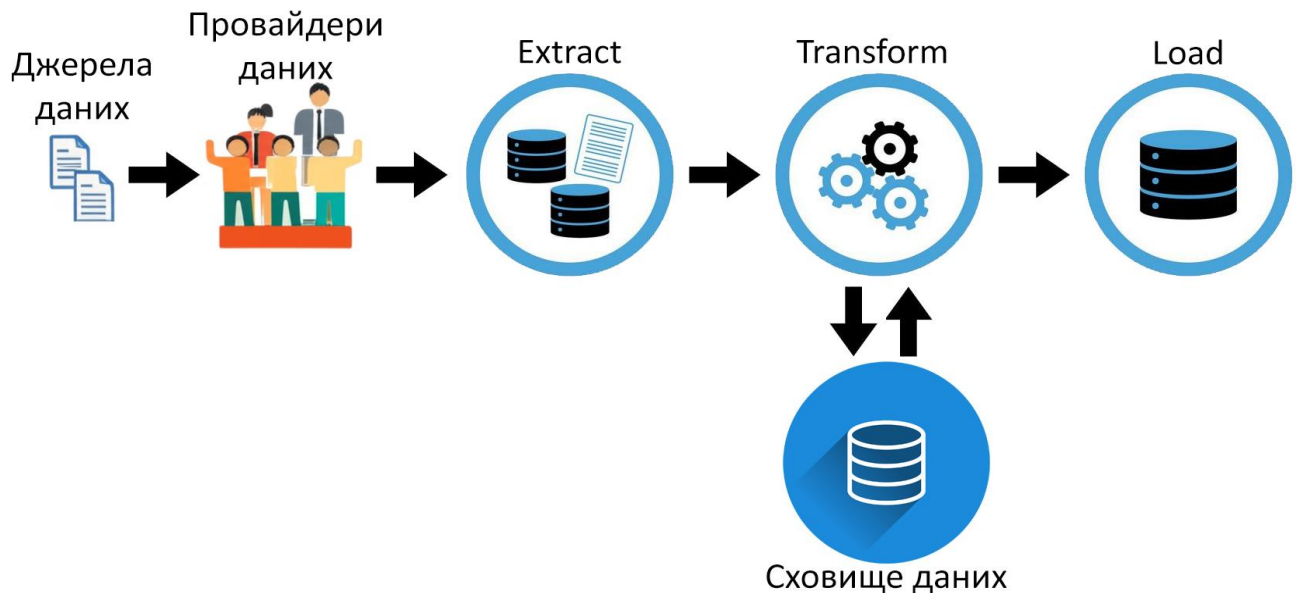


Рисунок 1.2 – Процес ETL

ETL – це найважливіший процес у проектуванні сховища даних (DW) і складається з трьох етапів:

- Видобування даних з різних джерел, наприклад, Excel, звичайні файли тощо. Після цього дані переносяться в зону підготовки (Staging Area), де ETL працює незалежно від джерел даних.
- Перетворення – процес очищення даних для стандартизації їх за розміром, типом, корекцією символів та усуненням несумісностей у даних.

– Завантаження даних у сховище даних – цей процес дає змогу вибирати заміну даних або включати дані, що не мають визначення для бізнес-потреб.

1.5 Висновок до першого розділу

В першому розділі кваліфікаційної роботи подано означення «розумних» систем. Описано та проаналізовано інноваційний концепт «розумне місто». Розглянуто означення інформаційного продукту. Досліджено інформаційні системи та технології «розумного» моніторингу. Зокрема подано інформацію щодо Інтернету речей (IoT), сховищ даних (DW), обробки онлайн-транзакцій (OLTP), операційної аналітики (OLAP) та бізнес-аналітики (BI). Окремо подано опис процесів видобування, перетворення та завантаження (ETL) даних.

РОЗДІЛ 2. DATAMESH ТА КЛЮЧОВІ ПРИНЦИПИ КОНСОЛІДАЦІЇ ДАНИХ ІОТ-ПРИСТРОЇВ «РОЗУМНИХ МІСТ»

2.1 Означення DataMesh

Згідно з [31], *«data mesh – це тип архітектури платформи даних, що використовує принцип доменно-орієнтованого управління та самообслуговування»*. Оскільки ця парадигма була запропонована відносно нещодавно, то кількість досліджень у сфері DataMesh поки що обмежена. Вона зосереджена на доменно-орієнтованому дизайні, який відповідає бізнес-доміні.

Книга [32] про управління даними у великих масштабах детально розглядає цю парадигму, надаючи практичний кейс для керування даними. Дослідження [33] також стосується DataMesh, але більше з погляду інфраструктурного рівня. Представлено концепцію Edge Mesh, яка забезпечує низку переваг, зокрема:

- розподілену обробку;
- низьку затримку;
- відмовостійкість;
- кращу масштабованість;
- безпеку;
- конфіденційність.

Автори [34] запропонували доменну модель та концептуальну архітектуру для досягнення децентралізованих архітектур даних, що значною мірою базується на концепції DataMesh. У 2022 році в [35] також представили додаткові дослідження про DataMesh, зосереджуючись на причинах появи цієї парадигми, її особливостях та підходах до її впровадження.

2.2 Принципи DataMesh

Парадигма DataMesh ґрунтується на чотирьох основних принципах:

1. Доменно-орієнтована, децентралізована власність на дані та архітектура – це означає, що функції організації або бізнесу повинні самостійно володіти своїми даними.

2. Дані як інформаційний продукт – кожен домен має представляти свої дані у формі, придатній для використання іншими.

3. Інфраструктура даних як платформа – вона повинна пропонувати різні можливості у режимі самообслуговування.

4. Федеративне обчислювальне управління – воно балансує між достатнім централізованим контролем для спрощення роботи та максимально локалізованим ухваленням рішень.

2.2.1 Топологія DataMesh

Існує декілька підходів до проєктування топології DataMesh [32]:

1. Повністю керована (governed) mesh-топологія (див. рисунок 2.1) – дає можливість групувати різні домени даних та представляти їх як вузли. Кожен вузол є окремим доменом і може виступати як постачальник або споживач даних для інших доменів.

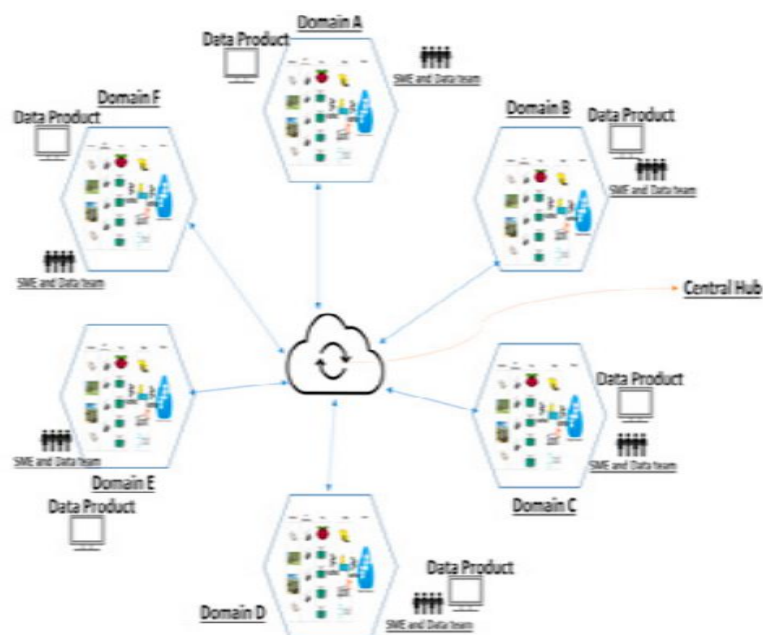


Рисунок 2.1 – Повністю керована топологія DataMesh [1]

2. Гібридна федеративна mesh-топологія (див. рисунок 2.2) – вузли працюють більш автономно. Розподіл даних здійснюється point-to-point, але залишається під контролем. Центральний data hub надає доменам можливість керувати власними платформами, дотримуючись при цьому єдиних політик і стандартів.

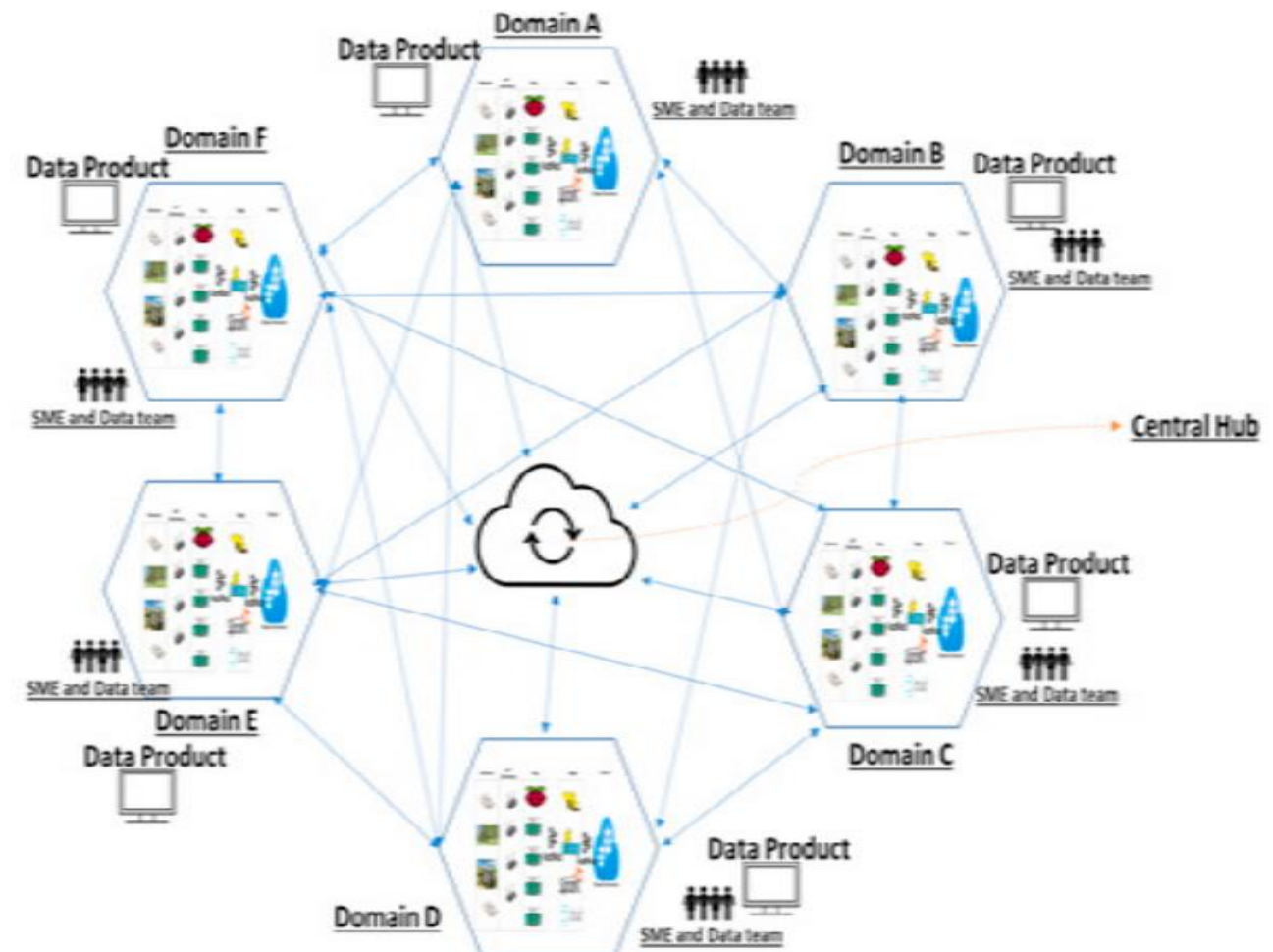


Рисунок 2.2 – Гібридна федеративна топологія DataMesh [1]

3. Повністю федеративна (fully federated) mesh-топологія (див. рисунок 2.3) дає кожному домену можливість реалізовувати власний технологічний стек у різних середовищах. Це забезпечує більшу гнучкість для спеціалізованих доменів, експериментальних рішень або тих, що вимагають швидкого виходу на ринок.

