

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

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

Кафедра комп'ютерних наук  
(повна назва кафедри)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Аналіз аномалій даних енергоспоживання будівель в проєктах класу  
"Розумне місто"

Виконав: студент IV курсу, групи СН-41

спеціальності 122 Комп'ютерні науки

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Дубельт В.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Кунанець Н.Е.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Литвиненко Я.В.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Боднарчук І.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Гащин Н.Б.

(прізвище та ініціали)

Тернопіль  
2023

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

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

Кафедра комп'ютерних наук  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

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

« 16 » червня 2023 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня Бакалавр  
(назва освітнього ступеня)

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

Студенту Дубельт Василь Сергійович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Аналіз аномалій даних енергоспоживання будівель в проектах класу "Розумне місто"

Керівник роботи Кунанець Наталія Едуардівна, д.н.с.к., професор кафедри КН  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 7 » лютого 2023 року № 4/7-133

2. Термін подання студентом завершеної роботи 16 червня 2023р.

3. Вихідні дані до роботи Наукові публікації, Інтернет-джерела та відкриті набори даних щодо енергоспоживання «розумних будівель» в «розумних містах».

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

Вступ. 1. Аналіз предметної області та опис етапів аналітичного опрацювання аномалій даних енергоспоживання будівель в проектах класу «Розумне місто». 1.1. Аналіз предметної області. 1.2. Набори даних. 1.3. Етапи аналітичного опрацювання аномалій даних енергоспоживання. 1.4. Видобування наборів даних. 1.5. Опис процесу кількісної оцінки виявлених аномалій даних. 1.6. Опис процесу візуалізації виявлених аномалій даних. 1.7. Опис процесу аналізу виявлених аномалій даних. 2. Оцінювання та візуалізація аномалій даних. 2.1. Денне оцінювання аномалій даних. 2.2. Погодинне оцінювання аномалій даних. 2.3. Похвилинне оцінювання аномалій даних. 2.4. Візуалізація погодинного розподілу аномалій даних. 2.5. Похвилинна візуалізація розподілу аномалій даних. 2.6. Посекундна візуалізація розподілу аномалій даних. 2.7. Аналіз типів аномалій даних енергоспоживання «розумних» будівель. 2.8. Співвідношення між видами аномалій даних по годинах і хвилинах. 3. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці. Висновки. Перелік джерел. Додатки.

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

1. Титульна сторінка. 2. Тема та мета роботи. 3. Завдання роботи. 4. Актуальність роботи. 5. Практичне значення одержаних результатів. 6. Розумне місто... 7. Розумні мережі... 8. Розумна енергетична інфраструктура. 9. Якість даних. 10. Етапи аналітичного опрацювання... 11. Результати аналітичного опрацювання... 12. Погодинна кількісна оцінка... 13. Похвилинна кількісна оцінка аномалій даних.. 14. Оцінювання аномалій... 15. Погодинне співвідношення... 16. Висновки. 17. Завершальний слайд.

## 6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 23 січня 2023 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Ознайомлення з завданням до кваліфікаційної роботи	23.01.2023	Виконано
2.	Підбір джерел щодо енергоспоживання «розумних будівель» в «розумних містах».	24.01.2023-26.01.2023	Виконано
3.	Опрацювання джерел щодо енергоспоживання «розумних будівель» в «розумних містах».	27.01.2023-31.01.2023	Виконано
4.	Виконання дослідження процесів аналізу аномалій даних енергоспоживання «розумних будівель» в «розумних містах».	01.02.2023-07.02.2023	Виконано
5.	Оформлення розділу «Аналіз предметної області та опис етапів аналітичного опрацювання аномалій даних енергоспоживання будівель в проєктах класу «Розумне місто».	08.02.2023-09.02.2023	Виконано
6.	Оформлення розділу «Оцінювання та візуалізація аномалій даних енергоспоживання будівель в проєктах класу «Розумне місто».	10.02.2023-12.02.2023	Виконано
7.	Виконання завдання до підрозділу «Безпека життєдіяльності»	05.06.2023-06.06.2023	Виконано
8.	Виконання завдання до підрозділу «Основи охорони праці»	07.06.2023-08.06.2023	Виконано
9.	Оформлення кваліфікаційної роботи	09.06.2023-11.06.2023	Виконано
10.	Нормоконтроль	12.06.2023-13.06.2023	Виконано
11.	Перевірка на плагіат	14.06.2023	Виконано
12.	Попередній захист кваліфікаційної роботи	15.06.2023	Виконано
13.	Захист кваліфікаційної роботи	19.06.2023	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Дубельт В.С.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Кунанець Н.Е.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Аналіз аномалій даних енергоспоживання будівель в проєктах класу "Розумне місто" // Кваліфікаційна робота освітнього рівня «Бакалавр» // Дубельт Василь Сергійович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних наук, група СН-41 // Тернопіль, 2022 // С. 46, рис. – 14, табл. – 2, кресл. – 17, додат. – 2, бібліогр. – 38.

**Ключові слова:** аналіз, аномалії, візуалізація, дані, енергоспоживання, набір даних, перерахування, розумний дім.

Кваліфікаційна робота присв'ячена дослідженню аналізу аномалій даних енергоспоживання будівель в проєктах класу «Розумне місто». В першому розділі кваліфікаційної роботи освітнього рівня «бакалавр» подано аналіз предметної області. Описано набори даних щодо енергоспоживання будівель в проєктах класу «Розумне місто». Розглянуто етапи аналітичного опрацювання аномалій даних енергоспоживання будівель в проєктах класу «Розумне місто». Описано процес видобування наборів даних. Подано опис процесів кількісної оцінки, візуалізації та аналізу виявлених аномалій даних щодо енергоспоживання будівель в проєктах класу «Розумне місто».

В другому розділі кваліфікаційної роботи проведено денне, погодинне та похвилинне оцінювання аномалій даних щодо енергоспоживання «розумних» будівель. Виконано візуалізацію погодинного, похвилинного та посекудного розподілу аномалій даних щодо енергоспоживання «розумних» будівель. Проаналізовано типи аномалій даних енергоспоживання «розумних» будівель. Сформовано погодинну та похвилинну кореляцію між виявленими двома ключовими типами аномалій даних щодо енергоспоживання «розумних» будівель.

В третьому розділі кваліфікаційної роботи описано розглянуто значення адаптації в трудовому процесі. Окремо описано методи боротьби з монотонністю праці на виробництві.

## ANNOTATION

Anomalies Analysis of Power Consumption Data for Buildings in the Projects of the "Smart City" Class // Qualification work of the educational level "Bachelor" // Dubelt Vasyl Serhiiiovych // Ternopil Ivan Pulyu National Technical University, Computer and Information Systems and Software Engineering Faculty, Computer Sciences Department, group SN-41 // Ternopil, 2023 // P. 46, fig. - 14, tabl. - 2, chair. - 17, annexes. – 2, references - 38.

**Keywords:** analysis, anomalies, visualization, data, power consumption, dataset, enumeration, smart home.

The qualification work is devoted to the study of the analysis of anomalies of energy consumption data of buildings in projects of the "Smart City" class. In the first section of the qualifying work of the "bachelor" educational level, an analysis of the subject area is presented. Data sets on energy consumption of buildings in projects of the "Smart City" class are described. The stages of analytical processing of building energy consumption data anomalies in "Smart City" class projects are considered. The process of extracting data sets is described. A description of the processes of quantitative assessment, visualization and analysis of detected data anomalies regarding the energy consumption of buildings in projects of the "Smart City" class is provided.

In the second section of the qualification work, a daily, hourly and minute-by-minute assessment of data anomalies regarding the energy consumption of "smart" buildings was carried out. Visualization of hourly, minutely and secondly distribution of data anomalies regarding the energy consumption of "smart" buildings was performed. The types of anomalies in energy consumption data of "smart" buildings were analyzed. An hourly and minute-by-minute correlation was formed between the two key types of data anomalies identified regarding the energy consumption of "smart" buildings.

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

Аномалія даних – викид, відхилення або виняток даних – вказує на відмінність або незвичність в даних порівняно зі звичайними чи очікуваними шаблонами.

Виявлення аномалій даних – це процес ідентифікації незвичайних, таких, що відхиляються від норми або аномальних значень в наборі даних. Головна мета виявлення аномалій полягає в тому, щоб знайти відхилення або незвичайні події, які можуть бути цікавими або вказувати на проблеми, важливі для подальшого аналізу.

БД – База Даних.

Розумне місто (іноді також називається «місто майбутнього» або «цифрове місто») – це концепція, яка описує місто, де використовуються передові інформаційні та комунікаційні технології та інновації для поліпшення якості життя громадян і оптимізації різних аспектів міського середовища.

СКБД – Система керування базами даних.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ОПИС ЕТАПІВ АНАЛІТИЧНОГО ОПРАЦЮВАННЯ АНОМАЛІЙ ДАНИХ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ БУДІВЕЛЬ В ПРОЄКТАХ КЛАСУ «РОЗУМНЕ МІСТО».....	
	9
1.1 Аналіз предметної області.....	9
1.2 Набори даних щодо енергоспоживання будівель в проєктах класу «Розумне місто» .....	13
1.3 Етапи аналітичного опрацювання аномалій даних енергоспоживання будівель в проєктах класу «Розумне місто» .....	15
1.4 Видобування наборів даних .....	16
1.5 Опис процесу кількісної оцінки виявлених аномалій даних щодо енергоспоживання будівель в проєктах класу «Розумне місто» .....	17
1.6 Опис процесу візуалізації виявлених аномалій даних .....	20
1.7 Опис процесу аналізу виявлених аномалій даних .....	21
1.8 Висновок до першого розділу .....	23
РОЗДІЛ 2. ОЦІНЮВАННЯ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЯ АНОМАЛІЙ ДАНИХ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ БУДІВЕЛЬ В ПРОЄКТАХ КЛАСУ «РОЗУМНЕ МІСТО».....	
	24
2.1 Денне оцінювання аномалій даних щодо енергоспоживання «розумних» будівель .....	24
2.2 Погодинне оцінювання аномалій даних щодо енергоспоживання «розумних» будівель .....	25
2.3 Похвилинне оцінювання аномалій даних щодо енергоспоживання «розумних» будівель .....	26
2.4 Візуалізація погодинного розподілу аномалій даних щодо енергоспоживання «розумних» будівель .....	28

2.5	Похвилинна візуалізація розподілу аномалій даних щодо енергоспоживання «розумних» будівель .....	29
2.6	Посекундна візуалізація розподілу аномалій даних щодо енергоспоживання «розумних» будівель .....	30
2.7	Аналіз типів аномалій даних енергоспоживання «розумних» будівель.....	31
2.8	Співвідношення між видами аномалій даних по годинах і хвилинах	32
2.9	Висновок до другого розділу .....	33
РОЗДІЛ 3. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ		35
3.1	Значення адаптації в трудовому процесі .....	35
3.2	Методи боротьби з монотонністю праці на виробництві .....	39
3.3	Висновок до третього розділу .....	40
ВИСНОВКИ.....		41
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ .....		42
ДОДАТКИ		



## ВСТУП

**Актуальність теми.** Для прийняття ефективних рішень у «розумних будівлях» та «розумних містах» потрібні високоякісні набори даних [1]. Однак на різних етапах збирання, передавання та зберігання даних почасти наявні складнощі з затримкою процесів, збої зв'язку, збої тавачів тощо, які створюють аномалії даних. Критичними є аномалії надлишковості, дубльовані записи даних, відібрані в один і той самий момент часу. Наприклад, однакові записи з однаковими часовими мітками та однаковими показниками споживання енергії, або записи з однаковими часовими мітками з різними показниками споживання енергії. Це призводить до неузгодженості даних та вводить в оману у процесах прийняття рішень та аналітичного опрацювання. Зазначені аномалії необхідно коректно ідентифікувати. Тому аналіз аномалій даних енергоспоживання «розумних» будівель в проєктах класу «Розумне місто» є актуальним напрямком досліджень. Для цього доцільно сформувати перелік надлишкових аномалій даних у показниках споживання енергії «розумними будівлями» на різних етапах опрацювання даних. Зокрема, отримання піднабору даних, кількісна оцінка, візуалізація та аналітичне опрацювання. Це дозволить оцінити кількісні, розподіл, тип і співвідношення надмірностей.

**Мета і задачі дослідження.** Метою даної кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Бакалавр» є підвищення якості послуг електропостачання в будівлях інноваційних інформаційно-технологічних проєктів класу «Розумне місто». Для досягнення поставленої мети потрібно виконати ряд завдань, зокрема:

- Проаналізувати стан досліджень в галузі аналізу аномалій даних для потреб інформаційно-технологічних проєктів класу «розумне місто».
- Описати процеси кількісної оцінки, візуалізації та аналізу виявлених аномалій даних щодо енергоспоживання будівель в проєктах класу «Розумне місто».

– Провести денне, погодинне та похвилинне оцінювання аномалій даних щодо енергоспоживання «розумних» будівель.

– Проаналізувати типи аномалій даних енергоспоживання «розумних» будівель.

**Практичне значення одержаних результатів.** Сформовано погодинну та похвилинну кореляцію між виявленими двома ключовими типами аномалій даних щодо енергоспоживання «розумних» будівель. Це допоможе в подальших процесах очищення даних, які зазвичай необхідні для виконання точної аналітики та прийняття покращених рішень для управління енергією в «розумних містах».

# РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ОПИС ЕТАПІВ АНАЛІТИЧНОГО ОПРАЦЮВАННЯ АНОМАЛІЙ ДАНИХ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ БУДІВЕЛЬ В ПРОЄКТАХ КЛАСУ «РОЗУМНЕ МІСТО»

## 1.1 Аналіз предметної області

В продовж останнього періоду часу «Розумні» мережі постачання ресурсів [2] активно розвиваються завдяки інноваційним процесам цифровізації та глобалізації енергетичного сектору. Водночас запроваджуються дерегульовані ринки, процеси сприяння споживачам та зростання зручності послуг для споживачів електроенергії [3]. Крім того, передові розробки в царині інформаційних та комунікаційних технологій дозволили впровадити елементи «розумності» в сучасні електромережі. «Розумні» інформаційні та комунікаційні технології дозволяють [4]:

- ефективніше керувати споживанням енергії;
- своєчасно інформувати про зміну стану електричних мереж.