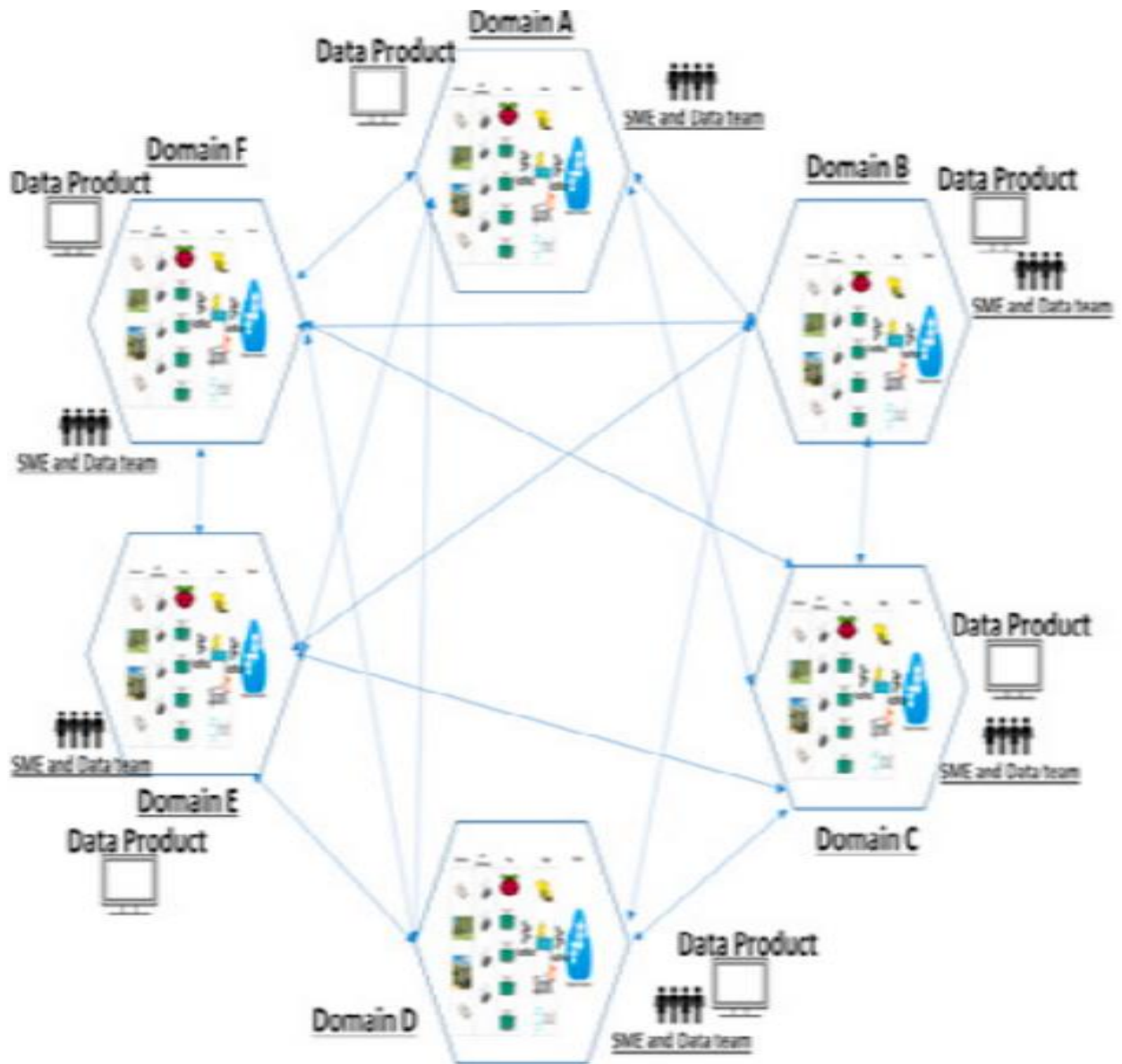


Рисунок 2.3 – Повністю федеративна топологія DataMesh [1]

2.2.2 Парадигма DataMesh для подієво-орієнтованої системи моніторингу «розумних» спільнот

Криза Covid-19 продемонструвала неефективність централізованої системи «розумного» моніторингу [36], виявивши високі затримки та нездатність масштабуватися відповідно до зростання кількості користувачів. Автор також зазначає, що джерела даних розкидані по різних місцях, а реальний власник даних невідомий. Обробка даних та сповіщення відбувалися

повільно та неефективно, оскільки всі дані надходили до центрального хабу, а сповіщення також здійснювалися виключно через нього.

Тому доцільно використовувати парадигму DataMesh як фундаментальну архітектуру для проектування подієво-орієнтованої системи моніторингу «розумних» спільнот. DataMesh забезпечує ефективніший і розподілений підхід до створення інформаційних продуктів на основі даних. Крім того, ця парадигма сприяє масштабуванню як технологічно, так і організаційно значно ефективніше, ніж централізовані моделі, як от data lake.

Підхід DataMesh дає змогу громадам самостійно створювати інформаційні продукти на основі даних для «розумного» моніторингу. Не слід розглядати «розумний» аспект системи, оскільки кожна громада може визначати його самостійно. Розглянута у кваліфікаційній роботі топологія гібридної федерації DataMesh зображена на рисунку 2.1. Це дає кожній громаді можливість використовувати власні технології, але водночас взаємодіяти з центральним хабом. Також центральний хаб може виконувати роль інформаційно-технологічної платформи (self-serve data infrastructure platform) для всієї системи DataMesh.

Логічна архітектура DataMesh [1] у контексті системи «розумного» моніторингу подана на рисунку 2.4. Тут інфраструктура інформаційно-технологічної платформи також виконує роль центрального хабу DataMesh.

Кожна громада може брати активну участь у створенні подієво-орієнтованої системи моніторингу на основі парадигми DataMesh та створювати інформаційні продукти на основі даних, орієнтовані на її потреби. Дані можуть збиратися локально, оброблятися та аналізуватися місцевими експертами, створюючи оперативні та адаптовані до громади рішення. Ці інформаційні продукти на основі даних можуть швидко використовуватися та масштабуватися відповідно до запитів спільноти.

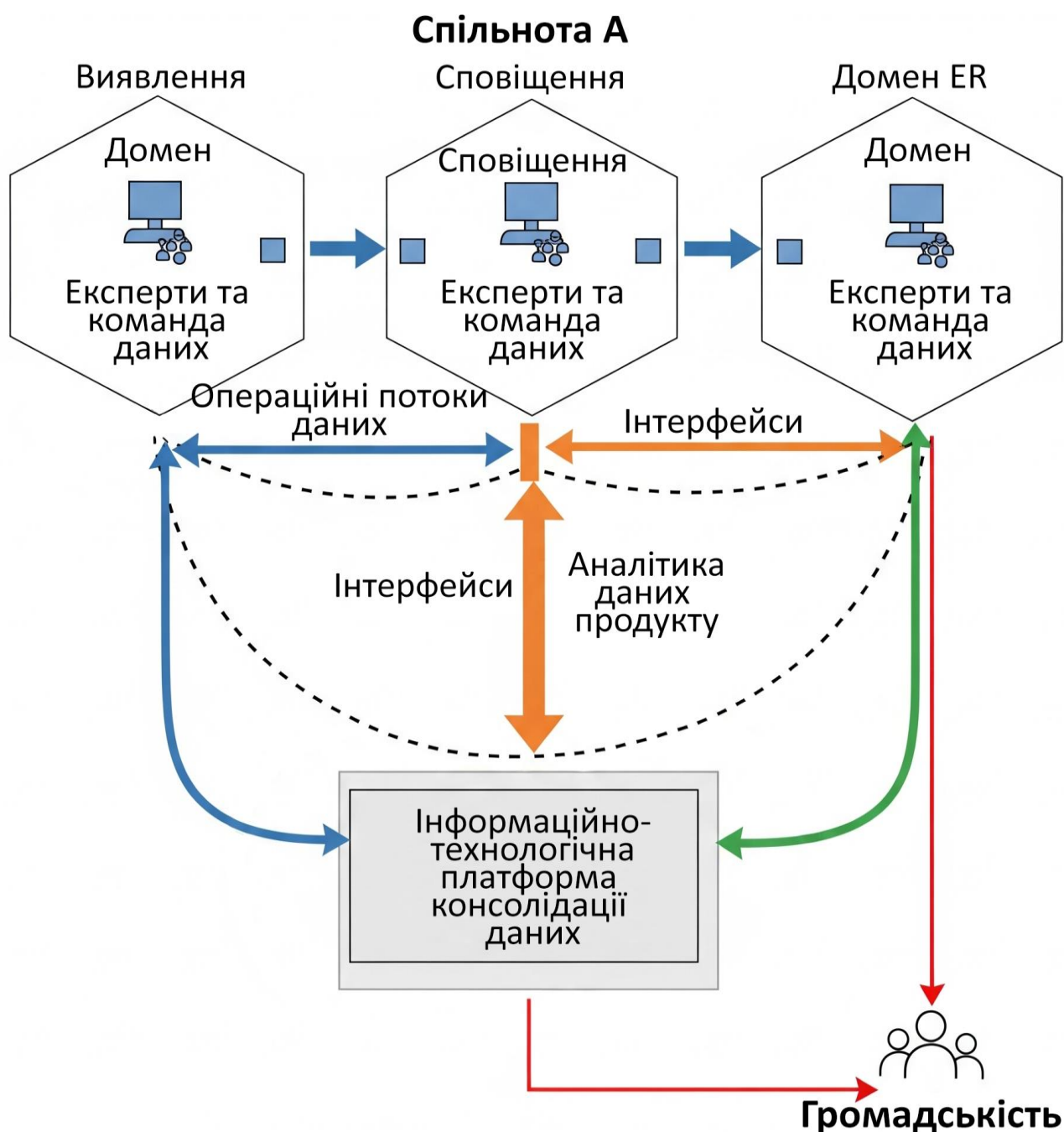


Рисунок 2.4 – Логічна архітектура DataMesh у системи «розумного» моніторингу

Громада прямо інтегрується в мережу DataMesh і несе відповідальність за розробку та підтримку системи «розумного» моніторингу. У межах парадигми DataMesh така система може складатися з декількох доменів, куди дані надходять з IoT-пристроїв або інших доменів як всередині, так і за межами громади через інформаційно-технологічну платформу даних.

Кожен домен може автономно розгортати функціонально завершені інформаційні продукти на основі даних. Вся необхідна інфраструктура, код, дані та метадані мають бути доступними в межах кожного домену. Таким чином, кожен домен-громада повністю відповідає за свої дані та інформаційні продукти.

На рисунку 2.5 зображені п'ять основних зацікавлених сторін у кожному домені, які відіграють ключові ролі у системі.

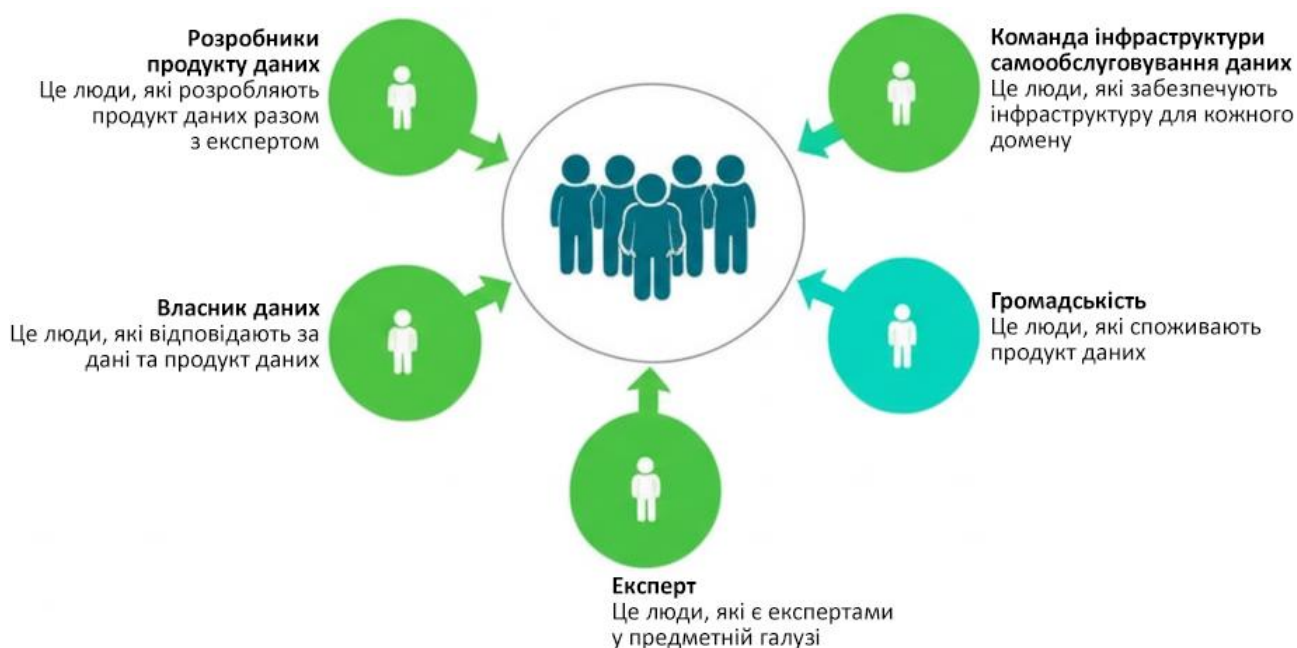


Рисунок 2.5 – Актори DataMesh системи «розумного» моніторингу [1]

Команда інформаційно-технологічної платформи даних DataMesh – відповідає за створення інфраструктури, аналітику даних, розробку інформаційних панелей (dashboard) та API, необхідних доменам:

- Експерти з предметної області (SME) – без відповідного контексту від експертів неможливо визначити «розумні» дії. Кожен домен може мати власну групу SME залежно від подій, що підлягають моніторингу та сповіщенню через інформаційний продукт даних.

- Громадськість – споживає інформаційні продукти на основі даних та надає зворотний зв'язок команді аналітики.

– Розробник інформаційного продукту даних – група розробників у домені, що допомагає створювати інформаційні продукти на основі даних. Зазвичай сюди входять фахівці з даних (data scientists), програмісти та інженери з даних.

– Власник інформаційного продукту даних – відповідає за управління даними домену та його інформаційними продуктами.

2.2.3 Домен DataMesh

Основою парадигми DataMesh є доменно-орієнтований підхід. Домен визначається як сфера знань або діяльності. Пропонуються три основні домени для системи «розумного» моніторингу громади [1]:

1. Домен виявлення (Detection Domain). Основні інформаційні продукти цього домену пов'язані з виявленням визначених подій у вхідних потоках даних, наприклад, аномальних ситуацій. Створення таких інформаційних продуктів передбачає отримання та обробку даних з IoT-пристроїв. Інформаційні продукти цього домену зазвичай є аналітичними даними, необхідними для інших доменів, зокрема, домен сповіщення та домен екстреного реагування.

2. Домен сповіщення (Alerting Domain) – цей домен створює всі необхідні інформаційні продукти на основі даних, що стосуються послуг сповіщення та попередження для громади. Жителі громади можуть отримувати доступ до цих інформаційних продуктів даних через API відповідного домену.

3. Домен екстреної реакції (ER Domain) – надає інформаційні продукти, пов'язані з різними медичними послугами, необхідними для всіх членів спільноти під час кризових ситуацій. Операційні та аналітичні дані, створені в цьому домені, можуть також використовуватися доменом сповіщень.

Критично важливо, щоб домени могли взаємодіяти між собою. Доступні два типи інтерфейсів: аналітичний та операційний, як показано на рисунку 2.6:

– Аналітичний інтерфейс даних надає домену можливість ділитися аналітичними даними з іншими. Також він надає API для пошуку та спостереження за інформаційними продуктами. Цей інтерфейс підтримується платформою управління даними та використовується для обміну інформаційними продуктами та аналітичними даними між доменами.

– Операційний інтерфейс API дає домену можливість ділитися своїми транзакційними можливостями та станом зі спільнотами. Цей інтерфейс підтримується спільно власниками даних та платформою управління даними. Він дає змогу обмінюватися транзакційними даними між доменами, щоб інші домени могли використовувати ці дані для створення аналітичних інформаційних продуктів або даних, які потім можна буде передавати через аналітичний інтерфейс даних.

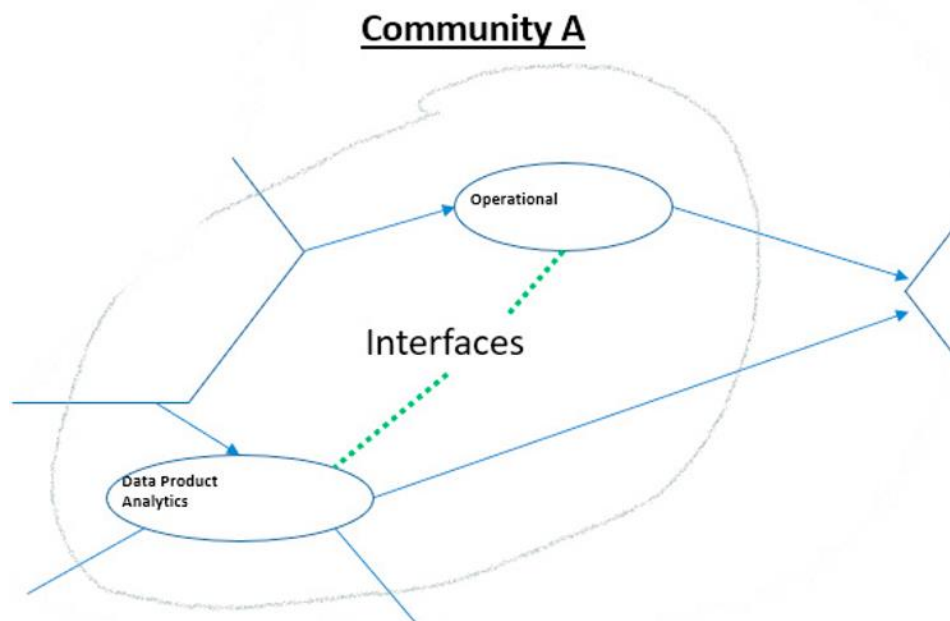


Рисунок 2.6 – Інтерфейс домену [1]

Інформаційні продукти використовують операційні або аналітичні дані з інших доменів, наприклад, домен виявлення.

2.3 Ключові принципи консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh

Цей параграф містить вісім ключових принципів консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh [37]. Разом вони забезпечують чітке розуміння ключових аспектів, пов'язаних з консолідацією та перехресним обміном даними у контексті «розумних міст».

Можливості – визначення можливостей консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh дає змогу зрозуміти потенційні переваги та створення цінності для всіх зацікавлених сторін (секторів). Виділення цих можливостей забезпечує співпрацю і може інформувати прийняття рішень. Тематичний аналіз виявив можливості для прийняття обґрунтованих рішень, посиленої співпраці, операційної ефективності та створення цінності. Основними результатами є покращений доступ до даних, кращі аналітичні висновки, узгоджені цілі, спрощені процеси та розширені рішення.

Виклики та подолання викликів – розуміння викликів при консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh є важливим для розробки рішень та подолання потенційних бар'єрів. Тому надання стратегій для подолання цих викликів у рамках дослідження забезпечує його всебічність. Тематичний аналіз [37] виявив виклики:

- якості даних;
- стандартизації даних;
- сумісності;
- занепокоєнь щодо конфіденційності;
- бар'єрів відповідності вимогам захисту даних;
- факторів співпраці зацікавлених сторін, що демонструє цінність і безпеку даних.

Подолання цих викликів може вимагати інвестицій у технології, міцну інфраструктуру, постійну комунікацію, заходи захисту даних та демонстрацію успішних прикладів і ціннісних пропозицій.

Технології/Рішення – дослідження різних технологій і рішень для забезпечення безпечного та ефективного обміну даними може допомогти сформулювати рекомендації та кроки для розробки рамок, підтримуючи успішну реалізацію ініціатив щодо консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh. Тематичний аналіз [37] виявив технології для консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh:

- очищення даних із використанням ІІІ;
- кооперації та трасти даних;
- спеціалізовані платформи для обміну даними;
- технології блокчейн;
- програмне забезпечення для перетворення даних;
- рішення з відкритим кодом;
- шари інтеграції.

Ці технології в цілому забезпечують сумісність даних і взаємодію різних джерел даних.

Співпраця/Узгодження зацікавлених сторін – співпраця та узгодження інтересів зацікавлених сторін виявилися важливими для успіху проєктів консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh. Тому включення стратегій співпраці та узгодження до певних рамок допомагає забезпечити задоволення потреб усіх учасників консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh і досягнення їхніх цілей. Тематичний аналіз виявив [37]:

- важливість визнання інтересів зацікавлених сторін;
- заохочення обміну даними;
- постійну комунікацію;
- побудову довіри;
- угоди про обмін даними;
- залучення всіх зацікавлених сторін;
- стандартизацію між секторами;

- управління даними, що обмінюються між секторами;
- плани для довгострокового зберігання даних;
- розуміння всіх потреб зацікавлених сторін;
- створення центральних органів управління та встановлення спільної мети.

Ці фактори сприяють ефективній співпраці, узгодженості та довірі між зацікавленими сторонами.

Ризики/Загрози та їх зменшення – знання потенційних ризиків та загроз, пов'язаних з консолідацією даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh, є життєво важливим для вжиття заходів щодо їх зменшення. Тому включення стратегій зменшення ризиків у певні рамки підтримує успіх ініціатив обміну даними, одночасно забезпечуючи захист даних, конфіденційність і відповідність вимогам. Тематичний аналіз [37] виявив ризики у консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh:

- занепокоєння щодо конфіденційності;
- ризики безпеки;
- зловживання даними та витрати на обмін даними.

Зменшення цих ризиків може потребувати:

- заходи анонімізації;
- шифрування;
- безпечного зберігання;
- контролю доступу;
- заходи кібербезпеки;
- етичні комітети з прийняття рішень;
- чіткі угоди про обмін даними;
- перевірки якості даних;
- заходи та процеси валідації.

Розуміння вимог для консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh можна використати для побудови керівних принципів та рекомендацій для формування обмежень. Урахування цих вимог забезпечує, що підхід є всеохопним та відповідає потребам зацікавлених сторін, які обмінюються даними між секторами. Тематичний аналіз [37] виявив вимоги щодо:

- стандартизації даних;
- мінімізації даних;
- підзвітності даних;
- контролю доступу до даних;
- захисту конфіденційності даних;
- дотримання вимог захисту даних;
- створення вартості від обміну;
- зацікавлених сторін;
- розуміння вартості та вигод від обміну даними.

Ці фактори допомагають забезпечити безперервний обмін даними, безпеку, конфіденційність та ефективну співпрацю для покращеного прийняття рішень.

Фактори обміну даними. Аналіз факторів, пов'язаних з даними, що обмінюються, є важливим для розробки стратегій, які забезпечують ефективний обмін даними для різних типів даних, як от застосування заходів для обміну дуже чутливими даними або даними, які можуть бути тріангуляційовані. Тематичний аналіз [37] виявив фактори, зокрема:

- розуміння чутливості даних;
- оцінка вигод від обміну даними;
- забезпечення технічної сумісності даних.

Урахування цих факторів і врахування потенційних ризиків з чутливими даними забезпечує ефективну консолідацію даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh, яка відповідає потребам кожного сектора. Фактори

успіху – визначення ключових факторів успіху для консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh допомагає сформулювати рекомендації для інформаційно-технологічної платформи міждоменної інтеграції даних «розумних міст» та надає елементи або аспекти, які необхідно врахувати при впровадженні процесів та платформ DataMesh для успішних ініціатив/проектів. Тематичний аналіз виявив фактори успіху, зокрема:

- чітка мета;
- сильна система управління;
- відповідні технології;
- залучення зацікавлених сторін;
- прозора комунікація;
- ефективні технічні рішення;
- чітке визначення проблеми до обміну даними.

2.4 Висновок до другого розділу

В другому розділі кваліфікаційної роботи подано означення DataMesh. Проаналізовано принципи DataMesh. Зокрема подано топологію DataMesh. Описана парадигма DataMesh для подієво-орієнтованої системи моніторингу «розумних» спільнот. Розкрито суть домена DataMesh.

РОЗДІЛ 3. КОНЦЕПТУАЛІЗАЦІЯ ПЛАТФОРМИ ТА ПРОЦЕСІВ КОНСОЛІДАЦІЇ ДАНИХ «РОЗУМНИХ МІСТ»

3.1 Аналіз відношень між ключовими принципами консолідації даних «розумних міст»

Діаграма (див. рисунок 3.1) наочно показує ключові напрямки, виявлені під час тематичного аналізу [37] консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh, та їх зв'язки.

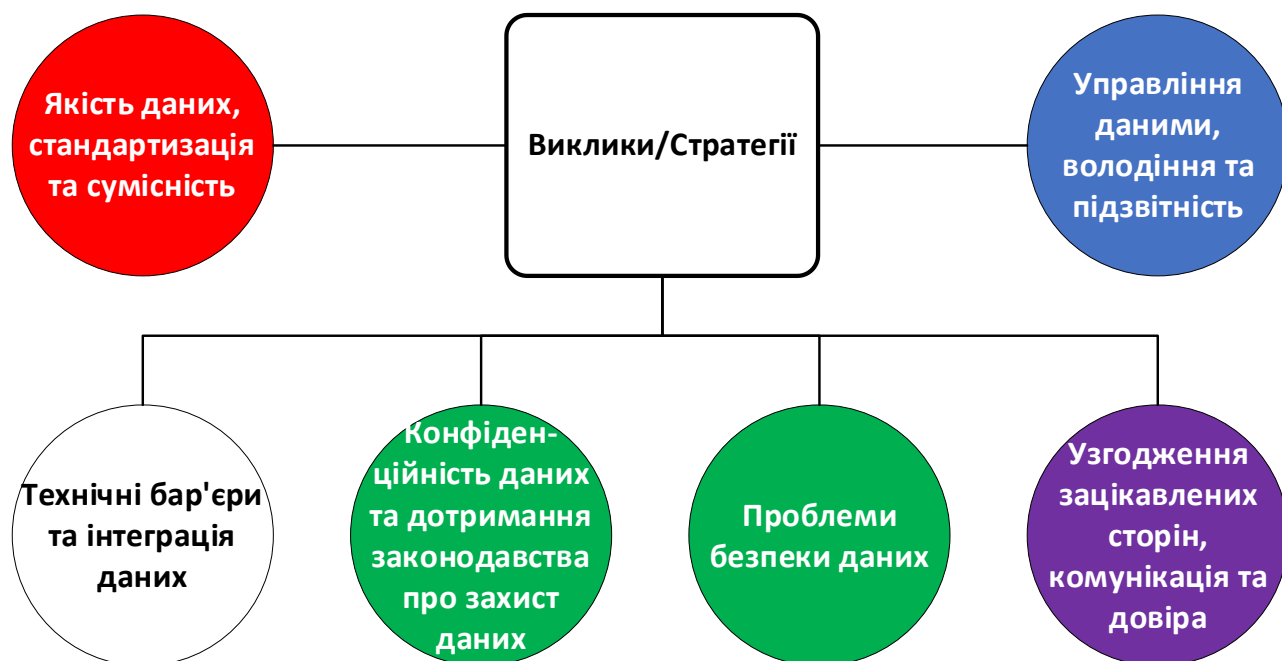


Рисунок 3.1 – Виклики та стратегії консолідації даних IoT-пристроїв
«розумних міст» [37]

Прямокутники представляють теми, в той час як кольорові кола позначають фактори, пов'язані з кожною темою. Наприклад, у темі «виклики» консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh зелений фактор позначає проблеми з конфіденційністю даних і безпекою, які пов'язані з колаборацією зацікавлених сторін, вимогами, ризиками/загрозами та факторами, пов'язаними з обміном даними. Це підкреслює їх важливість у всіх

аспектах консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh.

Зв'язки, які спостерігаються на діаграмі між вимогами, викликами, факторами успіху та факторами, пов'язаними з обміном даними, демонструють взаємозв'язану природу різних аспектів у консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh. Ці взаємозв'язки підкреслюють складність і взаємозалежність консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh (див. рисунок 3.2).