Це допомагає комунальним службам:

- зрозуміти енергетичні потреби;
- оцінити тенденції розвитку споживацької поведінку громадян.

Зважаючи на всі ці переваги, в останні роки люди виявляють більший інтерес до того, щоб зробити свої будівлі «розумнішими», щоб покращити використання енергії та комфорт. Зростає енергетична ефективність та ощадливість «розумних будівель» по всьому світі. Інформаційні системи класу «розумний дім» оснащено множиною різнотипових датчиків, які постійно отримують дані від активних приладів [5]. Для електроенергетичної інфраструктури відіграють життєво важливу роль дані щодо:

- витрат енергії;
- показники споживання;
- передача покаників;

- обробка;
- аналіз;
- прийняття рішень.

Крім того, для «розумних» мереж, необхідно забезпечити функції:

- реагування на попит;
- керування навантаженням;
- керування подіями;
- реагування на збої;
- прогнозування надзвичайних ситуацій тощо.

Завдяки своєчасному прийняттю обґрунтованих рішень ці функції допомагають ефективно керувати електромережею. Однак, потребує підвищення доступність високоякісних вимірювальних даних «розумних будівель» для покращення функціональності [6].

Однак збір високоякісних даних завжди є проблемою, яка суттєво впливає на ефективність усіх зазначених операцій. Якість даних зазвичай погіршується через:

- проблеми із затримкою;
- несправність вимірювальних пристроїв;
- несправність комунікаційних і мережевих пристроїв;
- помилки блоків керування процесами;
- крадіжки енергії;
- кібератаки тощо.

Це спричиняє аномалії в зборі даних. Отже, ефективний аналіз накопиченої бази даних щодо енергоспоживання в інформаційно-технологічних проєктах класу «розумне місто» є критично важливим для кращого використання даних для підвищення ефективності функціонування системи [7]. Крім того, дані, зібрані з множини різнотипових джерел, можуть мати різні характеристики та бути великими за обсягом. Тому важко охарактеризувати якість даних, навіть якщо вони зібрані чітко визначеним способом. Щоб

покращити розуміння структури даних потрібно провести аналіз та систематизацію аномалій [8].

Аномалія може бути будь-яким відхиленням або ненормальністю у звичайному очікуванні в отриманій базі даних [9], наприклад:

- надлишковими показниками;
- відсутніми значеннями;
- помилковими даними – так звані викиди;
- некоректними показниками;
- анонімними показниками – засмічення значень тощо.

Ці аномалії призводять до ненадійного або суперечливого процесу збирання даних, що вводить в оману у процесі формування рахунків і прийняття рішень, наприклад в процесі:

- реагування на попит;
- сегментації клієнтів;
- керування навантаженням тощо.

Серед усіх зазначених аномалій даних надлишкові дані є однією з проблем, які мають значний вплив на покази «розумних» лічильників. Зазвичай, запис вважається надлишковим, якщо всі дані такі ж, як у попередніх записах. Однак для наборів даних про енергоспоживання ситуація дещо інша. Запис з набору даних про енергоспоживання складається з інформації про час відповідних показників споживання енергії. З цими записами зазвичай виникають дві можливі проблеми, а саме:

- наявність зайвих (дубльованих) позначок часу з однаковими показами;
- існування надлишкових позначок часу з різними показами.

Отже, важливо проаналізувати проблематику надлишкових аномалій даних для підвищення точності аналітичного опрацювання даних та досягнення оптимальної роботи системи електроспоживання. У цьому напрямку досліджень опубліковано обширний перелік сучасних наукових публікацій, що підкреслюють важливість якості даних у галузі енергосистем «Розумних міст».

Якості даних в обчислювальних та комунікаційних середовищах «розумних» мереж розглядаються з позиції зашумленості, неповноти даних та викидів. В [10] було проведено систематичний огляд аналітичного опрацювання даних «розумного» лічильника з описовою, прогнозною та приписною аналітикою для виявлення аномалій, прогнозування навантаження та категоризація клієнтів тощо. А в [11] подано аналіз процесу виявлення некоректних даних у системах постачання ресурсів та послуг. Зазвичай «розумні» або багатofункціональні лічильники відстежують інформацію щодо електричної напруги. Для виявлення короточасних аномалій напруги був запропонований алгоритм [12]. А в [13] опубліковано інформацію про керований даними алгоритм на основі спектральної кластеризації для виявлення некоректних даних зібраних у міському секторі. Щоб мінімізувати втрати даних у «розумних» мережах постачання ресурсів, у [14] було розглянуто методику «компресійного зондування». У роботі [15] запропоновано підхід на основі порівняння графіків для виявлення аномалій, зокрема відхилення значень напруги від заданого або порогового значення в БД електричної мережі.

Новий метод «XMLDup» запропонований в [16] для ідентифікації дублікатів в XML-даних. Метод реалізовано з використанням байєсовської мережі. Зазвичай корисними є результати виявлення дублікатів у великих за обсягом наборах даних ідентифікованих впродовж невеликих проміжків часу. Для вирішення цього завдання в [17] запропоновано множину прогресивних методів. Для обробки складних запитів щодо пошуку необ'єднаних дублікатів в імовірнісних базах даних у [18] запропоновано процедуру об'єднання сутностей. Для дедублікації даних була запропонована інформаційна система «SiLo», реалізована з механізмом індексування на основі схожості та місцевості [19]. В [20] запропоновано програму «AppDedure» для дедуплікації даних у хмарному сховищі даних. Ця програма виконує дедуплікацію даних, генеруючи відповідні індекси схожості.

Аналіз літературних джерел виокремлює наукові публікації про ідентифікацію дублікатів у текстовій інформації, виявленням некоректних даних та дедуплікацію даних, коли такі аномалії існують. Однак цих підходів недостатньо для аналізу аномалій та надлишкових даних щодо енергетичних наборів «розумних будівель». Отже, щоб вирішити проблему виявлення надлишкових аномалій даних, потрібно сформувавши аналітичний перелік наборів даних про споживання енергії у «розумних будівлях».

## **1.2 Набори даних щодо енергоспоживання будівель в проєктах класу «Розумне місто»**

Досліджувана БД, доступна для трасування за адресою [21]. Вона є одним загально-прийнятних і широко використовуваних в наукових колах загальнодоступних наборів даних, що складається з анонімізованих показників енергоспоживання «розумних будівель». Цей набір даних було зібрано протягом «2011–2013 років» та ретельно досліджено [22], [23], [24], [25]. Вона містить покази споживання енергії понад сорока приладами та понад сто п'ятдесятьма пристроями в «розумних будівлях» у містах Дармштадт (Німеччина), та Сідней (Австралія). Це великий за обсягами корисний набір даних [24], який може містити інформацію про приховані проблеми, які допомагають дослідженням, пов'язаним зі споживанням енергії.

Обширне коло дослідників дослідників розглядають цей набір даних для проведення різнотипових аналітичних досліджень даних щодо споживання електричної енергії, зокрема:

- неінтрузивний моніторинг навантаження та аномальної поведінки [26];
- прогнозування споживання енергії [27];
- дезагрегація енергії та зменшення навантаження [28];
- ідентифікація пристроїв [29] тощо.

З проведеного огляду літератури можна зробити висновок, що на даний час не існує комплексного аналізу виявлення різнотипових проблем якості даних, пов'язаних із надмірністю.

Набір даних сформовано з трьох каталогів: «повного», «неповного» та «синтетичного» [30]. «Повний» каталог доцільно розглядати для формування аналітичного переліку, оскільки він складається з множини всіх показань приладів. Цей каталог містить декілька підкаталогів, які містять інформацію щодо різних пристроїв, що використовуються в розумних будівлях.

Кожен підкаталог містить список файлів «значення, розділених комами (CSV)», що описують кількість днів, коли пристрій було підключено. Називи файлів формуються комбінацією ідентифікатора пристрою та дати його підключення. Записи у файлах CSV називаються слідами, які описують мітки часу та відповідні їм показники споживання енергії. Підрахунок резервування спостерігався для множини пристроїв та поданий на графіку (див. рисунок 1.1).

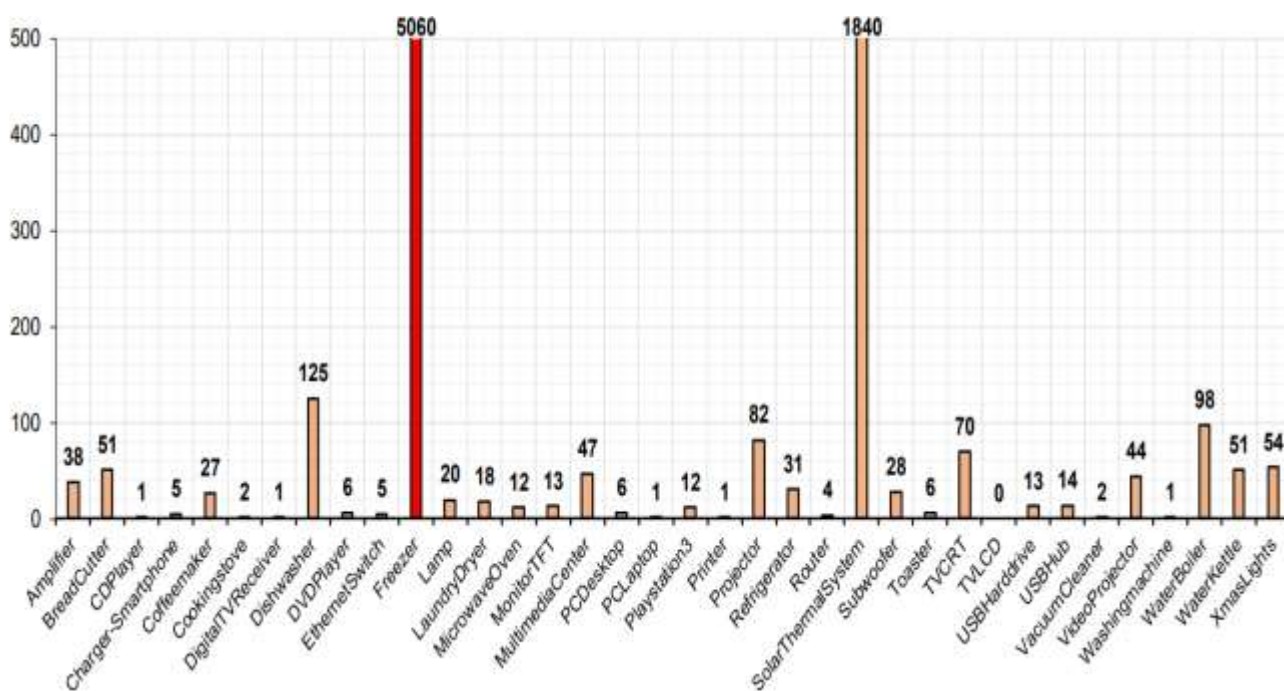


Рисунок 1.1 – Кількість показників різних пристроїв.

Доцільно відзначити, що дані за січень анонімізованого року містять інформацію про підключення більшої кількості пристроїв порівняно з іншими



місяцями, зареєстрованими в наборі даних. З графіку видно, що морозильна камера має найбільшу кількість вмикань, понад п'ять тисяч разів, порівняно з іншими приладами. Цей пристрій потребує більше інформації щодо резервування електричної енергії.

### 1.3 Етапи аналітичного опрацювання аномалій даних енергоспоживання будівель в проєктах класу «Розумне місто»

Метою проведення даного дослідження є підрахування загальної кількості надмірностей даних та оцінка їх характеристик щодо споживання енергії «розумними будівлями». Аналітичне опрацювання доцільно розділити на чотири етапи [30] (див. рисунок 1.2):

- вилучення піднаборів даних;
- кількісна оцінка;
- візуалізація та аналіз;
- реалізація.



Рисунок 1.2 – Етапи аналітичного опрацювання аномалій даних енергоспоживання будівель в проєктах класу «Розумне місто» [30]

На рисунку показано різні для кожної фази пошуку аномалій. Завдання виконуються згідно поданої на рисунку 1.2 схеми. Моделювання процесів аналітичного опрацювання доцільно реалізувати за допомогою програмування на мові «R» та «RStudio IDE».

#### 1.4 Видобування наборів даних

На цьому етапі відбувається опрацювання попередньо підготованого піднабору даних, який необхідний для пошуку аномалій. Зазвичай набори даних, отримані з різних «розумних» лічильників, містять інформацію у форматі «День / Місяць / Рік Година : Хвилина : Секунда Покази давача» [30]. Тобто комбінація різнорідних атрибутів. Пряме використання вихідного набору даних ускладнює аналітичне опрацювання. Тому його потрібно належним чином підготувати до аналізу. Весь процес видобування наборів даних, реалізується у два етапи (див. рисунок 1.3) [30].