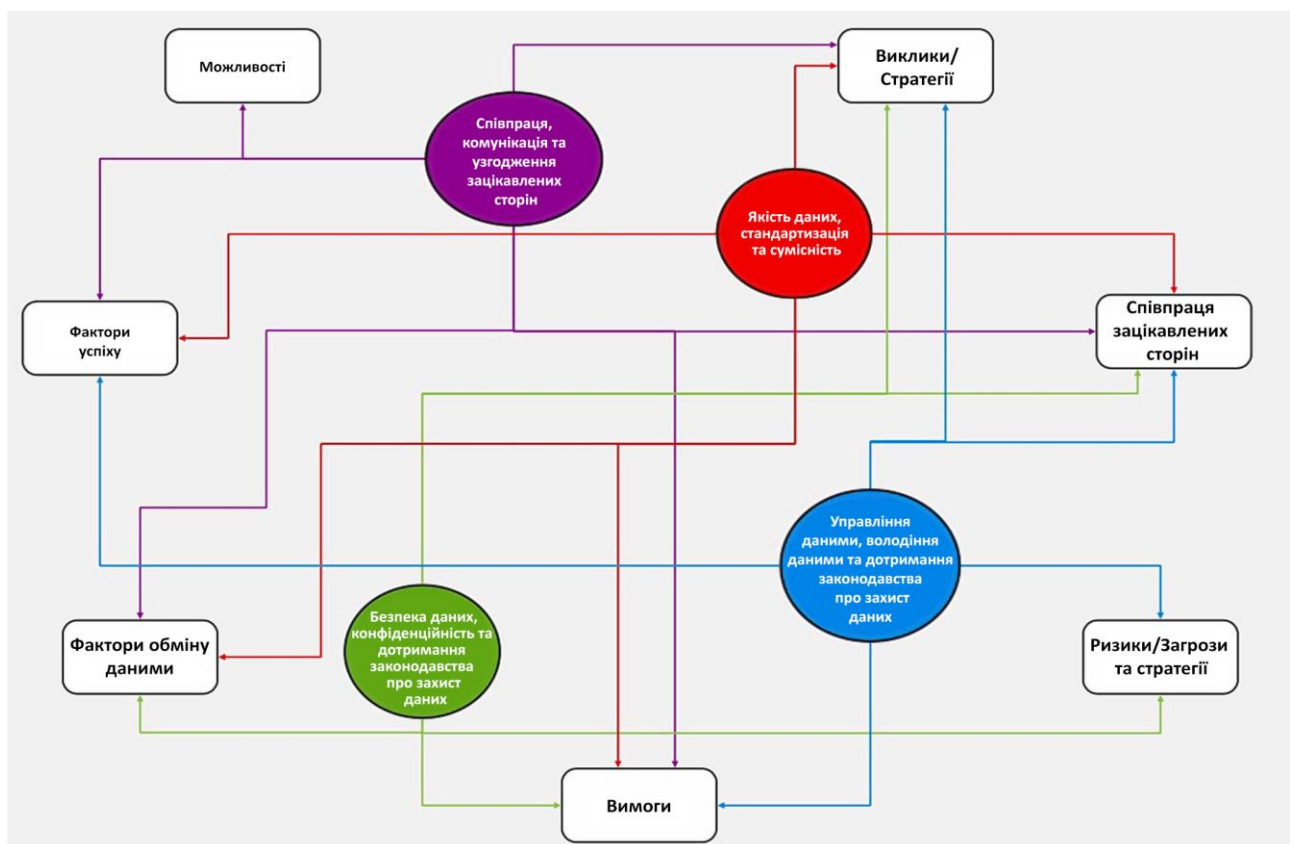


Рисунок 3.2 – Перехресний обмін даними між секторами «розумних міст» [37]

Наприклад, вимоги часто виникають із проблем, з якими стикаються під час обміну даними, тоді як задоволення цих вимог і застосування стратегій для подолання викликів можуть призвести до виявлення факторів успіху.

Кожен фактор на діаграмі зображений зеленим, червоним, фіолетовим або синім кольором, якщо він пов'язаний з іншими темами; білий колір

позначає відсутність зв'язку, що ілюструє основні відносини між кожною темою. Також слід зазначити, що кольори, присвоєні факторам на діаграмі, позначають різні фактори консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh, які пов'язані з декількома темами, підкреслюючи їх взаємозв'язок, а не вказуючи на різну серйозність або частоту відносин.

В результаті проведеного аналізу можемо зробити ряд висновків. Розглянемо їх детальніше.

Якість даних є повторюваною темою в декількох таблицях вимог, викликів і факторів, пов'язаних з обміном даними. Це може бути пов'язано з тим, що забезпечення та підтримка високої якості даних є необхідними для ефективної консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh, оскільки це встановлює основи надійності та точності в обміні даними, підвищуючи довіру між секторами та спрощуючи співпрацю. Висока якість даних мінімізує помилки, несумісності та неясності, сприяючи безперешкодній взаємодії та даючи можливість більш змістовний та ефективний обмін даними між різними секторами [37].

Крім того, необхідно застосовувати стандартизовані практики, наприклад, рамки управління даними, протоколи забезпечення якості та процедури перевірки у всіх задіяних секторах. Управління даними визначає політики та процедури, що керують управлінням даними, забезпечуючи відповідність, безпеку та цілісність. Забезпечення якості охоплює систематичні оцінки та моніторинг для підтвердження точності, узгодженості та повноти даних. Процеси перевірки використовують перевірку точності, доречності та відповідності даних заздалегідь визначеним стандартам, що гарантує надійність даних та їх відповідність для використання в ініціативах консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh. Ці практики разом утворюють структурований підхід для підтримки високої якості даних у різних секторах, які беруть участь в обміні даними.

Технологія блокчейн – це найбільш запропонована технологія для сприяння консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі

DataMesh. Блокчейн є дуже ефективним для забезпечення захисту даних, що підкреслює його важливість як рішення для вирішення проблем конфіденційності, безпеки та відповідності законам про захист даних. Крім того, оскільки блокчейн є децентралізованим і безпечним, це робить його життєздатним варіантом для консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh. Стандартизація даних є часто згаданим підтемою в таблицях вимог, викликів і факторів успіху. З тематичного аналізу зрозуміло, що наявність єдиного формату даних та структур даних є необхідним для взаємодії між секторами.

Комунікація між зацікавленими сторонами була визначена як важливий аспект в таблицях вимог, факторів, пов'язаних з обміном даними, та факторів успіху. Ефективна комунікація між різними секторами «розумних міст» може допомогти зацікавленим сторонам [38]. Наприклад, постійна комунікація може дати їм можливість краще зрозуміти різні складні набори даних між ними і забезпечити, щоб дані були придатні для використання та цінні для всіх зацікавлених сторін. Крім того, зосередившись на комунікації, вони можуть ефективніше вирішувати потенційні проблеми та спрощувати процеси консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh.

Дотримання законодавства про захист даних та Управління даними були повторюваними підтемами в таблицях вимог, викликів і факторів успіху. Це може бути пов'язано з тим, що забезпечення відповідності процесів консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh чинним законам про захист даних було визначено як необхідне для уникнення юридичних штрафів і забезпечення конфіденційності та підзвітності даних.

3.2 Концептуалізація інформаційно-технологічної платформи для консолідації даних «розумних міст»

Метою концепту інформаційно-технологічної платформи для консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст», показаної на рисунку 3.3, є надання основних можливостей управління даними для кожного домену.

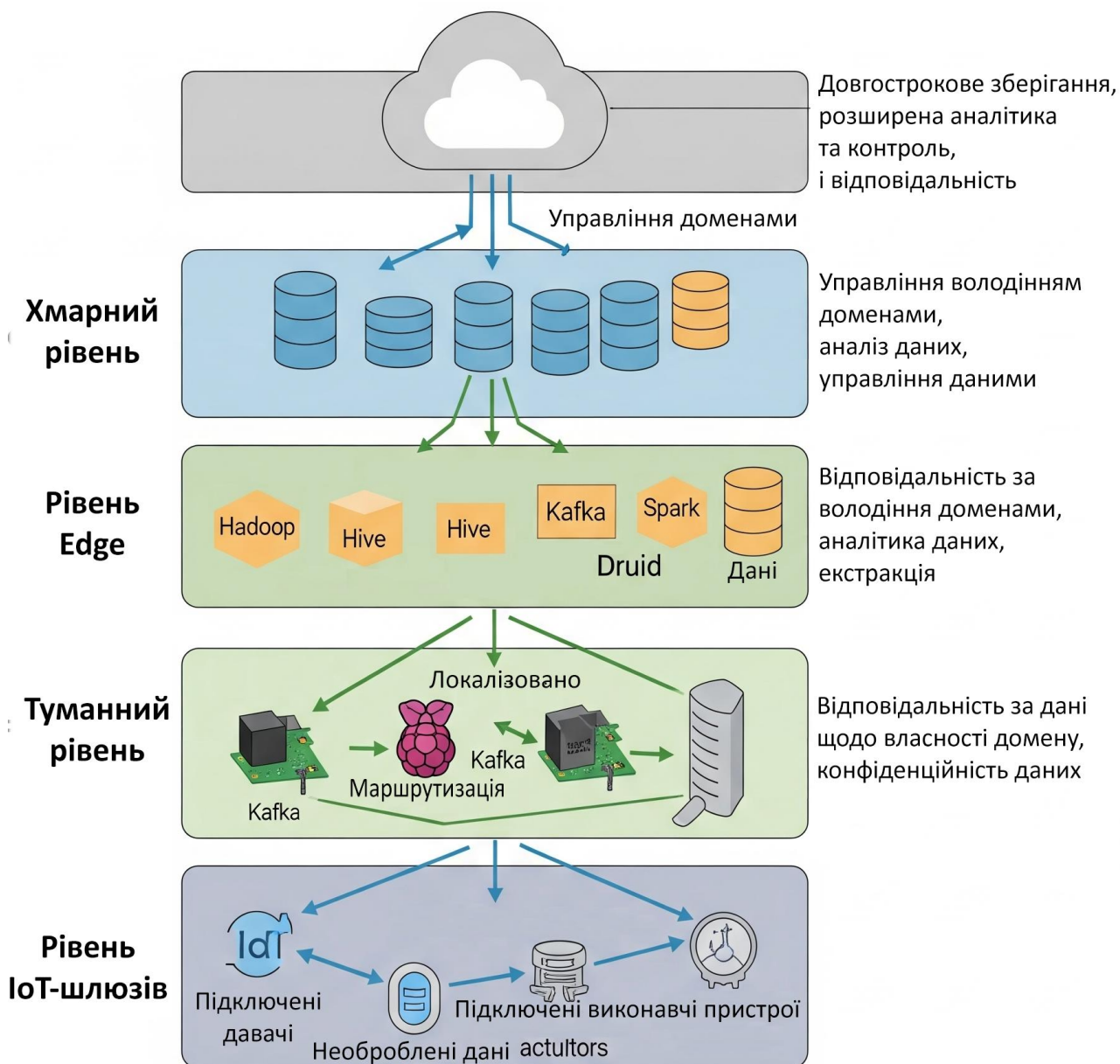


Рисунок 3.3 – Інформаційно-технологічна платформа DataMesh для консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст»

Ключові функції управління даними домену «розумного міста»:

- зберігання;
- обробка;
- пошук;

– каталогізація.

Концепція самообслуговування подібна до послуг, які надають хмарні провайдери. Кожному домену «розумного міста» призначається обліковий запис проєкту, в рамках якого він може використовувати доступну інфраструктуру.

Платформа дає доменам «розумного міста» можливість створювати, обмінюватися та використовувати інформаційні продукти впродовж усього життєвого циклу, а також відстежувати інфраструктуру для кожного окремого проєкту. Це дає змогу доменам «розумного міста» виконувати свої завдання автономно (див. рисунок 3.4).

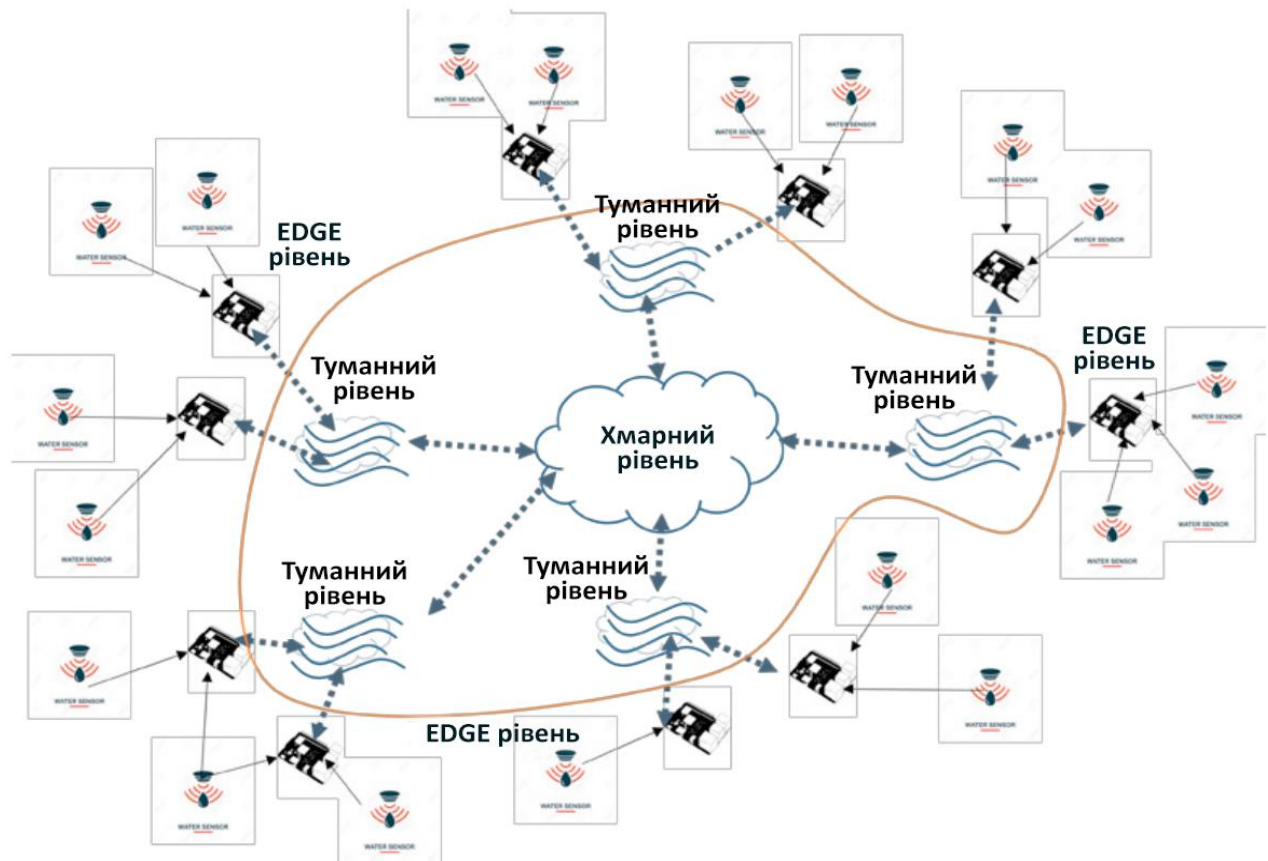


Рисунок 3.4 – Багатошарова архітектура інформаційно-технологічної платформи DataMesh для консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст»

Архітектура інформаційно-технологічної платформи для консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh складається з трирівневої розподіленої інфраструктури:

1. Рівень периферійних обчислень (Edge Computing Layer) – це найзовнішній рівень платформи [39]. Він дає IoT-пристроям та сенсорам можливість надавати дані доменам «розумного міста», а також наближує обчислення та зберігання даних до їхнього джерела, що покращує час реакції та зменшує навантаження на канал передачі даних. Домен «розумного міста» може використовувати цей рівень для створення інформаційних продуктів із мінімальною затримкою, наприклад, для виявлення подій.

2. Рівень туманних обчислень (Fog Computing Layer) – це проміжний рівень між периферійним та основним рівнями [40]. Він забезпечує домени «розумного міста» більшими обчислювальними ресурсами для трансформації даних з інших доменів, як аналітичних, так і операційних.

3. Рівень хмарних обчислень (Cloud Computing Layer) – це найглибший рівень платформи, який знаходиться найдалі від джерел даних [41]. Він забезпечує передачу даних між рівнями Edge і Fog для домену, а також надає всі переваги розподілених обчислень, як от масштабованість, широкий вибір інструментів, гнучкі можливості зберігання даних, моніторинг і сповіщення.

3.3 Міждоменний обмін даними «розумних міст»

Співпраця між секторами (доменами) в «розумних містах» є важливою для їх розвитку, ефективності та загального успіху [42]. Створення спільних екосистем даних є ключовим аспектом «розумних міст», пропонуючи потенційне рішення для консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh. Хоча офіційного визначення консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh не існує, його можна розуміти як обмін і об'єднання даних між різними секторами (наприклад, «розумний» транспорт, «розумна» енергетика, «розумна» охорона здоров'я) для сприяння співпраці,

покращення прийняття рішень та вирішення проблем «розумних міст» [43]. Однак існує обмежене розуміння факторів, що сприяють співпраці між зацікавленими сторонами для досягнення консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh [42]. Участь зацікавлених сторін є вирішальною у ініціативах щодо консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh, що вимагає моделі класифікації зацікавлених сторін для визначення їхніх функцій в процесі обміну даними [44]. Модель підкреслює важливість залучення всіх зацікавлених сторін на всіх етапах процесу обміну даними для сприяння співпраці. Тим не менш, існує суттєвий розрив у знаннях щодо розробки міжсекторальних систем «розумних міст», що обумовлено складною та часто несумісною природою рішень і систем у таких секторах, як «розумна» енергетика, «розумний» транспорт і «розумне» управління [45].

Необхідність консолідації даних IoT-пристроїв на основі DataMesh стає очевидною, коли розглядаються спільні цілі сталого розвитку та ефективності в «розумних містах». Досягнення завдань консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh залишається викликом, але нещодавні досягнення, зокрема, Інтернет речей (IoT), 5G та аналітика великих даних, вже почали сприяти цьому [46]. Ці технології полегшують збір, аналіз і обмін даними, прокладаючи шлях до покращеного прийняття рішень і послуг [47]. Майбутні розробки можуть включати штучний інтелект (AI) і машинне навчання (ML) для вдосконаленого аналізу даних, а також децентралізовані рішення для зберігання даних, як от блокчейн, для зміцнення безпеки та конфіденційності процесів консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh [48].

«Розумні міста» можна розглядати як складні системи, що інтегрують різні підсистеми [49], як от:

- «розумна» охорона здоров'я;
- «розумний» транспорт;
- «розумна» освіта;
- «розумна» енергетика.

Взаємодія між цими секторами є важливою для успіху «розумних міст», що вимагає обміну даними. Наприклад, транспортні дані можуть бути корисними для контролю забруднення та управління трафіком, а енергетичні дані можуть доповнювати їх. Однак чутливі дані, наприклад, особисті медичні записи, додають складнощів в процесах консолідації та обміну даними, вимагаючи надійних критеріїв управління даними [50].

Сприяння консолідації даних IoT-пристроїв на основі DataMesh в розбудові «розумних міст» приносить численні переваги, зокрема [51]:

- покращене прийняття рішень;
- міське планування;
- енергоефективність;
- покращення послуг.

Це розширює доступ до різноманітних типів даних, від трафіку до екологічних даних, сприяючи розвитку інноваційних послуг та вирішенню проблем. Ефективне управління даними є важливим для подолання таких бар'єрів, як конфіденційність та захист даних [52]. Хоча деякі вважають технічні виклики основними перешкодами, інші підкреслюють організаційні та культурні фактори [53]. Пропонуються стратегії шифрування даних і безпечні протоколи обміну даними для зміцнення безпеки та конфіденційності в «розумних містах».

За словами [54], *«Міжсекторальна співпраця є ключем до досягнення цілей «розумних міст» щодо того, щоб вони стали «розумними» та життєздатними»*. Тому в доцільно розглянути інформаційно-технологічні рішення для консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh, щоб зрозуміти поточний стан знань щодо досягнення взаємодії між секторами міста. Критерії для оцінки цих інформаційно-технологічних рішень консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh ґрунтувались на їх здатності сприяти обміну даними між декількома секторами в межах «розумного міста». Ці рішення були обрані на основі їхньої значущості для покращення можливостей міжсекторального обміну даними «розумних

міст». Аналіз зосередився на оцінці сильних та слабких сторін запропонованих рішень щодо їх застосовності, масштабованості, безпеки, дотримання нормативних вимог щодо захисту даних та їхнього потенціалу для ефективної консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh.

Перше рішення, яке було ідентифіковано, – це гібридна платформа на основі блокчейн, що інтегрує різні ключові сектори, пов'язані з функціонуванням «розумного міста». Автори зазначають, що «існуючі рішення для «розумних міст» на основі блокчейн обмежені лише окремими секторами, і між ними бракує зв'язку та можливості комбінування» [43]. Тому це рішення забезпечує можливість реалізації консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh, де сектори можуть обмінюватися даними безпечно. Блокчейн-рішення також враховує цілісність даних, що є дуже важливим, роблячи обмін даними безпечним та прозорим. Однак є побоювання щодо конфіденційності даних та дотримання регламентів захисту даних для технології блокчейн. Проте [55] запропонували методи підтримки конфіденційності для блокчейн-рішень, зокрема, докази нульового знання [55]. Тому, якщо ці технології конфіденційності будуть впроваджені в блокчейн-рішення, представлене [43], це може подолати обмеження недотримання поточного закону про захист даних.

Другим ідентифікованим рішенням є робота [56], де автори запропонували систему контролю доступу, яка повинна вирішити проблеми обміну даними та захисту даних в умовах великого обсягу даних. Це рішення забезпечує часткове вирішення для консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh, оскільки, хоча вказано, що система «повинна» захищати конфіденційність чутливих даних, це не гарантовано. Сервіс аналізу смогу та сервіс моніторингу трафіку базуються на тих самих джерелах даних і лінії введення даних, а система контролю доступу дає змогу обом сервісам доступати до набору даних із обмеженнями, що встановлені для чутливих даних (див. рисунок 3.5).

У цьому прикладі сервіс моніторингу трафіку може отримати доступ до чутливих номерних знаків та «CCTV», а сервіси аналізу змогу не можуть цього зробити через обмеження. Однак, на відміну від запропонованого рішення на основі блокчейну, не ясно, чи буде система масштабованою або безпечною, що дає підстави сумніватися в її застосовності для консолідації даних IoT-пристроїв на основі DataMesh в рамках розробки «розумних міст».

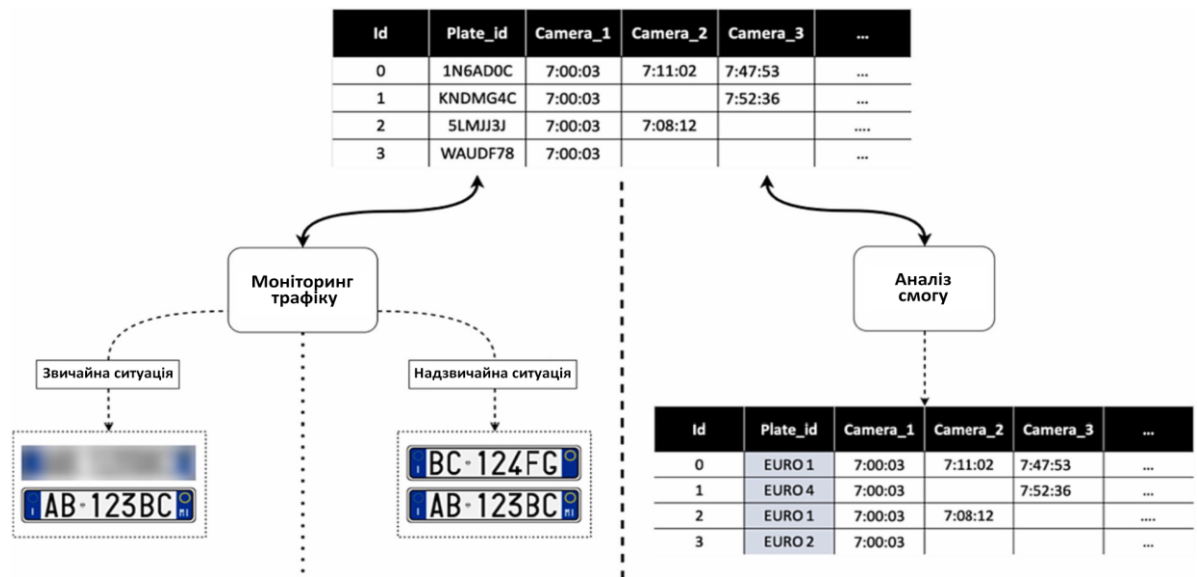


Рисунок 3.5 – Динамічне та масштабоване впровадження політик контролю доступу для великих даних [57].

Третім ідентифікованим рішенням є стаття [58], автори якої запропонували семантичний ринок даних для обміну даними в межах «розумного міста» (див. рисунок 3.6).

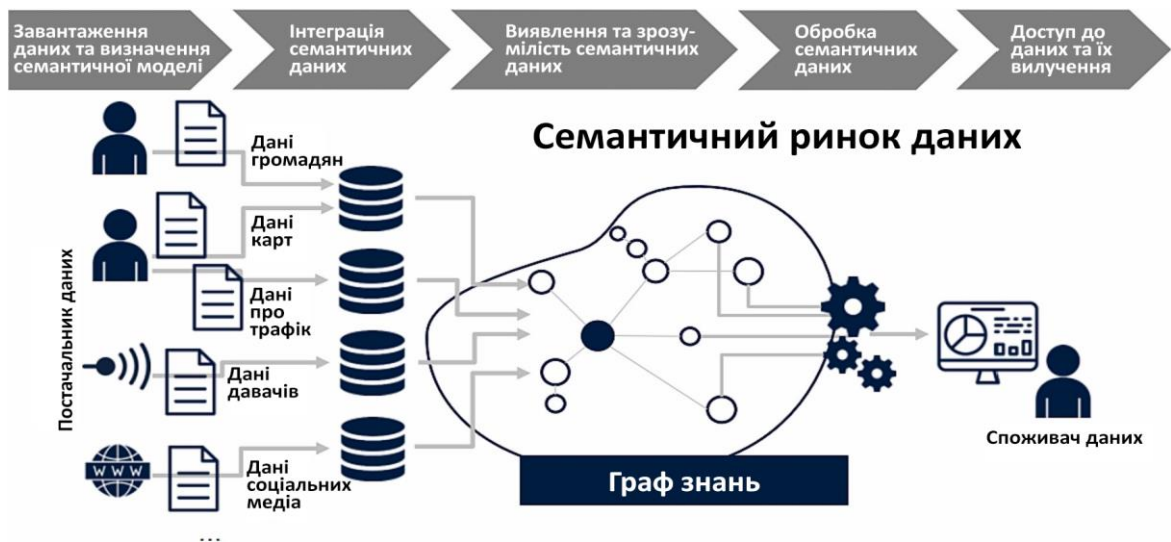


Рисунок 3.6 – Семантичний ринок даних для легкого обміну даними в межах «розумного міста» [58]

Ринок даних полегшує пошук та доступ до даних, що покращує ефективність консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh. Однак незрозуміло, чи відповідає це рішення вимогам DPL, або чи є ринок масштабованим для задоволення потреб декількох секторів у розвитку «розумних міст».