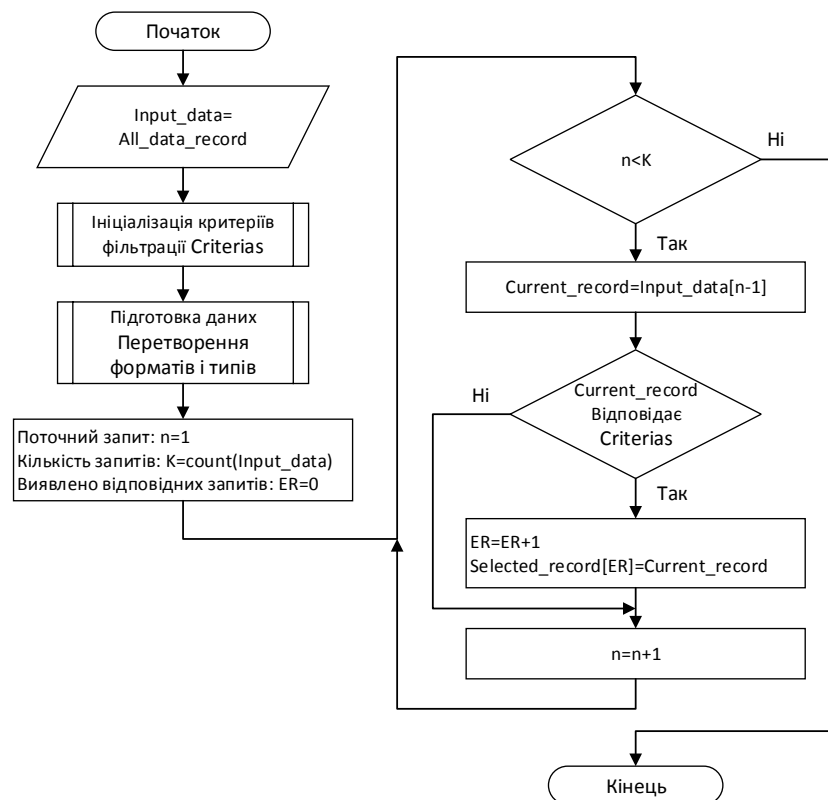


Рисунок 1.3 – Блок-схема процесу видобування наборів даних [30]

На цьому етапі виконується видобування піднабору даних із усіма аномальними записами та мітками часу. Для цього обробляються дані щодо енергоспоживання «розумних» будівель. Щоб реалізувати алгоритм, відфільтровані записи даних надаються як вхідні дані, для яких виконується процес підготовки даних. Вхідний набір складається з «CSV»-файлів, що містять дані впродовж часового вікна – дев'яти днів. Кожен «CSV»-файл містить дані щодо енергоспоживання «розумних» будівель окремо за один день [30].

Якщо процес пошуку аномальних записів виконується з урахуванням часових позначок та показів, то будуть вибрані лише записи з однаковими часовими мітками та однаковими показами. А записи з однаковими часовими мітками та різними показами будуть пропущені. Однак обидва ці різновиди вважаються аномальними записами. Тобто перелік аномальних записів буде неповним, оскільки деякі записи ігноруються в процесі пошуку [30]. Щоб вирішити цю проблему, запропонований алгоритм спочатку виконує перерахування аномалій щодо часових позначок, а потім пошук аномалій щодо показів.

Розгляд усього вихідного набору даних для різних візуалізацій і аналізів може збільшити обчислювальну складність через послідовне виконання перерахування даних. На цьому етапі виокремлюються відфільтровані дані у вигляді піднабору даних «Selected\_records», який складається із записів, які мають дубльовані чи мають надлишкові мітки часу. Отриманий зменшений піднабір даних будемо безпосередньо використовувати для виконання наступних етапів.

### **1.5 Опис процесу кількісної оцінки виявлених аномалій даних щодо енергоспоживання будівель в проєктах класу «Розумне місто»**

Цей етап забезпечує обчислення аномальних записів даних впродовж одного дня, години та хвилини. Водночас обчислюється загальна кількість

хвилин без аномалій даних протягом усього розглянутого дня [30]. Блок схема процесу кількісної оцінки виявлених аномалій даних подана на рисунку 1.4.

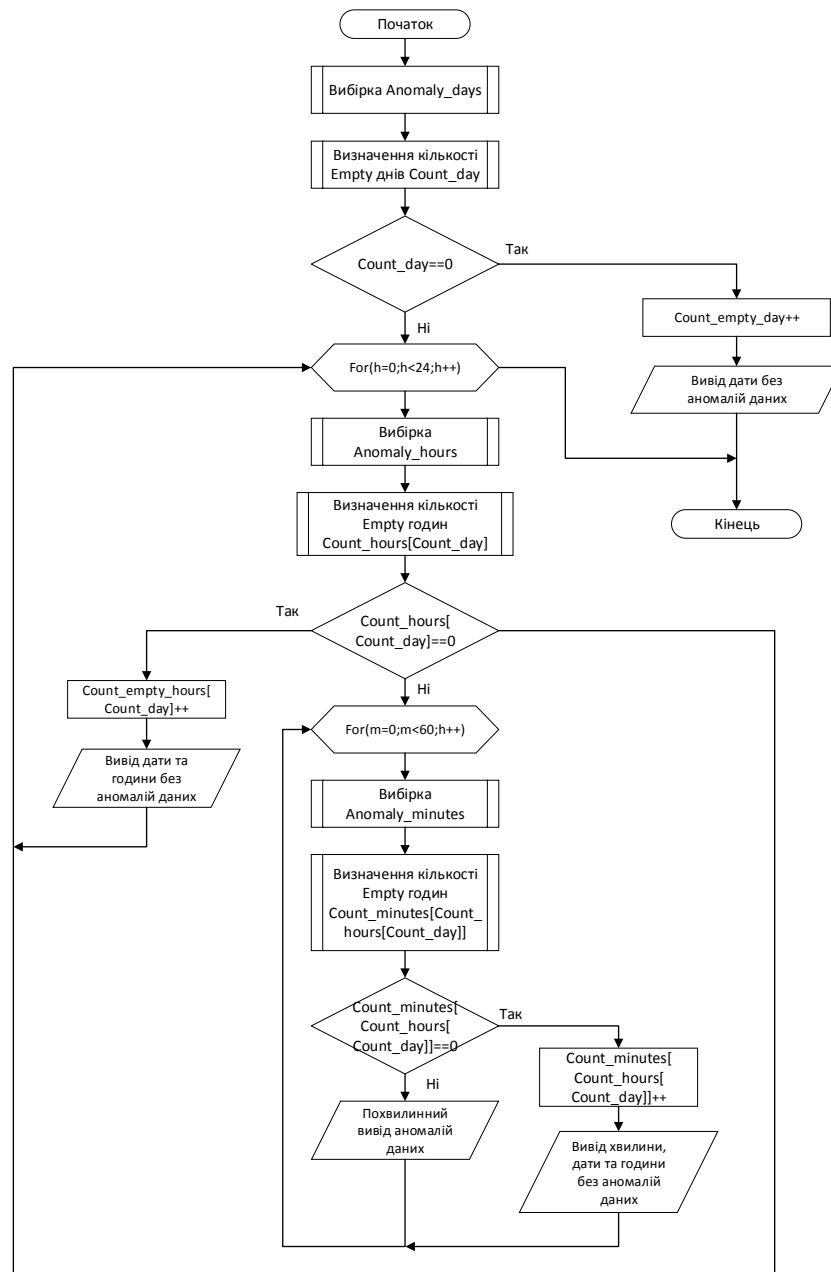


Рисунок 1.4 – Блок схема процесу кількісної оцінки виявлених аномалій даних [30]

Спочатку визначається кількість аномалій даних за всі дев'ять днів. Це забезпечує кількісну оцінку аномалій даних впродовж дня та визначається день, який містить більшу кількість аномалій даних. День, який має найбільшу кількість аномалій даних використовується для погодинного визначення

аномалій даних. Потім визначається година, яка містить найбільшу кількість аномалій даних. Крім того, виконується похвилинна оцінка аномалій даних для тієї години, яка містить найбільшу кількість аномалій даних [30]. Крім того, обчислюється загальна кількість хвилин, впродовж яких не виявлено жодної аномалії даних для того самого дня.

Кількісне визначення надмірностей денного рівня складається з опрацювання усіх записів, які подані більше чим один раз. Щоб визначити точну кількість аномалій за день, необхідно підрахувати унікальні записи. Отже, процес починається з процедури виокремлення унікальних записів від.

Підрахунок усіх записів, доступних у «unique\_records [ ]», формує кількість аномалій, доступних у цей конкретний день. Значення обчислюється за допомогою «nrow(unique\_records [ ]))» і зберігається в «Count\_day». Ця ж процедура повторюється протягом усіх днів [30]. Якщо для будь-якого дня ця кількість дорівнює нулю, тобто «Count\_day == 0», це свідчить, що цього дня не виявлено аномалій даних. Тоді процес переходить на наступний день. Крім того, кількість аномалій даних на денному рівні будується за допомогою «Anomaly\_days».

Для кількісної оцінки аномалій даних на рівні години формується вибірка усіх доступних за кожну годину записів, для «h» від «0» до «24». Якщо протягом години цей кількість виявлених аномалій даних дорівнює нулю, тобто «Count\_hour == 0», то це вказує, що за цю годину не знайдено аномалій даних. Тоді процес переходить на наступну годину. Крім того, кількість аномалій даних на годинному рівні будується за допомогою «Anomaly\_hours» [30].

Кількісної оцінки аномалій даних на хвилинному рівні формується вибірка усіх доступних за кожну хвилину записів, для «m» від «0» до «59». Якщо для будь-якої хвилини кількість виявлених аномалій даних дорівнює нулю, «Count\_minutes[Count\_hours[Count\_day]] == 0», це означає, що за цю хвилину не виявлено аномалій даних [30]. Таким чином процес переходить на наступну хвилину. Крім того, за допомогою «Anomaly\_minutes» будується графік аномалій даних хвилинного рівня.

Збір даних зазвичай починається опівночі та закінчується наступного дня опівночі, дотримуючись двадцятичотирьох-годинного годинника. Усі похвилинні дані не повинні містити аномалій. Отже, необхідно визначити кількість хвилин із загального набору даних, які не містять аномалій. Це кількісне визначення дає розуміння рівня аномалій даних протягом дня. У процесі обчислення хвилинного рівня аномалій даних, якщо знайдено, що будь-яка хвилина не має аномалій, ця інформація зараховується як «non\_redundant\_min» [30]. Крім того, він послідовно збільшується за допомогою «non\_redundant\_min = non\_redundant\_min + 1», коли знайдено іншу хвилину без аномалій даних. Процес перевірки відбувається для всіх похвилинних записів даних в день. Нарешті, загальна кількість, зазначена як «non\_redundant\_min», містить обчислене значення загальної кількості хвилин без аномалій даних.

## **1.6 Опис процесу візуалізації виявлених аномалій даних**

Етап візуалізації надає інформацію про те, як виявлені аномалій даних щодо енергоспоживання будівель в проектах класу «Розумне місто» розподіляються та відбуваються протягом відповідних часових періодів [30]. Це дозволить зрозуміти та оцінити рівень поширення аномалій даних. Опишемо детальніше особливості візуалізації.

Розглянемо особливості ініціалізації необхідних часових рядів для виконання аналітичних вибірок:

– «m» – позначає хвилини, які слід враховувати для візуалізації виникнення аномалій даних щохвилини. Починається з «0» і змінюється до «59» впродовж години.

– «s» – позначає секунди, які слід враховувати для візуалізації виникнення аномалій даних щосекунди. Починається з «0» і змінюється до «59» впродовж хвилини.

Фактична поява надлишків та їх кількість кожної години «Count\_hour» візуалізується завдяки використанню вункції «plot(count\_hour, x = sec, y = min)». Водночас візуалізація розширюється на «всі хвилини» та «всі секунди» для кращого розуміння процесів виникнення аномалій показників споживання енергії. Кількість надлишкових записів обчислюється за допомогою функції «nrow(redundant\_records [ ]）」 з урахуванням вибраного у даний момент часу піднабору даних «redundant\_records [ ]» [30]. Вона зберігається в «Count\_redundant». Цей розрахунок виконується в усі хвилини «(for(m=0;m<=59;m++))» і всі секунди «(for(s=0;s<=59;s++))» кожної години «(for(h в 0:23))» і візуалізується за допомогою функції «plot(count\_redundant)».

### **1.7 Опис процесу аналізу виявлених аномалій даних**

В попередніх параграфах подано опис процесів обчислення та розподілу аномалій енергоспоживання будівель в проектах класу «Розумне місто» протягом заданих часових інтервалів, зокрема, впродовж дня, години, та хвилини на основі інформації про ідентифіковані часові позначку. На цих етапах використовується піднабір даних «(redundant\_records[ ]）」, який складається лише з інформації про позначки часу [30]. Разом з цією інформацією також важливо розуміти природу виникнення аномалій по відношенню до показів давачів.

Цей етап дозволяє сформувати інформацію про типи аномалій даних енергоспоживання будівель в проектах класу «Розумне місто» та кількісні оцінки впродовж годин та хвилин. Водночас він забезпечує кореляцію між цими типами аномалій даних на рівні годин та хвилин. Для успішного аналізу, необхідно також мати покази давачів щодо енергоспоживання будівель в проектах класу «Розумне місто» разом із відповідними часовими мітками [30]. З цією метою «redundant\_records [ ]» мають бути додані значення «READING». Таким чином, новий об'єкт «all\_readings[m]» буде сформовано за допомогою «append(redundant\_records[], READING)». Блок схема процесу аналітичного

опрацювання виявлених аномалій даних енергоспоживання будівель в проєктах класу «Розумне місто» подана на рисунку 1.5.