Після розгляду трьох рішень, кожне з яких має свої переваги та обмеження в контексті сприяння консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh, система контролю доступу, запропонована [56], може бути найбільш підходящим методом для консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh. Але є побоювання щодо її масштабованості. Крім того, рішення на основі блокчейну від [43] може бути підходящим методом для сприяння консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh, якщо воно використовує техніки захисту приватності. Нарешті, рішення щодо ринку даних від [58] також може бути підходящим методом для консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh, хоча неясно, чи відповідає воно вимогам DPL. Тому необхідне подальше дослідження цих рішень та інших нових технологій для надання всебічного розуміння найбільш ефективних підходів до сприяння

консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh при дотриманні вимог DPL.

3.4 Законодавство про обмін даними та захист даних

Згідно з наведеним вище змістом, виявляється багатогранний погляд на виклики та складнощі, що оточують процеси обміну даними, конфіденційність та регуляторні рамки, особливо в контексті розвитку «розумних міст» та використання новітніх технологій. Це означає, що орієнтація в обміні даними в «розумних містах» вимагає глибокого розуміння конфіденційності, адаптивних механізмів для формулювання політик та співпраці, гнучкої регуляторної структури, яка сприяє інноваціям, одночасно забезпечуючи захист даних. Спостереження [59] щодо змішування конфіденційності та захисту даних у технічній спільноті підкреслюють поширену проблему. Хоча ці концепції мають спільну мету – захист прав та автономії особи, вони мають різні масштаби та обґрунтування. Хартія основних прав Європейського Союзу чітко розділяє ці два поняття, але практичне застосування та правові тлумачення часто переплітають ці права, ускладнюючи їх виконання.

Крім того, [60] підкреслюють необхідність механізмів зворотного зв'язку для динамічного адаптування політик конфіденційності, особливо в ситуаціях, коли попередньо визначені політики можуть бути недостатніми через контекстуальні складнощі. Їхній підхід відповідає потребі в адаптивних рамках, які можуть реагувати на змінювані проблеми конфіденційності в середовищах обміну даними.

Більш того, [61] підкреслюють дихотомію обміну даними, наголошуючи на численних перевагах, при цьому визнаючи пов'язані ризики. Регуляторний підхід має знайти тонкий баланс між сприянням обміну даними для інновацій та захистом від порушень конфіденційності та спотворення ринку. Досягнення цього балансу вимагає тонкого підходу, інтегруючи горизонтальні правові

інструменти з секторними правилами, одночасно забезпечуючи послідовне тлумачення та співпрацю між регуляторними органами.

Отже, виникає загальна потреба в чітких розмежуваннях між конфіденційністю та захистом даних, динамічних механізмах для вирішення проблем конфіденційності в умовах змінюваних сценаріїв обміну даними та міцній регуляторній структурі, яка збалансує інновації з заходами захисту конфіденційності.

У контексті «розумних міст», де обмін даними між секторами є вирішальним для ефективності та інновацій, це завдання ускладнюється. Тому стає необхідним розробка всеосяжного покрокового керівництва та регуляторної структури [37].

Закон про захист даних Великої Британії та Загальний регламент захисту даних (GDPR) є двома прикладами законодавства, що має на меті захист особистих даних у контексті «розумних міст». Законодавчі акти про захист даних (DPL) необхідні для обміну даними, щоб забезпечити конфіденційність даних суб'єктів. Ці законодавства вимагають захисту даних від несанкціонованого доступу та обробки, щоб гарантувати їхню безпеку та точність. Законодавство про захист даних може накладати додаткові вимоги на контролерів даних та системи зберігання, що робить необхідним використання технік шифрування, суворого контролю доступу та оцінки впливу на захист даних [62].

Однак, оскільки обмін та використання особистих даних є проблемою для учасників «розумних міст», може знадобитися центральний агент для контролю та управління доступом до особистих даних, необхідних для інших учасників. Крім того, для ініціатив обміну даними в процесі консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh будуть потрібні політики управління даними, щоб запобігти небажаному обміну даними та забезпечити відповідальність за учасників, що залучені [63].

Що стосується платформ відкритих даних, то хоча принципи відкритих даних сприяють ширшому доступу до міських даних, регулювання

конфіденційності становить значний бар'єр для повного відкриття всіх потенційно корисних даних. Як підкреслюють [64], підходи «прозорості за дизайном» для порталів відкритих даних повинні бути збалансовані з правовими рамками захисту даних, які обмежують обмін потенційно чутливими особистими даними. Техніки анонімізації можуть забезпечити обмін деякими видами детальних даних, пов'язаних з мобільністю або споживанням енергії, при цьому захищаючи індивідуальні ідентичності. Однак справжні анонімні набори даних важко створити з багатьох реальних джерел. В кінцевому підсумку платформи відкритих даних вимагають ретельно розроблених політик збереження конфіденційності та процесів управління, щоб оцінювати та управляти ризиками публікації різних наборів даних. Технічні засоби диференційованої конфіденційності, або агрегація та очищення даних можуть знизити ризики повторної ідентифікації до певної міри. Однак значні інвестиції як у технологічну інфраструктуру, так і в процеси людського огляду даних необхідні для того, щоб міста могли розкривати дані, дотримуючись законодавчих заходів захисту особистих даних. Досягнення правильного балансу залишається поточним викликом.

Застосування заходів захисту даних та конфіденційності в «розумних містах» стикається з численними викликами та вродженими обмеженнями. Основною перешкодою є складне управління даними, що надходять з різних джерел, ускладнене потенційними конфліктами, що виникають через різні законодавства про захист даних. Крім того, процес анонімізації даних, хоча і є важливим для збереження конфіденційності особи, створює значні проблеми для ефективного функціонування інфраструктури «розумних міст». Ця складність особливо виражена в таких секторах, як охорона здоров'я, де використання особистих даних є невід'ємною частиною, що створює серйозні труднощі для безперешкодного застосування практик анонімізації [65]. Однак використання технік агрегації даних може зменшити кількість особистих даних, які передаються через «розумну» мережу [66]. Хоча, зважаючи на виклики забезпечення дотримання DPL, очевидно, що необхідний збалансований підхід,

який забезпечить захист даних та конфіденційність, водночас даючи змогу ефективну міжсекторну співпрацю для успішного розвитку та функціонування «розумних міст».

Наслідки впливу DPL на консолідацію даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh можна узагальнити:

- Регуляторні вимоги – DPL вимагають строгих заходів безпеки для обміну особистими даними.
- Вимоги щодо відповідності – регулювання накладає додаткові обов’язки на системи даних і контролерів.
- Централізований нагляд – можлива необхідність створення центрального органу для управління доступом до даних.
- Виклики відкритих даних – балансування прозорості та конфіденційності на платформах відкритих даних.
- Технічні засоби захисту – диференційована конфіденційність для зменшення ризиків повторної ідентифікації.
- Складність і баланс – виклики у забезпеченні відповідності різним законам про захист даних.

Технологія Інтернету Речей (IoT) є дуже універсальною технологією, що дає змогу здійснювати безліч комбінацій обладнання для найбільш різноманітних галузей досліджень і генерувати велику кількість даних. Щодо інтеграції цих пристроїв у «розумні міста», майбутні дослідження можуть створювати інформацію через бізнес-аналітику (BI) і бізнес-аналітику з використанням даних, отриманих за допомогою такої технології, що дасть можливість створювати нові політики для міста та громади.

Проекти «розумних міст» можуть допомогти в ефективнішому управлінні, забезпечити демократичну участь і сприяти розвитку соціальності та громадянства в контексті нових технологій. Однак важливо паралельно визначати державну політику, яка знімає ризики нової сегрегації та фрагментації і сприяє соціальній інклюзії.

3.5 Висновок до третього розділу

В третьому розділі кваліфікаційної роботи виконано аналіз відношень між ключовими принципами консолідації даних «розумних міст». Подано концептуалізацію інформаційно-технологічної платформи для консолідації даних «розумних міст». Описано міждоміненний обмін даними «розумних міст». Розглянуто законодавство про обмін даними та захист даних.

РОЗДІЛ 4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Психологічні чинники небезпеки

В кваліфікаційній роботі освітнього рівня «бакалавр» досліджуються процеси консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh. Сучасні інформаційно-технологічні проекти такого масштабу вимагають від персоналу підвищеної уваги та зосередженості, що призводить до зростання рівня стресу та психофізичного навантаження. З огляду на це, у даному параграфі доцільно проаналізувати психологічні чинники, що впливають на безпеку.

Аналіз статистичних даних та висновків експертів у сфері безпеки життєдіяльності свідчить, що переважна більшість виробничих та побутових травм – від 60% до 90% – є результатом необачності або недбалості самих постраждалих. Така ситуація зумовлена декількома ключовими факторами. Насамперед, це недостатній рівень професійної підготовки з питань безпеки, що призводить до невірних дій у потенційно небезпечних умовах. До цього додається слабе виховання культури безпечної поведінки та відсутність внутрішньої мотивації дотримуватися встановлених норм безпеки. Окрему загрозу становить допуск до виконання небезпечних робіт осіб, схильних до підвищеного ризику травматизму. Крім того, значна кількість нещасних випадків стається через фізичне виснаження або психоемоційні стани, що знижують уважність та здатність до контролю над діями людини у критичних ситуаціях [67].

Існує комплекс факторів, які збільшують індивідуальну схильність людини до небезпеки. Серед них – особливості темпераменту, функціональні зміни в організмі, порушення роботи органів чуття та незадоволеність виконуваною діяльністю. Водночас, підвищений ризик виникає і через несприятливі умови самої роботи, зокрема надмірні фізичні та розумові навантаження, незручне положення тіла під час праці, високий темп виконання

завдань, емоційне перенапруження, надмірне навантаження на зір та слух, а також невідповідність між робочим місцем, інструментами та фізичними параметрами працівника. Такі обставини спричиняють значне виснаження організму, впливають на психоемоційний стан людини, уповільнюють її реакції, знижують точність орієнтації у просторі, послаблюють увагу та здатність концентруватися, а також погіршують сприйняття навколишнього середовища. Усе це значно підвищує ймовірність нещасних випадків і травматизму.

У сфері психології виділено спеціальний напрямок – психологію безпеки, що вивчає психологічні аспекти, які формують поведінку людини в ризикованих та небезпечних обставинах, особливо під час виконання професійних обов'язків. Ця галузь аналізує як стійкі психічні властивості особистості, так і різноманітні тимчасові стани – від емоційних до когнітивних – що виникають у працівника. Ці стани можуть як позитивно, так і негативно впливати на ефективність, безпечність та стабільність поведінки в стресових або потенційно небезпечних умовах. Основою будь-якої психічної діяльності є психічні процеси, такі як сприймання, мислення, пам'ять, уява, увага, мовлення тощо. Саме вони забезпечують формування нових знань, навичок, а також накопичення життєвого досвіду. Без активного функціонування цих процесів неможливий повноцінний розвиток особистості, прийняття рішень у критичних ситуаціях та ефективна адаптація до складних умов праці. Таким чином, вивчення психології безпеки є надзвичайно важливим для підвищення рівня безпеки в різних сферах людської діяльності [68].

У психології психічні процеси класифікуються на пізнавальні, емоційні та вольові, кожен з яких відіграє вирішальну роль у регуляції поведінки та діяльності індивіда. Психічні властивості є відносно сталими характеристиками особистості, що проявляються у сферах інтелекту, емоцій, волі, трудової активності тощо. Водночас, психічні стани відображають тимчасові особливості психічної діяльності, що виникають у конкретних ситуаціях і безпосередньо впливають на ефективність функціонування всіх психічних

процесів. На думку більшості психологів, здатність людини до продуктивної діяльності значною мірою залежить від рівня психічного напруження. У певних межах зростання напруги стимулює працездатність і покращує результати діяльності. Однак, при досягненні надмірного рівня активізації відбувається зворотний ефект – продуктивність різко знижується, аж до повної втрати здатності виконувати завдання.

У ситуаціях надмірного психічного напруження можуть проявлятися два різновиди станів: гальмівний та збудливий. Гальмівний тип характеризується уповільненням реакцій, руховою скутістю, зниженням швидкості мислення та погіршенням пам'яті. Людина стає менш уважною, розсіяною, а навіть прості дії виконуються із затримками. Такий стан різко контрастує зі звичайною поведінкою індивіда у нормальних, спокійних умовах. Натомість, збудливий тип супроводжується підвищеною активністю, надмірною балакучістю, тремтінням у руках та голосі. Людина починає здійснювати багато зайвих рухів, які не мають практичної цінності: вона без потреби перевіряє прилади, змінює положення елементів керування, робить зайві рухи. Водночас посилюється емоційна нестабільність – з'являється дратівливість, запальність, грубість, що також не властиво для цієї особи за звичайних обставин. Подібні зміни психічного стану можуть значно впливати на безпеку та ефективність трудової діяльності, особливо в умовах підвищеного ризику.