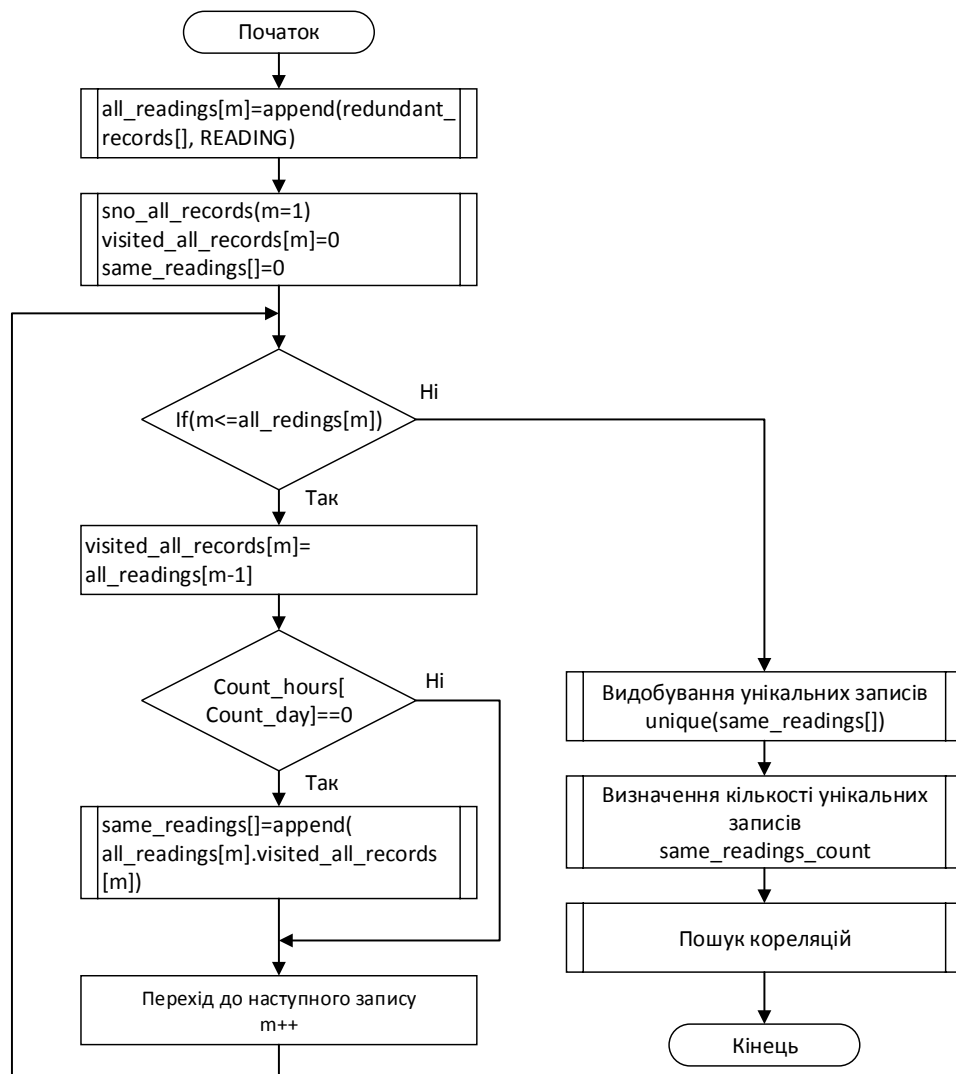


Рисунок 1.5 – Блок схема процесу аналітичного опрацювання виявлених аномалій даних

При цьому ініціалізовано змінні та сутності:

- «sno\_all\_records» – порядковий номер записів «m» у «all\_readings[m]», який починається з «1». Тобто на початку ініціалізовано «m = 1».
- «visited\_all\_records [m]» – масив записів, які вже були опрацьовані в «all\_readings [m]» під час процесу пошуку аномалій даних. Його ініціалізовано рівним «0».



– «same\_readings[ ]» – масив надлишкових записів з однаковими мітками часу та однаковими показанми. Його ініціалізовано рівним «0».

Весь аналіз виконується в три етапи [30], зокрема

1. Пошук аномалій з однаковою міткою часу та однаковими значеннями показів давачів.
2. Пошук аномалій з однаковою міткою часу та різними значеннями показів давачів.
3. Кореляційний аналіз результатів першого та другого етапів.

Щоб зрозуміти парність типів аномалій даних щодо енергоспоживання будівель в проектах класу «Розумне місто», виконується кореляційний аналіз між кількістю аномальних записів з однаковими показниками давачів та кількістю аномальних записів з різними показниками давачів. Ця кореляція встановлюється шляхом побудови графіка між «same\_readings\_count» і «different\_readings\_count» за кожну годину для «h» від «0» до «23» і кожну хвилину для «m» від «0» до «59».

## **1.8 Висновок до першого розділу**

В першому розділі кваліфікаційної роботи освітнього рівня «бакалавр» подано аналіз предметної області. Описано набори даних щодо енергоспоживання будівель в проектах класу «Розумне місто». Розглянуто етапи аналітичного опрацювання аномалій даних енергоспоживання будівель в проектах класу «Розумне місто». Описано процес видобування наборів даних. Подано опис процесів кількісної оцінки, візуалізації та аналізу виявлених аномалій даних щодо енергоспоживання будівель в проектах класу «Розумне місто».

## РОЗДІЛ 2. ОЦІНЮВАННЯ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЯ АНОМАЛІЙ ДАНИХ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ БУДІВЕЛЬ В ПРОЄКТАХ КЛАСУ «РОЗУМНЕ МІСТО»

### 2.1 Денне оцінювання аномалій даних щодо енергоспоживання «розумних» будівель

Аномалії, виявлені в даних щодо енергоспоживання «розумних» будівель на денному рівні подано на рисунку 2.1. На цьому рисунку вказано щільність аномалій даних, що виникають у різні моменти дня в тривимірному вигляді. На осі «x» подано секунди. На осу ординат подано хвилини і на осі «z» подано години. Ці графіки означають високорівневий аналіз надмірностей, який стає основою для низькорівневого аналізу, представленого в наступних розділах. З цих результатів кількість звільнень визначається наступним чином.

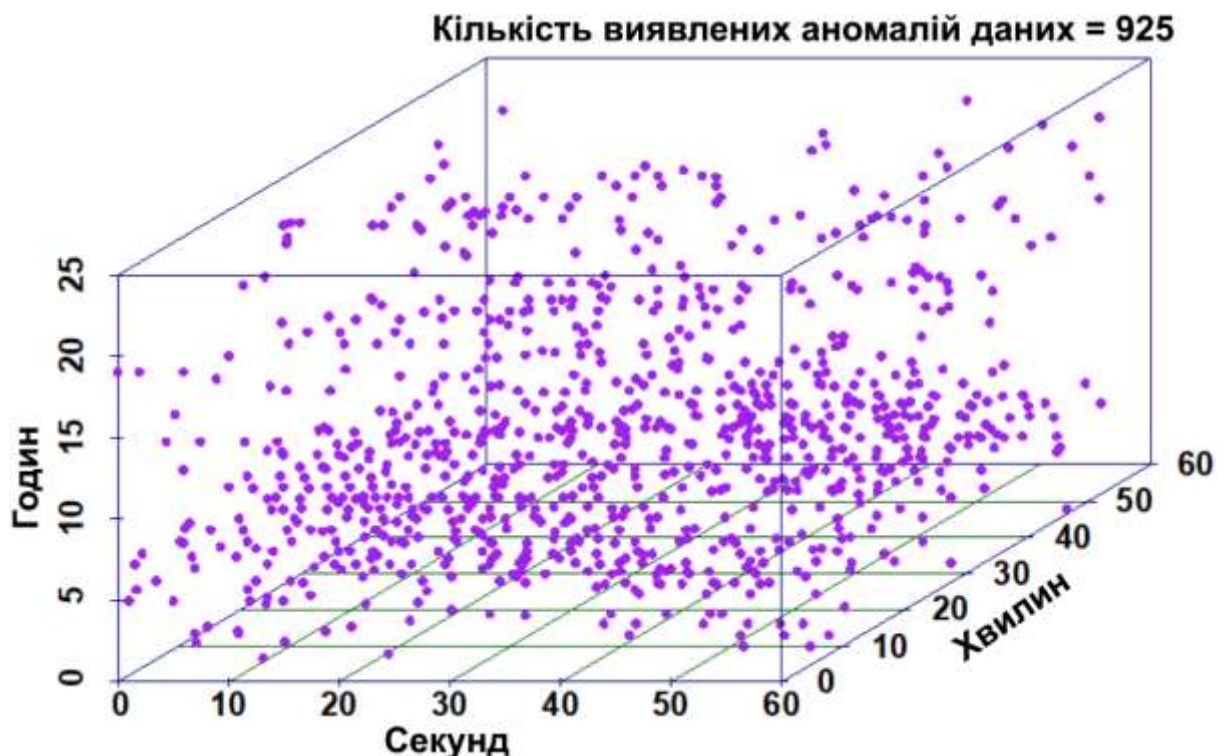


Рисунок 2.1 – Результати аналітичного опрацювання виявлених аномалій даних щодо енергоспоживання «розумної» будівлі на умовну дату «16 грудня 20XX року»

Кількість виявлених аномалій даних щодо енергоспоживання «розумної» будівлі в гіпотетичному проєкті класу «Розумне місто» на умовну дату «16 грудня 20XX року» становить дев'ятсот двадцять п'ять (див. рис. 2.1)

Результати добової візуалізації виявлених аномалій даних щодо енергоспоживання «розумної» будівлі в гіпотетичному проєкті класу «Розумне місто» [30] на інші умовні дати подано в додатку А. З поданих графіків видно, що кількість аномалій висока, п'ять тисяч шістдесят, «26 січня 20XX року», що вважається найгіршим випадком. І низька, вісімдесят дев'ять, «24 січня 20XX року», що вважається найкращим випадком. Отже анонімізовані дані за «26 січня 20XX року» будуть використані для подальшого аналізу, який допоможе сформулювати краще розуміння причин виникнення аномалій даних енергоспоживання будівель в проєктах класу «Розумне місто».

## 2.2 Погодинне оцінювання аномалій даних щодо енергоспоживання «розумних» будівель

Розглянемо кількісні показники аномалій даних щодо енергоспоживання будівель в проєктах класу «Розумне місто», виявлених на годинному рівні впродовж одного дня (див. рисунок 2.2).

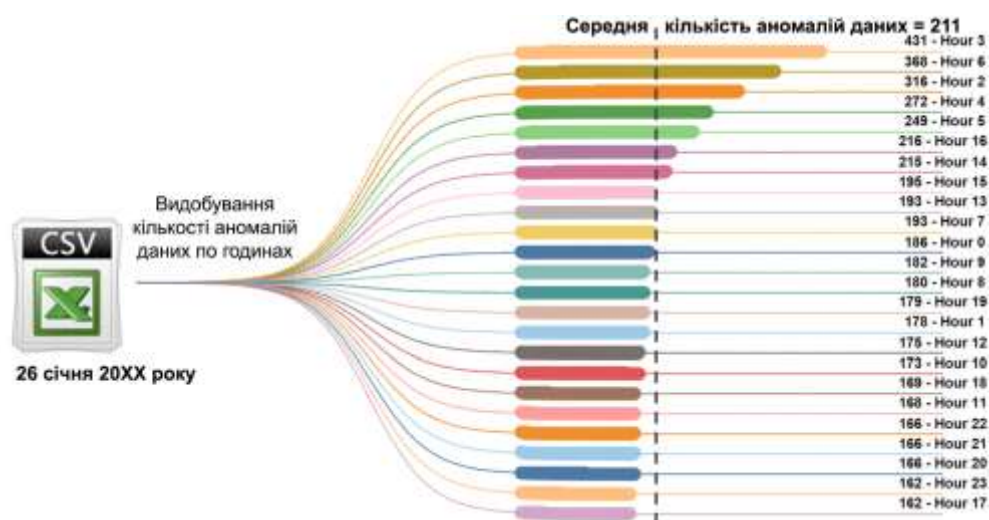


Рисунок 2.2 – Погодинна кількісна оцінка аномалій даних щодо енергоспоживання «розумних» будівель у порядку спадання

Для цього, проаналізуємо на рівні годин впродовж дня дані за «26 січня 20XX року» [30]. Впродовж цього дня виявлено найбільше аномалій – п'ять тисяч шістьдесят. Таким чином, у цей конкретний день кількісно визначається кількість резервів для всіх годин (24 години представлені від 0 до 23).

Отримані погодинні показники аномалій даних щодо енергоспоживання будівель в проєктах класу «Розумне місто» розташовані в порядку спадання щодо відповідних годин (див. рис. 2.2). З проведеного аналізу видно, що максимальна та мінімальна кількість аномалій даних біла чотириста тридцять одна – в третій годині та сто шістьдесят дві – в сімнадцятій та двадцять третій годинах, відповідно. А середня кількість аномалій даних за годину становить двісті одинадцять.

### 2.3 Похвилинне оцінювання аномалій даних щодо енергоспоживання «розумних» будівель

Подамо кількість аномалій даних щодо енергоспоживання будівель в проєктах класу «Розумне місто», виявлених на хвилинному рівні впродовж однієї години (див. рисунок 2.3).

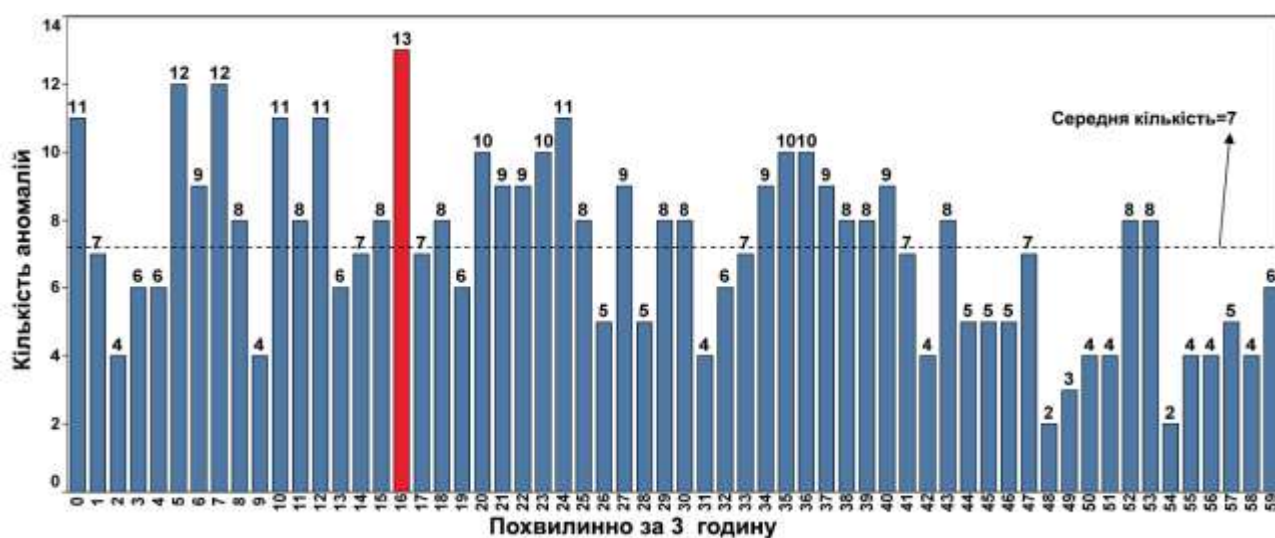


Рисунок 2.3 – Похвилинна кількісна оцінка аномалій даних щодо енергоспоживання «розумних» будівель

Для цього аналізу на хвилинному рівні розглядається третя година, яка має найбільшу кількість виявлених аномалій даних – чотириста тридцять одна. Таким чином розглянемо в цю конкретну годину визначається кількість аномалій даних щодо енергоспоживання «розумних» будівель для всіх хвилин від «0» до «59». З проведеного аналізу випливає, що максимальна та мінімальна кількість аномалій даних становить тринадцять, це показано червоною смугою на шаснадцятій хвилині та дві на сорок восьмій та п'ятдесят четвертій хвилинах, відповідно [30]. Середня кількість аномалій даних щодо енергоспоживання «розумних» будівель за хвилину – 7.