Надмірне психічне напруження часто стає причиною помилкових рішень та неадекватної поведінки в умовах стресу чи складної ситуації, що значно підвищує ризик виникнення травм або аварій. Психологи підкреслюють важливість своєчасного розпізнавання специфічних психічних станів, які мають критичне значення для забезпечення безпеки. До таких станів належать короточасні порушення свідомості, раптові зміни настрою, спричинені психогенними факторами, а також афективні реакції, що виникають під впливом психоактивних речовин, як от стимулятори, заспокійливі препарати, алкоголь тощо. Ці стани здатні суттєво вплинути на здатність особи адекватно оцінювати ситуацію, приймати рішення та діяти безпечно, що створює серйозні

загрози у професійній діяльності та повсякденному житті [67].

Пароксизмальні стани – це різновид розладів, що характеризуються епізодами короткочасної втрати свідомості, тривалість яких може коливатися від декількох секунд до декількох хвилин. Зазвичай такі порушення розвиваються на тлі органічних уражень головного мозку, зокрема при епілепсії. Сучасні діагностичні методики дають змогу на ранніх етапах виявляти осіб з прихованою схильністю до подібних станів. Таким людям категорично не рекомендується займатися діяльністю, пов'язаною з підвищеним ризиком, наприклад, роботою на висоті, керуванням транспортними засобами або виконанням небезпечних виробничих завдань. Психогенні зміни емоційного фону та афективні реакції, як правило, виникають під впливом сильних психічних подразників. При цьому може спостерігатися різке зниження настрою, поява апатії, байдужості, загальної загальмованості та млявості, що можуть тривати від декількох хвилин до декількох тижнів або навіть місяців. Такі стани часто спричиняються особистими втратами, конфліктами чи стресовими ситуаціями. Вони негативно впливають на темп мислення, знижують увагу та самоконтроль, що значно підвищує ймовірність нещасних випадків. Афективні стани, що супроводжуються потужними емоційними вибухами, здатні різко змінити поведінку людини. Під впливом сильного роздратування або розчарування особа може втратити здатність до раціонального мислення, проявляти агресію, діяти імпульсивно і навіть небезпечно. З цієї причини особи з вираженою схильністю до таких реакцій не повинні обіймати посади, що вимагають високого рівня відповідальності та емоційної стабільності.

Вживання психоактивних речовин, зокрема алкоголю, суттєво збільшує ймовірність отримання травм та знижує загальний рівень безпеки при виконанні будь-якої діяльності. Хоча легкі стимулювальні засоби, такі як чай або кава, можуть тимчасово підвищити працездатність і подолати сонливість, їхній ефект є короткочасним та обмеженим. У випадках, коли

використовуються сильніші стимулятори під час виконання відповідальних завдань, це може мати протилежний ефект – погіршення фізичного та психічного стану, зниження концентрації уваги й уповільнення реакцій. Транквілізатори, хоч і мають заспокійливу дію та можуть допомогти уникнути нервового перенапруження, водночас спричиняють зниження психічної активності, викликають апатію, млявість і сонливість, що також є небезпечним у професійному середовищі. Особливо серйозний вплив на безпеку має вживання алкогольних напоїв. За результатами численних досліджень, від 40 до 60% дорожньо-транспортних пригод відбуваються саме через алкогольне сп'яніння. У виробничій сфері виявлено, що близько 64% смертельних випадків пов'язані з вживанням алкоголю та подальшими помилковими діями постраждалих.

При впровадженні та експлуатації систем консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh, фахівці, що працюють з цими складними інформаційно-технологічними проєктами, стикаються зі значними психологічними чинниками небезпеки. Зростання обсягів даних, висока відповідальність за їхню цілісність та доступність, а також необхідність оперативного реагування на потенційні проблеми можуть призводити до підвищеного рівня стресу та психофізичного навантаження. Згідно з аналізом статистики, значна частина травм на роботі зумовлена саме людським фактором – необачністю, зниженням уваги та помилками, спричиненими втомою, надмірним психічним напруженням або іншими несприятливими психологічними станами. Це підкреслює важливість всебічного врахування таких аспектів, як низький рівень підготовки з питань безпеки, недостатнє виховання культури безпечної поведінки та схильність до ризикованих дій.

Додатково, індивідуальна схильність до небезпеки може посилюватися через особистісні характеристики, функціональні зміни в організмі, дефекти органів чуття або незадоволення професійною діяльністю. Несприятливі умови праці, такі як значні розумові зусилля, незручна робоча поза, високий темп

роботи, емоційні перевантаження, а також перенапруження зорових та слухових аналізаторів, лише посилюють фізичне й емоційне виснаження.

4.2 Вимоги пожежної безпеки при гасінні електроустановок

Кваліфікаційна робота освітнього рівня «бакалавр» присвячена консолідації даних IoT-пристроїв «розумних міст» на основі DataMesh. У зв'язку з впровадженням IoT-пристроїв у міську інфраструктуру важливо враховувати вимоги пожежної безпеки при ліквідації загорянь в електроустановках. Інфраструктура «розумних міст», що активно використовує IoT-пристрої та принципи DataMesh для консолідації даних, є складною системою, яка неминуче використовує велику кількість електричного та електронного обладнання. Давачі, мікроконтролери, комунікаційні модулі, сервери, мережеве обладнання – все це є потенційними джерелами пожежної небезпеки через можливі короткі замикання, перевантаження мережі, несправності або недбале поводження. Тому, при виникненні займання в таких електроустановках, надзвичайно важливо дотримуватися суворих вимог пожежної безпеки під час гасіння, оскільки неправильні дії можуть не лише посилити пожежу, а й призвести до ураження електричним струмом або інших серйозних травм для персоналу.

При виникненні пожежі в електроустановках слід використовувати тільки вуглекислотні вогнегасники, попередньо обов'язково знеструмивши обладнання. Застосування водних струменів, незалежно від їх форми (суцільні чи розпилені), без попереднього вимкнення напруги допускається лише для відкритих електроустановок, включаючи розігріті кабелі, за умови, що напруга не перевищує 10 кВ [61]. У таких ситуаціях водяний струмінь обов'язково має бути заземлений, а особи, які гасять пожежу, повинні бути в діелектричному взутті та рукавичках, дотримуючись безпечної відстані.

- не менше 4 метрів для установок до 1000 В;
- не менше 8 метрів для установок напругою від 6 до 10 кВ.

Використання морської або сильно забрудненої води для гасіння пожеж є категорично неприпустимим. Також заборонено застосовувати ручні пінні вогнегасники для боротьби з вогнем в електроустановках під напругою до 10 кВ, оскільки піна та її розчин мають високу електропровідність [69].

У певних ситуаціях дозволяється гасити пожежі в електроустановках з напругою до 10 кВ, застосовуючи повітряно-механічну піну, за дотримання наступних умов:

- якщо генератор високократної піни, що встановлений перед тим, є надійно заземлений;
- якщо пожежні машини обладнані заземленими насосами.

У випадку, коли частина електрообладнання залишається під напругою під час гасіння пожежі, аби уникнути ризику ураження електрострумом при випадковому контакті або неправильному наближенні людини до струмоведучих частин, відстань повинна бути не менше:

- при напрузі 6-10 кВ – 0,7 м;
- при напрузі 35 кВ – 1 м;
- при напрузі 110 кВ – 1,5 м.

Перш ніж пожежні підрозділи зможуть приступити до гасіння пожежі в електроустановці, вони мусять пройти обов'язковий інструктаж, проведений головним енергетиком та інженером-електриком (або черговим електриком), і отримати від них відповідний дозвіл. Пожежникам вкрай важливо враховувати всі ймовірні сценарії та наслідки можливих коротких замикань [69].

Під час пожежогасіння пожежні бригади зобов'язані діяти відповідно до вказівок головного енергетика та інженера-електрика (чергового електрика). Ці фахівці, своєю чергою, повинні консультувати керівника гасіння пожежі щодо дотримання правил безпеки, ймовірності займання сусіднього обладнання та поширення вогню. Керівник гасіння пожежі має тісно співпрацювати з головним енергетиком та інженером-електриком (черговим електриком), погоджуючи з ними розміщення пожежних сил та засобів, зміну позицій пожежних стволів тощо.

Категорично забороняється особистому складу пожежних бригад перетинати огороження струмопровідних частин, що перебувають під напругою. При гасінні пожежі члени пожежних бригад повинні виходити з припущення, що всі струмопровідні елементи електроустановки залишаються під напругою, за винятком тих частин, відсутність напруги на яких була підтверджена оперативним персоналом [69].

Дотримання специфічних правил гасіння електроустановок, які, можливо, знаходяться під напругою, є критичним для збереження життя та здоров'я людей, а також для мінімізації матеріальних збитків. Використання неефективних або невідповідних засобів пожежогасіння (наприклад, води або пінних вогнегасників для електроустановок під напругою) може призвести до розповсюдження вогню, ураження електричним струмом або пошкодження чутливого обладнання. Тому навчання персоналу правилам безпечного гасіння електроустановок, забезпеченню спеціальними вогнегасниками (вуглекислотними, порошковими або аерозольними) та суворому дотриманню відстані до струмопровідних частин є обов'язковою складовою забезпечення загальної безпеки в середовищі «розумних міст» на базі IoT та DataMesh.

З огляду на це, детальні знання та суворе дотримання протоколів пожежної безпеки, зокрема щодо правильного вибору засобів гасіння та забезпечення безпечної відстані, є невід'ємною частиною навчання персоналу, який працює з такими системами. Це дає змогу ефективно локалізувати та ліквідувати можливі пожежі, мінімізуючи як потенційну шкоду обладнанню, так і ризики для життя та здоров'я людей.

4.3 Висновок до четвертого розділу

В четвертому розділі кваліфікаційної роботи описано психологічні чинники небезпеки. Окремо розглянуто вимоги пожежної безпеки при гасінні електроустановок.

ВИСНОВКИ

Ця бакалаврська робота досліджує та обґрунтовує ефективність застосування архітектури DataMesh для консолідації даних, що генеруються IoT-пристроями у контексті «розумних міст», демонструючи її переваги для створення масштабованих, надійних та безпечних інформаційних екосистем, критично важливих для сталого міського розвитку.

В першому розділі кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Бакалавр»:

- Подано означення «розумних» систем.
- Описано та проаналізовано інноваційний концепт «розумне місто».
- Розглянуто означення інформаційного продукту.
- Досліджено інформаційні системи та технології «розумного» моніторингу.
- Подано інформацію щодо Інтернету речей (IoT), сховищ даних (DW), обробки онлайн-транзакцій (OLTP), операційної аналітики (OLAP) та бізнес-аналітики (BI).
- Окремо подано опис процесів видобування, перетворення та завантаження (ETL) даних.

В другому розділі кваліфікаційної роботи:

- Подано означення DataMesh.
- Проаналізовано принципи DataMesh.
- Зокрема подано топологію DataMesh.
- Описана парадигма DataMesh для подієво-орієнтованої системи моніторингу «розумних» спільнот.

- Розкрито суть домена DataMesh.

В третьому розділі кваліфікаційної роботи:

- Виконано аналіз відношень між ключовими принципами консолідації даних «розумних міст».

- Подано концептуалізацію інформаційно-технологічної платформи для консолідації даних «розумних міст».

- Описано міждомісний обмін даними «розумних міст».

- Розглянуто законодавство про обмін даними та захист даних.

У розділі «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці» описано психологічні чинники небезпеки. Окремо розглянуто вимоги пожежної безпеки при гасінні електроустановок.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ

- 1 Pongpech W.A. A distributed data mesh paradigm for an event-based smart communities monitoring product. *Procedia Computer Science*, 2023, 220: 584-591.
- 2 Duda, O., Kunanets, N., Martsenko, S., Nykytyuk, V., & Pasichnyk, V. (2021). Information technology platform for the selection and analytical processing of information on COVID-19.
- 3 Дуда, О., Мацюк, О., Пасічник, В. В., & Кунанець, Н. Е. (2018). Концепт «розумне місто» та інформаційні технології BigData.
- 4 Duda, O., Kunanets, N., Martsenko, S., Nykytyuk, V., & Pasichnyk, V. (2021). COVID-19 data collections and analytical processing.
- 5 Duda, O., Kunanets, N., Matsiuk, O., & Pasichnyk, V. (2022). Cloud-based IT infrastructure for “smart city” projects. In D. Bădică, V. Kołodziej, M. Ganzha, & M. Paprzycki (Eds.), *Dependable IoT for human and industry* (pp. 389–409). Springer.
- 6 PWC. (2017). Why we need Smart Cities. Retrieved from <https://www.pwc.com/gx/en/industries/government-public-services/Smart-Cities.html>.
- 7 Business Wire. (2019). The Growth in Connected IoT Devices is Expected to Generate 79.4ZB of Data in 2025, According to a New IDC Forecast.
- 8 Duda, O., Kochan, V., Kunanets, N., Matsiuk, O., Pasichnyk, V., & Sachenko, A. (2019). Data processing in IoT for smart city systems.
- 9 Business Insider. (2020). How Smart city technology & the Internet of Things will change our apartments, grids and communities. Retrieved from <https://www.businessinsider.com/iot-Smart-city-technology/>.
- 10 Duda, O., Kunanets, N., Matsiuk, O., & Pasichnyk, V. (2018). Information-communication technologies of IoT in the “smart cities” projects. *Proceedings of the 11th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications*.