Підрахунок похвилинних показників енергоспоживання «розумних» будівель для всіх тисячу чотирьохсот сорока хвилин «26 січня 20XX року» доцільно виконувати погодинно (див. рисунок 2.4), щоб визначити хвилин без аномалій даних.



Рисунок 2.4 – Оцінювання аномалій даних щодо енергоспоживання «розумних» будівель від «0:00» до «4:00» «26 січня 20XX року»

Для кращого огляду дані аналізуються впродовж чотирьох годин кожної ділянки (див. додаток Б) [30]. Висота стовпчиків на цих піддіаграмах відповідає кількості аномалій даних за відповідну хвилину. Отже, якщо за хвилину не генерується смужка, це означає, що в цей час не виникло аномалій даних щодо енергоспоживання «розумних» будівель. Усі такі часові інтервали з виявленими аномаліями позначені червоною стрілкою для чіткої ідентифікації. З рис. 2.4



видно, що найбільше аномалій даних було спродуковано на тридцять другій хвилині першої години.

Отже, з цього кількісного аналізу встановлено, що лише чотирнадцять з тисячу чотирьохсот сорока хвилин не мають аномалій даних. Це додає важливості аналізу аномалій даних про енергоспоживання «розумних» будівель, які необхідно ретельніше візуалізувати та оцінювати.

#### 2.4 Візуалізація погодинного розподілу аномалій даних щодо енергоспоживання «розумних» будівель

Візуалізація погодинного розподілу аномалій даних щодо енергоспоживання «розумних» будівель виконується для всіх годин доби «26 січня 20XX року» [30]. Для цього деякі години, зокрема (див. рисунок 2.5).

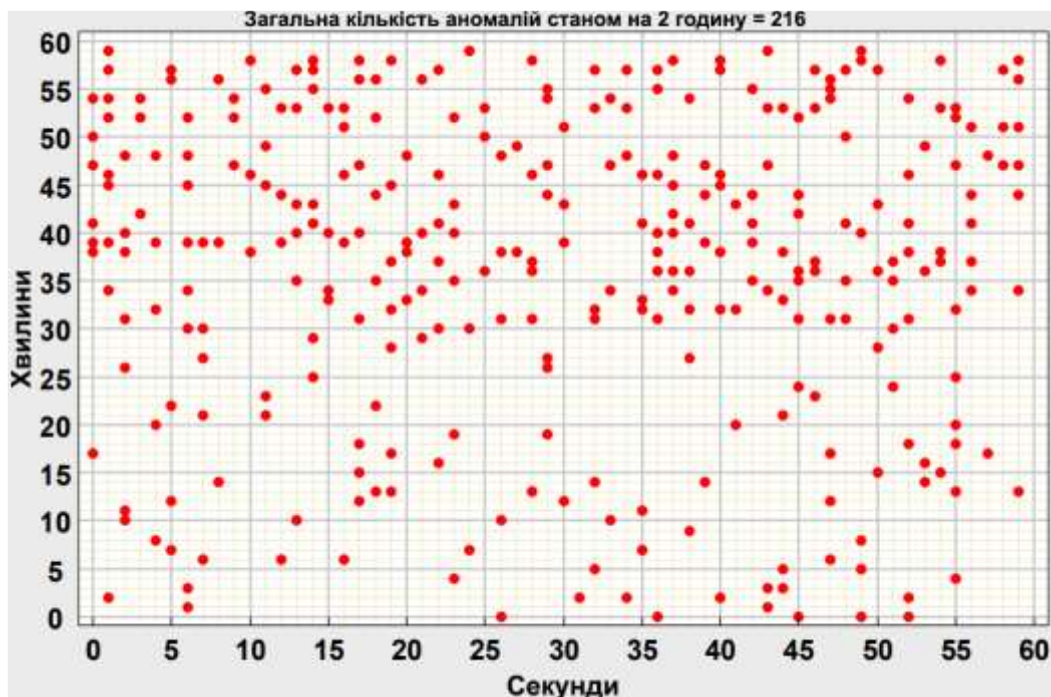


Рисунок 2.5 – Візуалізацію розподілу аномалій даних щодо енергоспоживання «розумних» будівель станом на 2 годину «26 січня 20XX року»

Години «2», «3», «6», «11», «18» і «23» доби «26 січня 20XX року» доцільно розглянути окремо завдяки особливості розподілу аномалій даних

щодо енергоспоживання «розумних» будівель порівняно з іншими годинами [30]. Ця візуалізація дає відображення розподілу аномалій даних щодо хвилин і секунд розглянутої години, тобто точну миттєву інформацію, де виникають аномалії. Для цього інформація про секунди відкладається на осі абсцис, а інформація про хвилини – на осі ординат.

## 2.5 Похвилинна візуалізація розподілу аномалій даних щодо енергоспоживання «розумних» будівель

Щоб зрозуміти розподіл аномалій даних щодо енергоспоживання «розумних» будівель впродовж усіх хвилин однієї години, похвилинна поява показників споживання енергії за «22» годину «26 січня 20XX року» подана на графіку на рисунку 2.6. Цей аналіз виконувався авторами [30] щодо усіх годин доби «26 січня 20XX року».

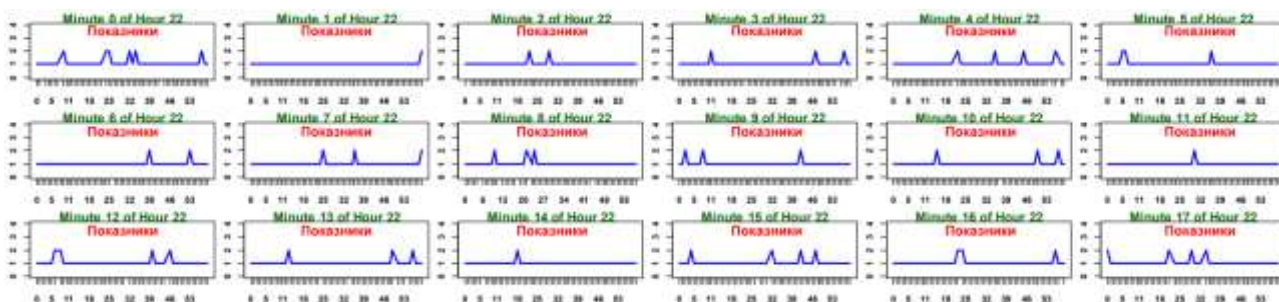


Рисунок 2.6 – Похвилинне відображення появи показників споживання енергії «розумних» будівель за всі хвилини «22» години «26 січня 20XX року»

В даному випадку подано розподіл для «22» години, оскільки вона «має» комбінацію хвилин без аномалій та з аномаліями, що дає краще розуміння порівняно з іншими годинами. На рис. 2.6 секунди хвилини в годині, що розглядається, відкладено на осі абсцис, а число повторень вимірювання споживання енергії – на осі у. На цьому графіку, якщо зчитування споживання енергії перевищує «1», це вказує на надлишкове зчитування в цю конкретну секунду хвилини.

## 2.6 Посекундна візуалізація розподілу аномалій даних щодо енергоспоживання «розумних» будівель

Поява показників споживання енергії впродовж усіх секунд деяких конкретних хвилин наноситься на графік (див. рисунок 2.7). Ця візуалізація виконується для всіх хвилин усіх годин.

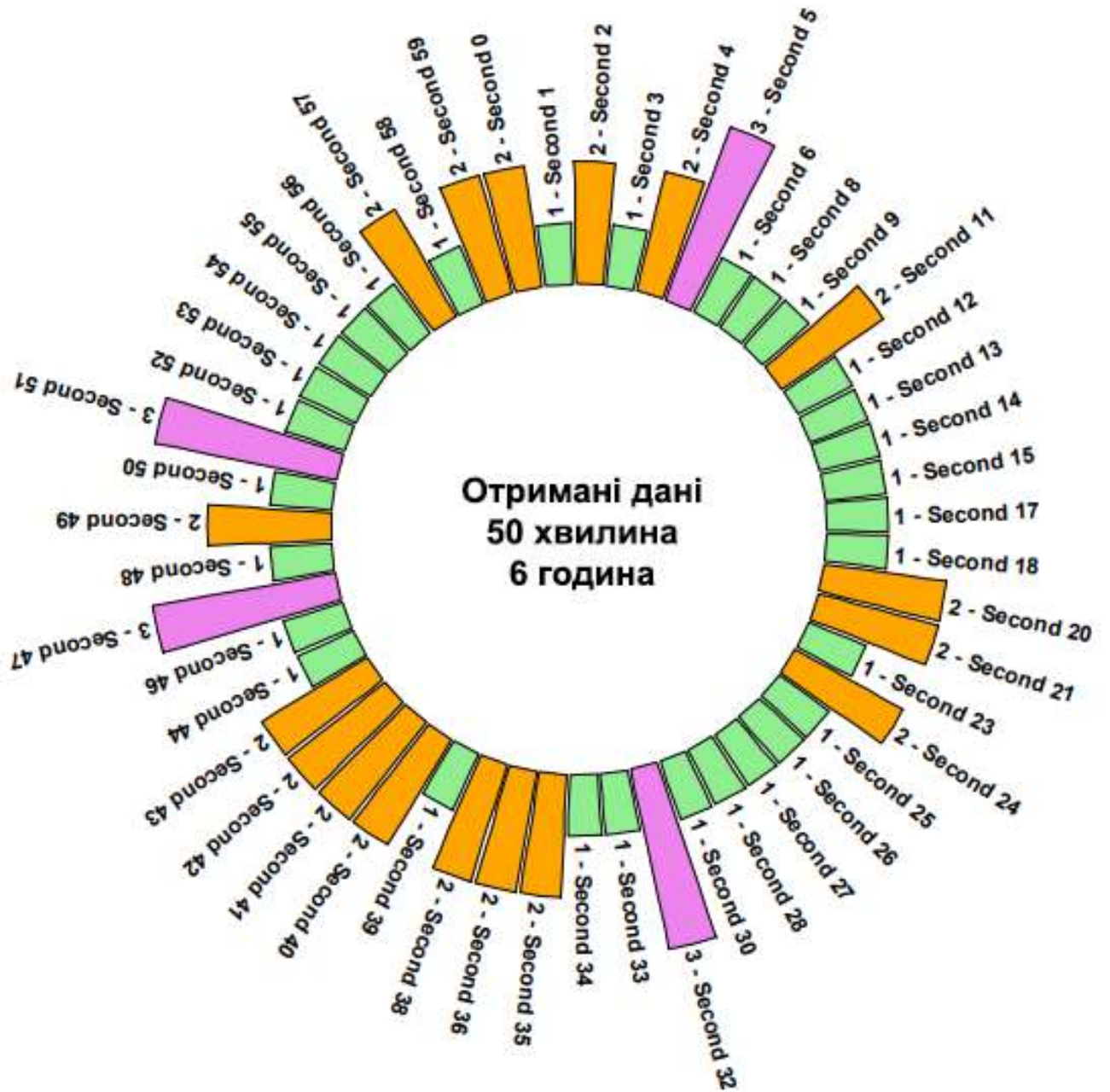


Рисунок 2.7 – Поява показників споживання енергії «розумних» будівель в усі секунди різних хвилин



На цьому рисунку зелена смуга вказує на один випадок, помаранчева смуга вказує на два випадки, рожева смуга вказує на три випадки, синя смуга вказує на чотир випадки, а червона смуга вказує на п'ять випадків зчитування споживання енергії за певну секунду.

Візуалізація такого типу надає інформацію про відсутність процесів передавання даних щодо споживання електричної енергії «розумними» будівлями [30]. Таким чином, цей аналіз відкрив ще одну цікаву аномалію – відсутності слідів у наборах даних про споживання енергії «розумними» будівлями.

## **2.7 Аналіз типів аномалій даних енергоспоживання «розумних» будівель**

Аномалії даних щодо енергоспоживання «розумних» будівель можна розділити на два типи. Перший тип аномалій – це «аномалії даних з однаковими показниками» [30]. З таблиці 2.1 можна зробити висновок, що «READING» містить однакові покази «164» і «164» з однаковою міткою часу «3 Година 33 Хвилина 33 7 Секунда».

Таблиця 2.1 – Відображення виникнення аномалії з однаковими показами в одній часовій позначці

№	«REC_DATE»	«REC_HOUR»	«REC_MINUTE»	«REC_SECOND»	«READING»
1	26/01/20XX	3	33	7	164
2	26/01/20XX	3	33	7	164

Другим типом аномалій даних щодо енергоспоживання «розумних» будівель є «аномалії з різними показниками». З таблиці 2.2 можна помітити, що «READING» містить два різних показання 171 і 173 в одній часовій позначці «3 година 31 хвилина 24 секунда».

Таблиця 2.2 – Відображення аномалії з різними показами в одній часовій позначці [30]

№	«REC_DATE»	«REC_HOUR»	«REC_MINUTE»	«REC_SECOND»	«READING»
1	26/01/20XX	3	31	7	171
2	26/01/20XX	3	31	7	173

Для подальшого вивчення кількості таких типів аномалій впродовж доби доцільно проводити поглиблений кореляційний аналіз.

## 2.8 Співвідношення між видами аномалій даних по годинах і хвилинах

Погодинна кореляція між виявленими двома типами аномалій даних щодо енергоспоживання «розумних» будівель подана на рисунку 2.8.

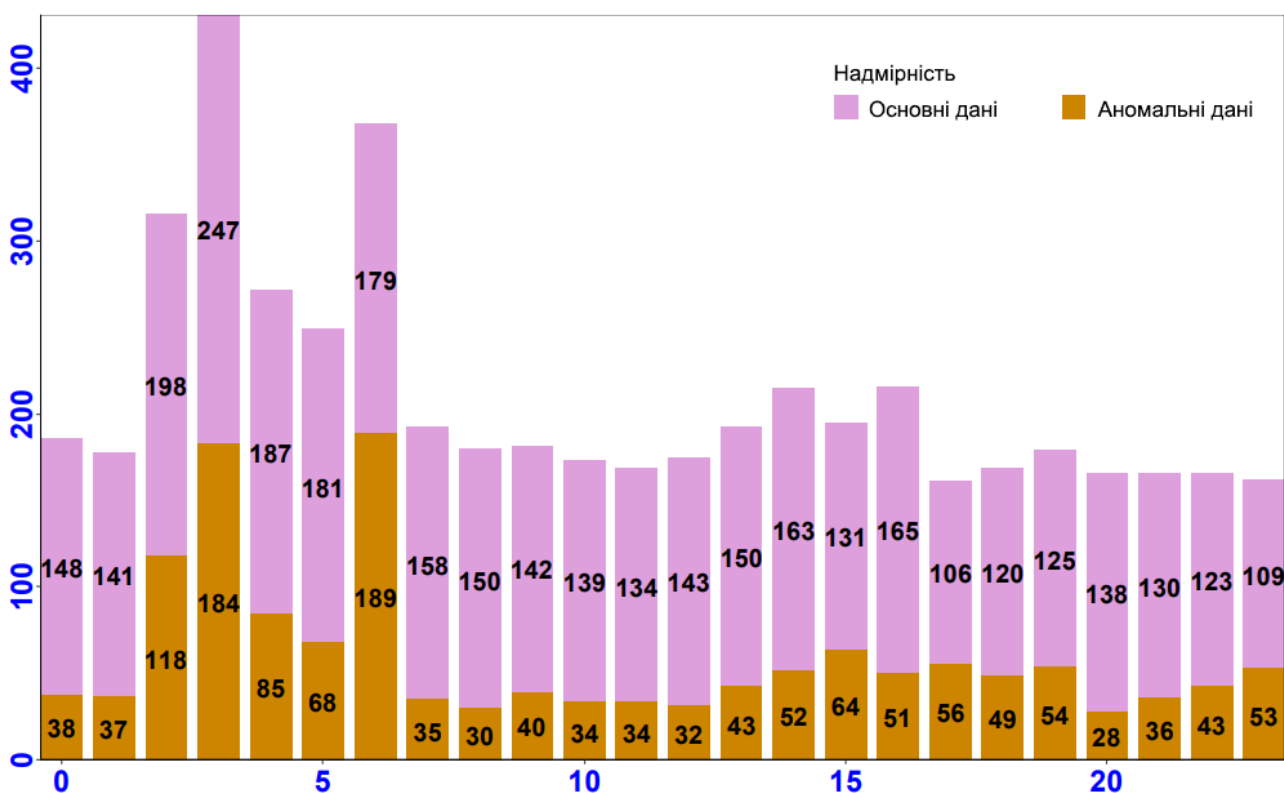


Рисунок 2.8 – Погодинне співвідношення між типами аномалій даних щодо енергоспоживання «розумних» будівель

Для погодинного аналізу на 24 години, подані від «0» до «23» по осі абсцис, а кількість аномалій відкладається на вісь ординат.

Похвилинна кореляція між виявленими двома типами аномалій даних щодо енергоспоживання «розумних» будівель [30] подана на рисунку 2.9.

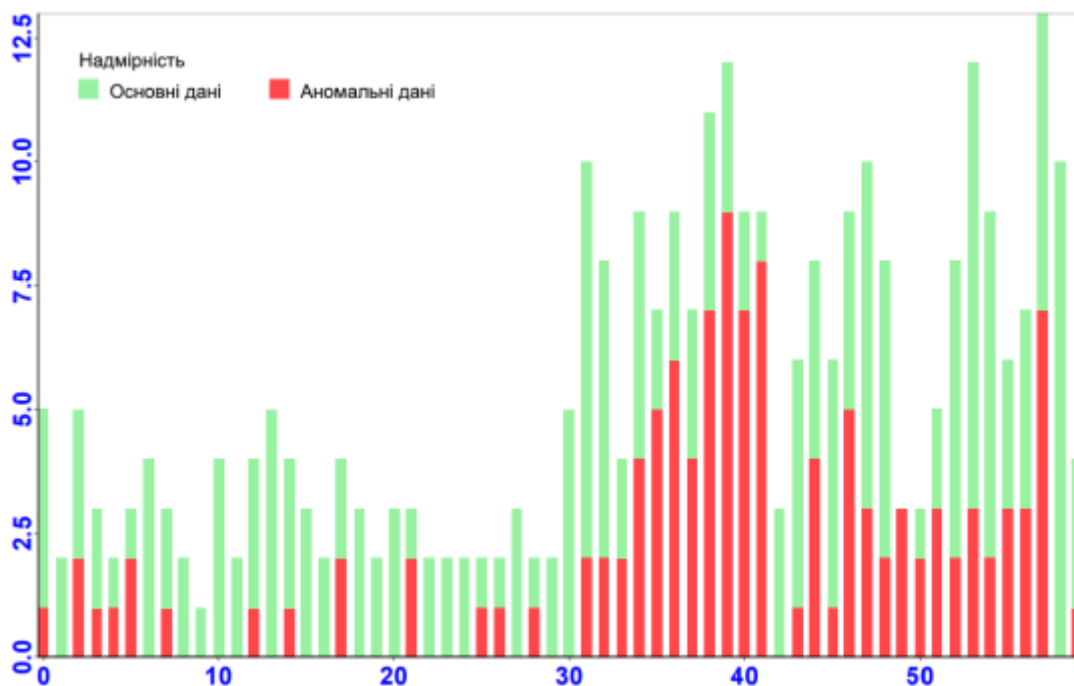


Рисунок 2.9 – Похвилинне співвідношення між типами аномалій даних щодо енергоспоживання «розумних» будівель «2» година «26 січня 20XX року»

Для похвилинного аналізу, хвилини подано на вісь абсцис, а кількість аномалій подано по осі ординат. З цього видно, що із загальної кількості показів – п'ять тисяч шістьдесят кількість аномальних показів з різними даними становить три тисячі шістсот сім, а кількість аномальних даних з однаковими показами становить одну тисячу п'ятдесят три [30].

## 2.9 Висновок до другого розділу

В другому розділі кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Бакалавр» проведено денне, погодинне та похвилинне оцінювання аномалій даних щодо енергоспоживання «розумних» будівель. Виконано візуалізацію погодинного,

похвилинного та посекудного розподілу аномалій даних щодо енергоспоживання «розумних» будівель. Проаналізовано типи аномалій даних енергоспоживання «розумних» будівель. Отже, запропоноване дослідження аномалії енергоспоживання будівель в проєктах класу «Розумне місто» дозволило успішно перерахувати всі можливі аномалії надлишкових даних. Сформовано погодинну та похвилинну кореляцію між виявленими двома ключовими типами аномалій даних щодо енергоспоживання «розумних» будівель. Це допоможе в подальших процесах очищення даних, які зазвичай необхідні для виконання точної аналітики та прийняття покращених рішень для управління енергією в «розумних містах».

Наявність надлишкових аномалій даних енергоспоживання будівель в проєктах класу «Розумне місто» призводить до неузгодженості в деталях споживання енергії, а також збільшує загальний розмір отриманої бази даних, що призводить до неточностей процесів аналітичного опрацювання.

## РОЗДІЛ 3. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 3.1 Значення адаптації в трудовому процесі

Кваліфікаційна робота освітнього рівня «Бакалавр» прив'язана аналізу аномалій даних енергоспоживання будівель в проєктах класу «Розумне місто». Розвиток інноваційних проєктів класу «Розумне місто» спричиняє швидкоплинні зміни міського середовища та ставить формує вимоги до адаптації громадян. Тому в контексті «Безпеки життєдіяльності» доцільно розглянути значення адаптації в трудовому процесі.

Праця людини безпосередньо пов'язана із виробничим середовищем. Працівник може нормально здійснювати трудову діяльність лише тоді, коли умови зовнішнього середовища відповідають оптимальним. Якщо вони змінюються, стають несприятливими, то на протидію їм організм людини включає спеціальний механізм, який зберігає постійність внутрішнього середовища, або змінює його в межах допустимого. Такий механізм називається адаптацією. Адаптація є важливим засобом попередження травмування, виникнення нещасних випадків у трудовому процесі і відіграє значну роль в охороні праці [31].

Адаптація (від лат. *adapto* – пристосування) – це динамічний процес пристосування організму та його органів до мінливих умов зовнішнього середовища.

Адаптація в трудовій діяльності поділяється на фізіологічну, психічну, соціальну та професійну.

Фізіологічна адаптація – це сукупність фізіологічних реакцій, які є в основі пристосування організму до змін зовнішніх умов, і направлені на збереження відносної постійності його внутрішнього середовища – гомеостазу.

Гомеостаз (від грец. «*homoios*» – подібний, однаковий та грец. «*stasis*» – стан, непорушність) – це відносна динамічна постійність складу та властивостей внутрішнього середовища і стійкість основних фізіологічних

функцій організму людини. Гомеостаз в організмі підтримується на усіх рівнях його організації і забезпечує динамічну рівновагу організму і зовнішнього середовища.

Суть механізму адаптації полягає у змінах меж чутливості аналізаторів, розширенні діапазону фізіологічних резервів організму та зміні в певних межах параметрів фізіологічних функцій [32]. Завдяки фізіологічній адаптації фізичні та біохімічні параметри, які визначають життєдіяльність організму, змінюються у вузьких межах порівняно із значними змінами зовнішніх умов: підвищується стійкість організму до холоду, тепла, недостачі кисню, змін барометричного тиску та інших факторів. Велике значення у фізіологічній адаптації має реактивність організму, його початковий функціональний стан (вік, тренуваність тощо), в залежності від якого змінюються і відповідні реакції організму на різні дії. Процес фізіологічної адаптації до незвичайних, екстремальних умов проходить декілька стадій, або фаз: спочатку переважають явища декомпенсації (порушення функцій), потім неповного пристосування (активний пошук організмом стійких станів, що відповідають новим умовам середовища) і, нарешті, фаза відносного стійкого пристосування.

Фізіологічна адаптація до праці має активний характер і за сприятливих умов виробничого середовища та оптимальних навантажень веде до підвищення стійкості та працездатності організму, збільшення його резервних можливостей, зменшення захворювань і травматизму. Проте коливання умов середовища, в яких відбувається фізіологічна адаптація, має певну межу, характерну для кожного організму. Якщо працівник потрапляє в умови, коли інтенсивність впливу чинників виробничого середовища переважає можливості його адаптації, настають патологічні зміни фізіологічних систем, захворювання організму.

Психічна адаптація – це процес встановлення оптимальної відповідності особистості до навколишнього середовища в процесі діяльності [33]. Зрозуміло, що такі властивості, як гальмування мислення та низька швидкість переробки інформації, обмежений діапазон сприйняття, порушення функції пам'яті

гальмують адаптацію; висока рухливість нервових процесів, навпаки, її підвищує.

Психічна адаптація в процесі праці залежить від психічних властивостей працівника, його психічного стану, психологічних реакцій на стреси, що виникають на роботі, кваліфікації та культури людини, особливостей професійної діяльності, конкретних умов праці тощо.

Соціальна адаптація – це пристосування працюючої людини до системи відносин у робочому колективі з його нормами, правилами, традиціями, ціннісними орієнтаціями [34]. Під час соціальної адаптації працівник поступово отримує різнобічну інформацію про колектив, де він працює, про систему ділових та особистих взаємовідносин.

При несприятливому протіканні соціальної адаптації підвищується рівень стресу на роботі, наслідки якого позначаються на поведінці працівника та можуть призвести до міжособових конфліктів, нещасних випадків.

Професійна адаптація – це адаптація до трудової діяльності з усіма її складовими: адаптація до робочого місця, знарядь та засобів праці, об'єктів та предметів праці, особливостей технологічного процесу, часових параметрів роботи тощо [35].

Професійна адаптація виражається у розвитку стійкого позитивного ставлення працівника до своєї професії, певного рівня оволодіння ним специфічними навичками та уміннями, у формуванні необхідних для якісного виконання роботи властивостей. Професійна адаптація визначається необхідним мінімумом знань та навичок, яких працівник набув при одержанні спеціальності, ступенем відповідальності, практичності, діловитості тощо. Адаптація вважається завершеною тоді, коли працівник досягає кваліфікації, відповідної існуючим стандартам.

Кожен із розглянутих видів адаптації впливає на працездатність та здоров'я працівника, формує у нього певний рівень чутливості та стійкості до психоемоційних перевантажень, внаслідок розвитку яких може істотно змінитися надійність професійної діяльності.

Адаптація в трудовому процесі відіграє важливу роль для якісного впровадження нового співробітника в організацію або команду [36]. Вона описує процес пристосування працівника до нових умов роботи, вимог і культури організації.

Значення адаптації включає такі аспекти:

– Покращення продуктивності: Ефективна адаптація дозволяє працівникам швидко засвоїти необхідні навички та знання для виконання своїх обов'язків. Це може призвести до збільшення продуктивності та досягнення кращих результатів роботи.

– Зниження стресу та швидша інтеграція: Адаптація допомагає працівникам відчувати себе більш комфортно і впевнено у новому середовищі. Вона сприяє зниженню рівня стресу, пов'язаного з новою роботою, і сприяє швидшій інтеграції в колектив та робочу культуру.

– Побудова взаємовигідних відносин: Адаптація сприяє встановленню позитивних взаємовідносин між новим працівником та його колегами та керівництвом. Це може покращити комунікацію, сприяти спільній роботі та сприяти розвитку відчуття належності до команди.