- 11 Deloitte. (2018). Forces of change: Smart Cities. Retrieved from <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/Smart-city/overview.html>.
- 12 Hassan, N., Gillani, S., Ahmed, E., Yaqoob, I., Imran, M., 2018. The role of edge computing in internet of things. *IEEE Communications Magazine* 56, 110–115. doi:10.1109/MCOM.2018.1700906.
- 13 Goncalves, R., J. M. Soares, J., M. F. Lima, R., 2020. An iot-based framework for smart water supply systems management. *Future Internet* 12. URL: <https://www.mdpi.com/1999-5903/12/7/114>, doi:10.3390/fi12070114.
- 14 Oliveira-Jr, A., Resende, C., Pereira, A., Madureira, P., Goncalves, J., Moutinho, R., Soares, F., Moreira, W., 2020. Iot sensing platform as a driver for digital farming in rural africa. *Sensors* 20. URL: <https://www.mdpi.com/1424-8220/20/12/3511>, doi:10.3390/s20123511.
- 15 Singh, M., Ahmed, S., 2020. Iot based smart water management systems: A systematic review. *Materials Today: Proceedings* URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785320364701>, doi:<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.08.588>.
- 16 Salam, A., 2020. *Internet of Things in Water Management and Treatment*. Springer International Publishing, Cham. pp. 273–298. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-35291-2_9, doi:10.1007/978-3-030-35291-2_9.
- 17 Mohan, N., Kangasharju, J., 2016. Edge-fog cloud: A distributed cloud for internet of things computations, in: *2016 Cloudification of the Internet of Things (CIoT)*, pp. 1–6. doi:10.1109/CIOT.2016.7872914.
- 18 Robberechts, J., Sinaeepourfard, A., Goethals, T., Volckaert, B., 2020. A novel edge-to-cloud-as-a-service (e2caas) model for building software services in smart cities, in: *2020 21st IEEE International Conference on Mobile Data Management (MDM)*, pp. 365–370. doi:10.1109/MDM48529.2020.00079.
- 19 Duda, O. M., Kunanets, N. E., Matsiuk, O. V., Pasichnyk, V. V., & Rzhenskyi, A. V. (2018). Fog computing and Big data in projects of class smart city.
- 20 Орлов М. В., Дуда О. М., Жовнір Ю. І., Грибовський О.М. Інструменти методології DevOps в інформаційних системах на основі

технологій IoT. Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво, Випуск 57, 2024, с. 128-138. ISSN 2524-0552; eISSN 2524-0560, DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2024-57-15>

21 Орлов М.В., Грибовський О.М., Жовнір Ю.І., Дуда О.М., Від концепції до реальності: роль методології devops в екосистемах iot. Науковий журнал «Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки». Том 35 (74) № 6 2024. Частина 2. Видавничий дім «Гельветика». 2024. с. 163-170. ISSN 2663-5941 (Print), ISSN 2663-595X (Online) DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2024.6.2/22>.

22 McLaren, D., & Agyeman, J. (2015). Sharing Cities: A case for truly Smart and sustainable Cities. In Sharing Cities: A Case for Truly Smart and Sustainable Cities. <https://doi.org/10.17583/rimcis.2018.3641>.

23 Kranenburg, R. V., & Bassi, A. (2012). IoT Challenges. Communications in Mobile Computing. <https://doi.org/10.1186/2192-1121-1-9>.

24 Mateus-Coelho, N., Cruz-Cunha, M., Silva-Ávila, P. (2021). "Application of the Industry 4.0 technologies to mobile learning and health education apps". FME Transactions 49 4 (2021): 876-885. <http://dx.doi.org/10.5937/fme2104876m>.

25 Duda, O., Pasichnyk, V., Lypak, H., Veretennikova, N., Kunanets, N., & Matsiuk, O. (2021). Formation of Integrated Repositories of Social and Communication Data by Consolidating the Resources of Museums, Libraries and Archives in Smart Cities Projects.

26 Geetha, S., Dhanani, K. R., Doshi, P. P. (2020). Data Analysis and ETL Tools in Business Intelligence. V. VII, 127-131. DOI: <https://doi.org/10.26562/irjcs.2020.v0705.007>.

27 ZentuT. (2021). Kimball vs Inmon na arquitetura de data warehouse. <https://www.zentut.com/data-warehouse/ralph-kimball-data-warehousearchitecture/>.

28 Kimball, R., Ross, M. (2013). *The Datawarehouse Toolkit: The Definitive Guide to Dimensional Modeling*, Terceira edição. Indianapolis, IN 46256. Publicado por John Wiley & Sons, Inc.

- 29 Duda, O., Pasichnyk, V., Kunanets, N., Antonii, R., & Matsiuk, O. (2020). Multidimensional representation of covid-19 data using olap information technology.
- 30 Дуда, О., & Станько, А. (2023). Архітектура мережевої платформи моніторингу об'єктів у кіберфізичних системах «розумних міст». Вісник Хмельницького національного університету. Серія: «Технічні науки», №4, 10-19. ISSN 2307-5732. DOI 10.31891/2307-5732.
- 31 Dehghani, Z., 2022. Data Mesh. O'Reilly Media. URL: <https://books.google.co.th/books?id=GOnzDwAAQBAJ>.
- 32 Strenghtolt, P., 2020. Data Management at Scale. O'Reilly Media. URL: <https://books.google.co.th/books?id=GOnzDwAAQBAJ>.
- 33 Sahni, Y., Cao, J., Zhang, S., Yang, L., 2017. Edge mesh: A new paradigm to enable distributed intelligence in internet of things. IEEE Access 5, 16441–16458. doi:10.1109/ACCESS.2017.2739804.
- 34 Machado, I., Costa, C., Santos, M.Y., 2021. Data-driven information systems: The data mesh paradigm shift.
- 35 Machado, I.A., Costa, C., Santos, M.Y., 2022. Data mesh: Concepts and principles of a paradigm shift in data architectures. Procedia Computer Science 196, 263–271. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050921022365>, doi:<https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.013>. international Conference on ENTERprise Information Systems / ProjMAN – International Conference on Project MANagement / HCist – International Conference on Health and Social Care Information Systems and Technologies 2021.
- 36 Duda, O., Dzhydzhora, L., Matsiuk, O., Stanko, A., Kunanets, N., & Pasichnyk, V. (2020). Mobile information system for monitoring the spread of viruses in smart cities. SISN, 8, 65-70. ISSN: 2524-065X. Online ISSN: 2663-0001. DOI <https://doi.org/10.23939/sisn2020.08.065>
- 37 Joyce, A., & Javidroozi, V. (2024). Smart city development: Data sharing vs. data protection legislations. Cities, 148, 104859.
- 38 О. Дуда, О. Захарія, Т. Крамар, А. Мельник, П. Скалецький. Архітектура системи організації даних «розумних міст» на основі концепту data

mesh. Вісник національного університету «Львівська політехніка» серія Інформаційні системи та мережі, Випуск 17, (2025): с. 411 - 424. ISSN: 2524-065X <https://doi.org/10.23939/sisn2025.17.411>

39 Kunanets, N., Zhovnir, Y., Burov, Y., Pasichnyk, V., & Duda, O. (2025). Designing the structure and architecture of situation-aware security information systems for residential complexes. *Eastern European Journal of Enterprise Technologies*, 1(9(133)), 6–23.

40 Oleksii, D., Oleksandr, M., Mikolaj, K., Nataliia, V., Nataliia, K., & Volodymyr, P. (2018). Information Technologies of Internet Devices and BigData in the “Smart Cities” Projects.

41 Жовнір Ю. І., Грибовський О. М., Орлов М. В., Дуда О. М. , Кунанець Н. Е. Методологія розроблення та супроводу інформаційних систем, базованих на технології інтернету речей Управління розвитком складних систем 2024.- Вип.60, С. 56-71. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2024.60.56-70>.

42 Clement, J., Manjon, M., & Crutzen, N. (2022). Factors for collaboration amongst smart city stakeholders: A local government perspective. *Government Information Quarterly*, 39(4), Article 101746.

43 Mukherjee, A., Sahoo, S., & Halder, R. (2022). A blockchain-based integrated and interconnected hybrid platform for smart city ecosystem. *Peer-to-Peer Networking and Applications*, 15(4), 2116–2141.

44 Van Der Hoogen, A., Scholtz, B., & Calitz, A. (2019). A smart city stakeholder classification model. In *2019 Conference on Information Communications Technology and Society, ICTAS 2019*.

45 Tsampoulatidis, Ioannis, Nicos Komninos, Evangelos Syrmos, and Dimitrios Bechtsis. 2022. “Universality and interoperability across smart city ecosystems.” *Lecture notes in computer science (including subseries lecture notes in artificial intelligence and lecture notes in bioinformatics)* 13325 LNCS:218–30.

46 Bibri, S. E. (2018). The IoT for smart sustainable cities of the future: An analytical framework for sensor-based big data applications for environmental sustainability. *Sustainable Cities and Society*, 38, 230–253.

47 Mukherjee, S., Gupta, S., Rawlley, O., & Jain, S. (2022). Leveraging big data analytics in 5G-enabled IoT and industrial IoT for the development of sustainable smart cities. *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*, 33(12), Article e4618.

48 Paskaleva, K., Evans, J., Martin, C., Linjordet, T., Yang, D., & Karvonen, A. (2017). Data governance in the sustainable smart city. *Informatics*, 4(4), 41.

49 Javidroozi, V., Shah, H., & Feldman, G. (2019b). Urban computing and smart cities: Towards changing city processes by applying enterprise systems integration practices. *IEEE Access*, 7, 108023–108034.

50 Asswad, Jad and Jorge Marx Gomez. 2021. “Data ownership: A survey.” *Information* 2021, Vol. 12, Page 465 12(11):465.

51 Paiho, S., Tuominen, P., Rokman, J., Ylike“ ra“la, M., Pajula, J., & Siikavirta, H. (2022).“ Opportunities of collected city data for smart cities. *IET Smart Cities*, 4(4), 275–291.

52 Abdalla, W., Renukappa, S., Suresh, S., & Al-Janabi, R. (2019). Challenges for managing smart cities initiatives: An empirical study. In *Proceedings - 2019 3rd International Conference on Smart Grid and Smart Cities, ICSGSC 2019* (pp. 10–17).

53 Cui, L., Xie, G., Youyang, Q., Gao, L., & Yang, Y. (2018). Security and privacy in smart cities: Challenges and opportunities. *IEEE Access*, 6, 46134–46145.

54 Kieu, T. K., Grattan, K., Goldman, B., Ha, T. T. T., Thi, T. T. T., Pomeroy-Stevens, A., & Bachani, D. (2022). Bringing sectors together in Da Nang, Vietnam: Participatory systems mapping. *Journal of Urban Health*, 99(4), 760–769.

55 Kosba, A., Miller, A., Shi, E., Wen, Z., & Papamanthou, C. (2016). Hawk: The blockchain model of cryptography and privacy-preserving smart contracts. In *Proceedings - 2016 IEEE Symposium on Security and Privacy, SP 2016* (pp. 839–858).

56 Anisetti, M., Ardagna, C. A., Braghin, C., Damiani, E., Polimeno, A., & Balestrucci, A. (2021). Dynamic and scalable enforcement of access control policies for big data. In *ACM International Conference Proceeding Series* (pp. 71–78).

57 Vandercruysse, L., Buts, C., & Doms, M. (2020). A typology of smart city services: The case of data protection impact assessment. *Cities*, 104, Article 102731.

58 Pomp, A., Paulus, A., Burgdorf, A., & Meisen, T. (2021). A semantic data marketplace for easy data sharing within a smart city. *International Conference on Information and Knowledge Management, Proceedings*, 4774–4778.

59 Chiara, P. G. (2021). The balance between security, privacy and data protection in IoT data sharing: A critique to traditional ‘Security&Privacy’ surveys. *European Data Protection Law Review*, 7(1), 18–30.

60 Bargh, M. S., Meijer, R., Choenni, S., & Conradie, P. (2014). Privacy protection in data sharing: Towards feedback based solutions. In *ACM International Conference Proceeding Series* (pp. 28–36) (2014-January).

61 Graef, I., Tombal, T., & de Streel, A. (2019). Limits and enablers of data sharing. An analytical framework for EU competition, data protection and consumer law. *SSRN Electronic Journal*, 1–34.

62 Christofi, Athena, Rob Heyman, Laurens Vandercruysse, Valerie Verdoodt, Caroline Buts, Michael Doms, Jo Pierson, and Peggy Valcke. 2019. “Smart city privacy: Enhancing collaborative transparency in the regulatory ecosystem.” 2019 CTTE-FITCE: Smart cities and information and communication technology, CTTE-FITCE 2019.

63 Denker, A. (2021). Protection of privacy and personal data in the Big Data environment of smart cities. In *The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences XLVI-4-W5-2021(4/W5-2021)* (pp. 181–186).

64 Lnenicka, M., Nikiforova, A., Luterek, M., Azeroual, O., Ukpabi, D., Valtenbergs, V., & Machova, R. (2022). Transparency of open data ecosystems in smart cities: Definition and assessment of the maturity of transparency in 22 smart cities. *Sustainable Cities and Society*, 82, Article 103906.

65 Gruschka, Nils, Vasileios Mavroeidis, Kamer Vishi, and Meiko Jensen. 2019. “Privacy issues and data protection in Big Data: A case study analysis under

GDPR.” Proceedings - 2018 IEEE International Conference on Big Data, Big Data 2018 5027–33.

66 Braun, T., Fung, B. C. M., Iqbal, F., & Shah, B. (2018). Security and privacy challenges in smart cities. *Sustainable Cities and Society*, 39, 499–507.

67 Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / В.С.Стручок. — Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. — 156 с.

68 Ткачук, К. Н., Зацарний, В. В., Зеркалов, Д. В., Полукаров, О. І., Коз’яков, В. С., Мітюк, Л. О., ... & Луц, Т. Є. (2014). Основи охорони праці.

69 Стручок В.С. Техноекологія та цивільна безпека. Частина «Цивільна безпека». Навчальний посібник. 2022.