– Розвиток професійних навичок: Під час процесу адаптації працівник може мати можливість навчатися новим навичкам, проходити тренінги та розвиватися професійно. Це сприяє його розвитку і підвищенню кваліфікації.

– Збереження талановитих співробітників: Ефективна адаптація допомагає знизити ризик втрати талановитих співробітників. Якщо новий працівник відчувається комфортно і задоволений своєю роботою, ймовірність його затримки в організації збільшується.

Успішна адаптація нових співробітників залежить від дієвості процесу введення в роботу, наявності наставників, знайомства зі структурою та культурою організації, а також взаємодії з колегами. Вона має позитивний вплив на якість роботи працівника, задоволеність роботою і відносинами з колегами, а також на досягнення організаційних цілей.



### 3.2 Методи боротьби з монотонністю праці на виробництві

Кваліфікаційна робота освітнього рівня «Бакалавр» прив'язана до аналізу аномалій даних енергоспоживання будівель в проектах класу «Розумне місто». Розвиток інноваційних проектів класу «Розумне місто» та зміни виробничого середовища, масове поширення виробничих ліній та конвеєрів підкреслюють вплив монотонності праці на громадян. Тому в підрозділі «Охорона праці» доцільно розглянути методи боротьби з монотонністю праці на виробництві.

«Монотонність» у перекладі з грецької означає одноманітність. У психологічній літературі поняттям «монотонність» характеризують особливий психічний стан, який виникає у людини як реакція на одноманітну і бідну на враження діяльність. У соціально-економічній літературі монотонність пов'язується з надмірним розчленуванням трудового процесу на прості елементи (операції) [37].

Психофізіологічна суть монотонності пояснюється закономірностями взаємодії процесів збудження і гальмування.

Монотонність праці може бути проблемою на виробництві, оскільки вона може призводити до втоми, зниження мотивації та низької продуктивності працівників. Для боротьби з монотонністю праці на виробництві застосовуються різні методи [38]. Ось кілька з них:

– Розширення обов'язків: Цей метод полягає в тому, щоб розширити функціональні обов'язки працівників, дозволяючи їм виконувати різноманітніші завдання. Варіація в роботі може допомогти зменшити монотонність та збільшити зацікавленість працівника.

– Ротація робочих місць: Цей метод передбачає періодичну зміну робочих місць між працівниками. Вони отримують можливість виконувати різні завдання та працювати на різних ділянках виробництва. Це не тільки різнообразить їх роботу, але й дозволить розвивати нові навички та знання.

– Використання автоматизованих систем: Впровадження автоматизованих систем та роботизація виробничих процесів можуть зменшити

рутинні та монотонні завдання, які виконують працівники. Це дає їм можливість зосередитися на більш складних, творчих або стратегічних завданнях.

– Навчання та розвиток: Надання працівникам можливості навчатися новим навичкам та здобувати знання може розширити їхні можливості та покращити задоволеність роботою. Розвиток працівників дозволяє їм бути більш гнучкими та виконувати різноманітні завдання.

Таким чином, на підставі аналізу літературних даних про вплив на працездатність монотонності в умовах виробництва й про можливі фізіологічні механізми цього впливу можна сформулювати наступну гіпотезу. Монотонність як характеристику зовнішніх умов, що негативно впливають на працездатність, можна розділити на два види: регулярна повторюваність однотипних роздратувань (або рухів) і недостатність роздратувань (або рухів). Ці два види зовнішніх умов приводять до розвитку двох видів стану монотонії, що відрізняються як по механізмах свого виникнення, так і по деяких особливостях свого прояву: на відміну від монотонії, викликуваної однотипними роздратуваннями (монотонії одноманітності), монотонія, що є наслідком недоліку роздратувань (деприваційна монотонія), більшою мірою відбивається на суб'єктивному стані людини й, відповідно, знаходить більше вираження в суб'єктивних показниках працездатності.

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

В третьому розділі кваліфікаційної роботи описано розглянуто значення адаптації в трудовому процесі. Окремо описано методи боротьби з монотонністю праці на виробництві.

## ВИСНОВКИ

В першому розділі кваліфікаційної роботи освітнього рівня «бакалавр»

- Подано аналіз предметної області.
- Описано набори даних щодо енергоспоживання будівель в проєктах класу «Розумне місто».
- Розглянуто етапи аналітичного опрацювання аномалій даних енергоспоживання будівель в проєктах класу «Розумне місто».
- Описано процес видобування наборів даних.
- Подано опис процесу кількісної оцінки виявлених аномалій даних.
- Описано процес візуалізації виявлених аномалій даних.
- Подано опис процесу аналітичного опрацювання виявлених аномалій даних щодо енергоспоживання будівель в проєктах класу «Розумне місто».

В другому розділі кваліфікаційної роботи:

- Проведено денне, погодинне та похвилинне оцінювання аномалій даних щодо енергоспоживання «розумних» будівель.
- Виконано візуалізацію погодинного, похвилинного та посекундного розподілу аномалій даних щодо енергоспоживання «розумних» будівель.
- Проаналізовано типи аномалій даних енергоспоживання «розумних» будівель.
- Сформовано погодинну та похвилинну кореляцію між виявленими двома ключовими типами аномалій даних щодо енергоспоживання «розумних» будівель.

В третьому розділі кваліфікаційної роботи описано розглянуто значення адаптації в трудовому процесі. Окремо описано методи боротьби з монотонністю праці на виробництві.

**ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ**

- 1 Duda O., Matsiuk O., Kunanets N., Pasichnyk V., Rzheuskyi A., Bilak Y., Formation of Hypercubes Based on Data Obtained from Systems of IoT Devices of Urban Resource Networks, *International Journal of Sensors, Wireless Communications and Control* (2020) 10: 1. ISSN 2210-3287.
- 2 Duda, O., Kunanets, N., Martsenko, S., Matsiuk, O., Pasichnyk, V., Building secure Urban information systems based on IoT technologies. *CEUR Workshop Proceedings* 2623, pp. 317-328. 2020.
- 3 Kumar, Y.V.P.; Rao, S.N.V.B.; Padma, K.; Reddy, C.P.; Pradeep, D.J.; Flah, A.; Kraiem, H.; Jasin'ski, M.; Nikolovski, S. Fuzzy Hysteresis Current Controller for Power Quality Enhancement in Renewable Energy Integrated Clusters. *Sustainability* 2022, 14, 4851.
- 4 Bodnarchuk I., Duda O., Kharchenko A., Kunanets N., Matsiuk O., Pasichnyk V. Choice method of analytical information-technology platform for projects associated to the smart city class. *ICTERI 2020 ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer Proceedings of the 14th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. Volume I: Main Conference* p.317-330.
- 5 Zielonka, A.; Wozniak, M.; Garg, S.; Kaddoum, G.; Piran, J.; Muhammad, G. Smart Homes: How Much Will They Support Us? A Research on Recent Trends and Advances. *IEEE Access* 2021, 9, 26388–26419.
- 6 Kasaraneni, P.P.; Yellapragada Venkata, P.K. Analytical Approach to Exploring the Missing Data Behavior in Smart Home Energy Consumption Dataset. *JREE* 2022, 9, 37–48.
- 7 Duda, O., Palka, O., Pasichnyk, V., Matsiuk, O., Kunanets, N., & Tabachyshyn, D. (2020, September). Existing City Assessment Systems. In *2020 IEEE 15th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT)* (Vol. 2, pp. 238-241). IEEE.

- 8 Janssen, M.; van der Voort, H.; Wahyudi, A. Factors Influencing Big Data Decision-Making Quality. *J. Bus. Res.* 2017, *70*, 338–345.
- 9 Peker, N.; Kubat, C. A Hybrid Modified Deep Learning Data Imputation Method for Numeric Datasets. *IJISAE* 2021, *9*, 6–11.
- 10 Wang, Y.; Chen, Q.; Hong, T.; Kang, C. Review of Smart Meter Data Analytics: Applications, Methodologies, and Challenges. *IEEE Trans. Smart Grid* 2019, *10*, 3125–3148.
- 11 Pau, M.; Ponci, F.; Monti, A. Analysis of bad data detection capabilities through smart meter based state estimation. In Proceedings of the 2018 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2018 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC/I&CPS Europe), Palermo, Italy, 12–15 June 2018; pp. 1–6.
- 12 Yen, S.W.; Morris, S.; Ezra, M.A.G.; Jun Huat, T. Effect of Smart Meter Data Collection Frequency in an Early Detection of Shorter-Duration Voltage Anomalies in Smart Grids. *Int. J. Electr. Power Energy Syst.* 2019, *109*, 1–8.
- 13 Yang, Z.; Liu, H.; Bi, T.; Yang, Q. Bad Data Detection Algorithm for PMU Based on Spectral Clustering. *J. Mod. Power Syst. Clean Energy* 2020, *8*, 473–483.
- 14 Thadikemalla, V.S.G.; Srivastava, I.; Bhat, S.S.; Gandhi, A.S. Data loss mitigation mechanism using compressive sensing for smart grids. In Proceedings of the 2020 IEEE International Conference on Power Electronics, Smart Grid and Renewable Energy (PESGRE2020), Cochin, India, 2–4 January 2020; IEEE: Cochin, India, 2020; pp. 1–6.
- 15 Anwar, A.; Mahmood, A.N. Anomaly Detection in Electric Network Database of Smart Grid: Graph Matching Approach. *Electr. Power Syst. Res.* 2016, *133*, 51–62.
- 16 Leitão, L.; Calado, P.; Herschel, M. Efficient and Effective Duplicate Detection in Hierarchical Data. *IEEE Trans. Knowl. Data Eng.* 2013, *25*, 1028–1041.
- 17 Papenbrock, T.; Heise, A.; Naumann, F. Progressive Duplicate Detection. *IEEE Trans. Knowl. Data Eng.* 2015, *27*, 1316–1329.

- 18 Ioannou, E.; Garofalakis, M. Query Analytics over Probabilistic Databases with Unmerged Duplicates. *IEEE Trans. Knowl. Data Eng.* 2015, *27*, 2245–2260.
- 19 Xia, W.; Jiang, H.; Feng, D.; Hua, Y. Similarity and Locality Based Indexing for High Performance Data Deduplication. *IEEE Trans. Comput.* 2015, *64*, 1162–1176.
- 20 Fu, Y.; Xiao, N.; Jiang, H.; Hu, G.; Chen, W. Application-Aware Big Data Deduplication in Cloud Environment. *IEEE Trans. Cloud Comput.* 2019, *7*, 921–934.
- 21 The Tracebase Data Set. Available online: <http://www.tracebase.org>.
- 22 Purna Prakash, K.; Pavan Kumar, Y.V.; Reddy, C.P.; Pradeep, D.J.; Flah, A.; Alzaed, A.N.; Al Ahamdi, A.A.; Ghoneim, S.S.M. A Comprehensive Analytical Exploration and Customer Behaviour Analysis of Smart Home Energy Consumption Data with a Practical Case Study. *Energy Rep.* 2022, *8*, 9081–9093.
- 23 Purna Prakash, K.; Pavan Kumar, Y.V. Exploration of Anomalous Tracing of Records in Smart Home Energy Consumption Dataset. *ECS Trans.* 2022, *107*, 18271–18280.
- 24 Himeur, Y.; Alsalemi, A.; Bensaali, F.; Amira, A. Building Power Consumption Datasets: Survey, Taxonomy and Future Directions. *Energy Build.* 2020, *227*, 110404.
- 25 Klemenjak, C.; Reinhardt, A.; Pereira, L.; Makonin, S.; Bergés, M.; Elmenreich, W. Electricity consumption data sets: Pitfalls and opportunities. In Proceedings of the 6th ACM International Conference on Systems for Energy-Efficient Buildings, Cities, and Transportation, New York, NY, USA, 13–14 November 2019; ACM: New York, NY, USA, 2019; pp. 159–162.
- 26 Prakash, K.P.; Kumar, Y.P. A Systematic Approach for Exploration, Behavior Analysis, and Visualization of Redundant Data Anomalies in Smart Home Energy Consumption Dataset. *IJRER* 2022, *12*, 109–123.
- 27 Pipattanasomporn, M.; Chitalia, G.; Songsiri, J.; Aswakul, C.; Pora, W.; Suwankawin, S.; Audomvongseree, K.; Hoonchareon, N. CU-BEMS, Smart Building Electricity Consumption and Indoor Environmental Sensor Datasets. *Sci. Data* 2020, *7*, 241.

28 Chen, H.; Wang, Y.-H.; Fan, C.-H. A Convolutional Autoencoder-Based Approach with Batch Normalization for Energy Disaggregation. *J. Supercomput.* 2021, 77, 2961–2978.

29 Andreas, R.; Paul, B.; Daniel, B.; Matthias, H.; Hristo, C.; Marc, W.; Ralf, S. On the accuracy of appliance identification based on distributed load metering data. In Proceedings of the 2012 Sustainable Internet and ICT for Sustainability (SustainIT), Pisa, Italy, 4–5 October 2012; pp. 1–9.

30 Kasaraneni, Purna Prakash, et al. "Analytical Enumeration of Redundant Data Anomalies in Energy Consumption Readings of Smart Buildings with a Case Study of Darmstadt Smart City in Germany." *Sustainability* 14.17 (2022): 10842.

31 Основи охорони праці. Значення адаптації в трудовому процесі. <https://library.if.ua/book/9/921.html>.

32 Адаптація - Енциклопедія Сучасної України. <https://esu.com.ua/article-42642>.

33 Адаптація - запорука гармонійного розвитку - Освіта.UA. <https://osvita.ua/school/method/psychology/2623/>.

34 Соціальна адаптація і реабілітація - Соціальна робота. <http://politics.ellib.org.ua/pages-12109.html>.

35 Професійна адаптація особистості - Психологія і педагогіка. [https://stud.com.ua/5549/psihologiya/profesiyna\\_adaptatsiya\\_osobistosti](https://stud.com.ua/5549/psihologiya/profesiyna_adaptatsiya_osobistosti).

36 Соціологія: трудова адаптація працівників. <https://osvita.ua/vnz/reports/sociology/29669/>.

37 Заходи боротьби з монотонністю. [http://psih.pp.ua/10282\\_%D0%B7%D0%B0%D1%85%D0%BE%D0%B4%D0%B8\\_%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%82%D1%8C%D0%B1%D0%B8\\_%D0%B7\\_%D0%BC%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D1%8E\\_%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B3%D0%B8%D0%B9\\_%D1%87%D0%B0%D1%81\\_%D0%BF%D0%BE%D0%BA%D0%B8\\_%D0%BC%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D1%8F\\_%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D1%8F%D0%B7%D1%83%D0%B2%D0%B](http://psih.pp.ua/10282_%D0%B7%D0%B0%D1%85%D0%BE%D0%B4%D0%B8_%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%82%D1%8C%D0%B1%D0%B8_%D0%B7_%D0%BC%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D1%8E_%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B3%D0%B8%D0%B9_%D1%87%D0%B0%D1%81_%D0%BF%D0%BE%D0%BA%D0%B8_%D0%BC%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D1%8F_%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D1%8F%D0%B7%D1%83%D0%B2%D0%B)

0%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%8F\_%D1%82%D1%96%D0%BB%D1%8C%  
D0%BA%D0%B8\_%D0%B7\_%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%82%D  
0%BE%D1%8E\_%D0%BD%D0%B0.html.

38 Основні заходи по запобіганню монотонності і підвищенню  
змістовності праці. <https://buklib.net/books/26069/>.



# ДОДАТКИ

**Результати подовгової візуалізації виявлених аномалій даних щодо енергоспоживання «розумної» будівлі в гіпотетичному проєкті класу «Розумне місто»**

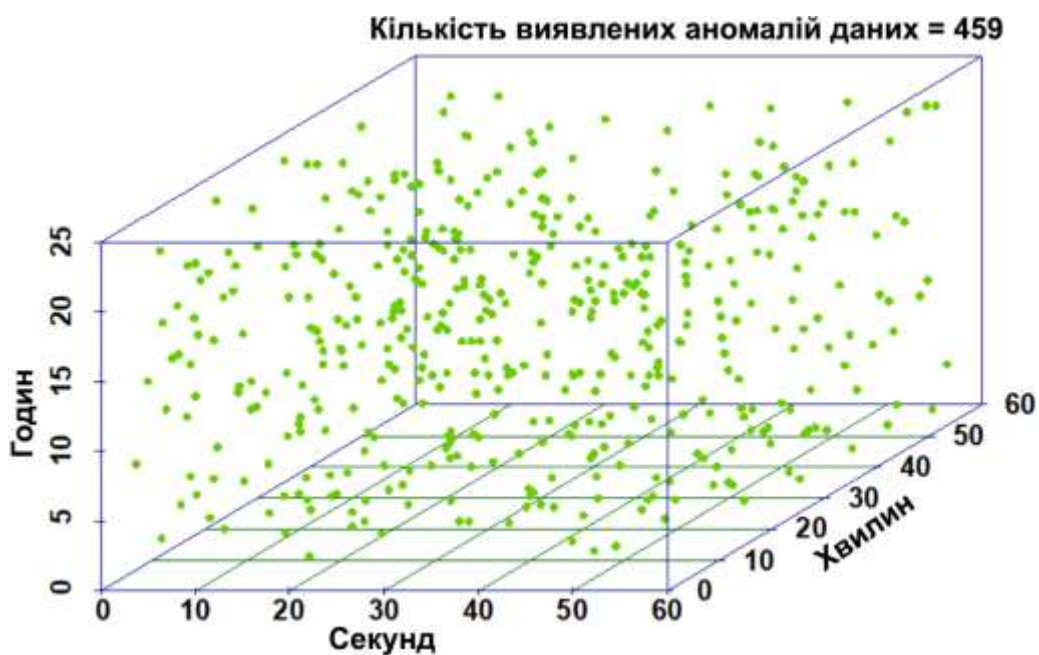


Рисунок А.1 – На умовну дату «17 грудня 20XX року»



Рисунок А.2 – На умовну дату «20 січня 20XX року»

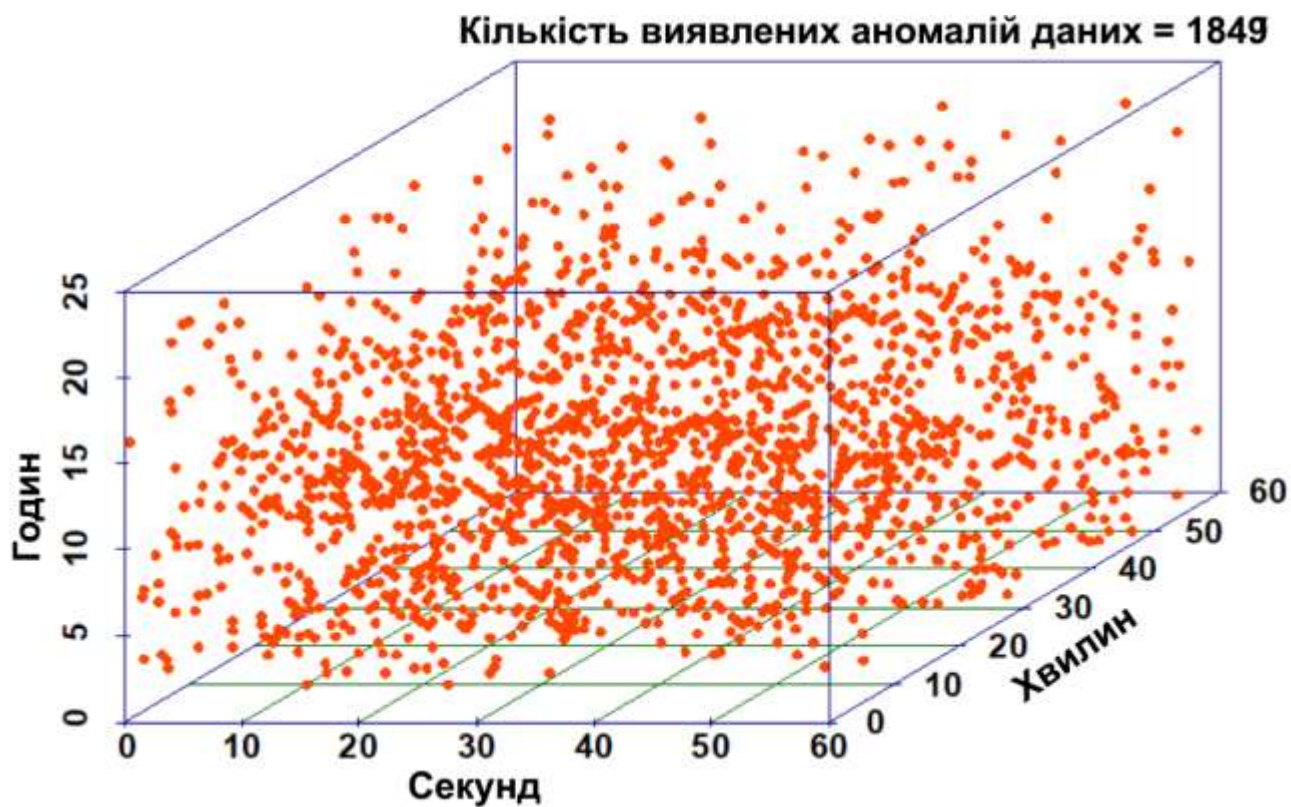


Рисунок А.3 – На умовну дату «21 січня 20XX року»

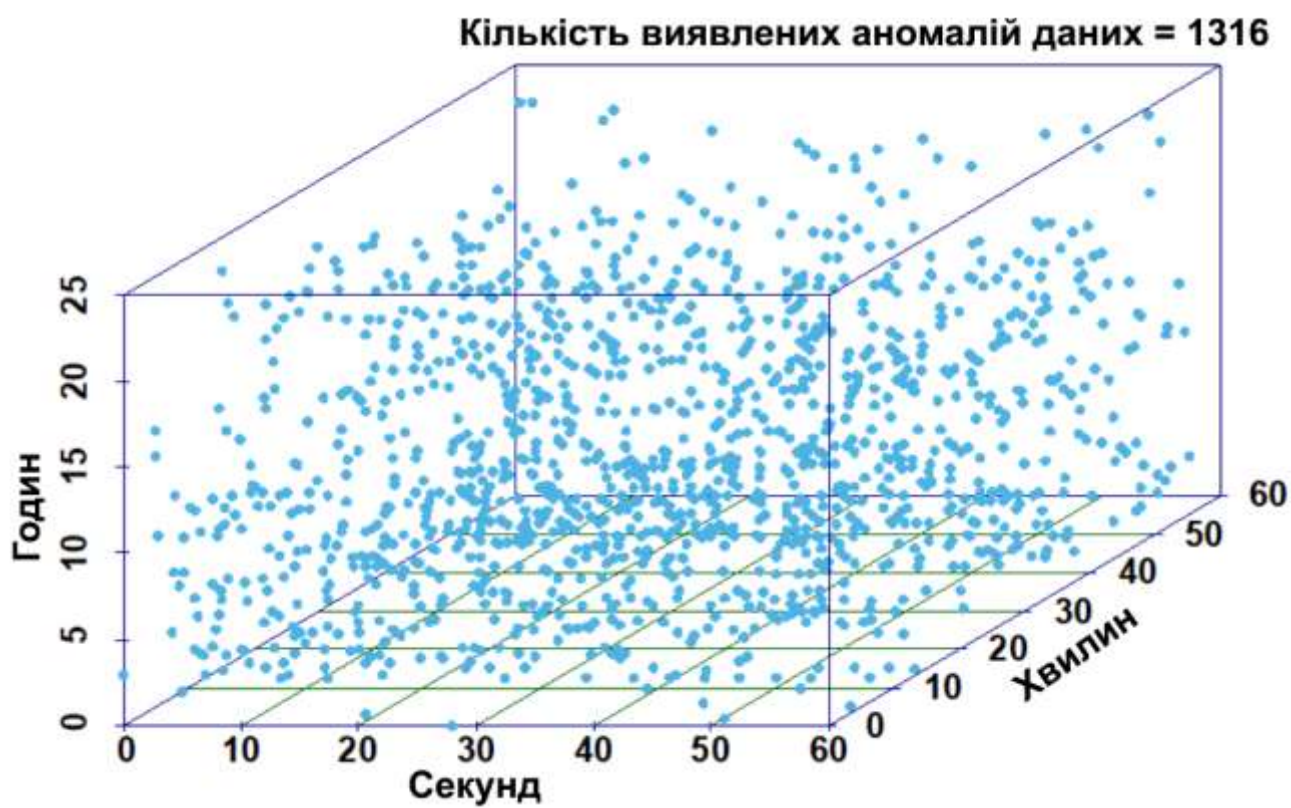


Рисунок А.4 – На умовну дату «22 січня 20XX року»



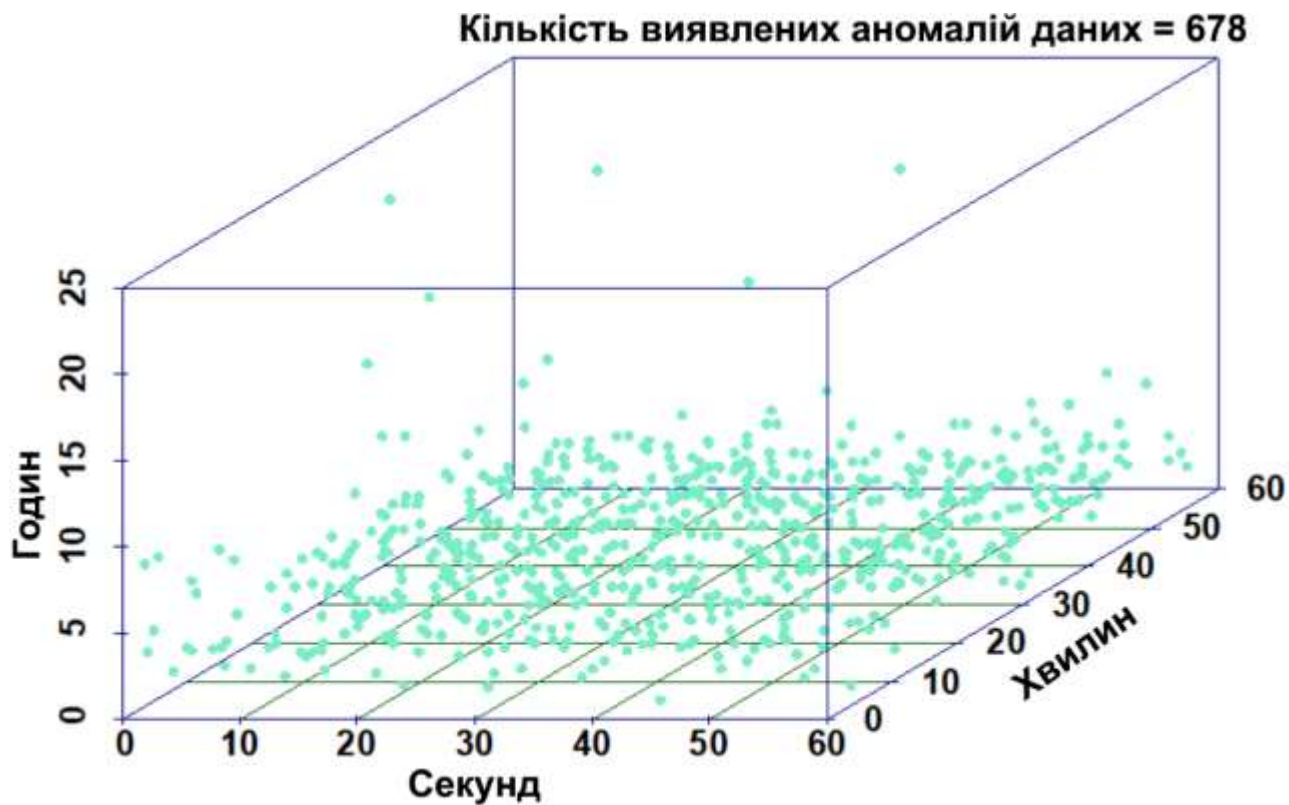


Рисунок А.5 – На умовну дату «23 січня 20XX року»

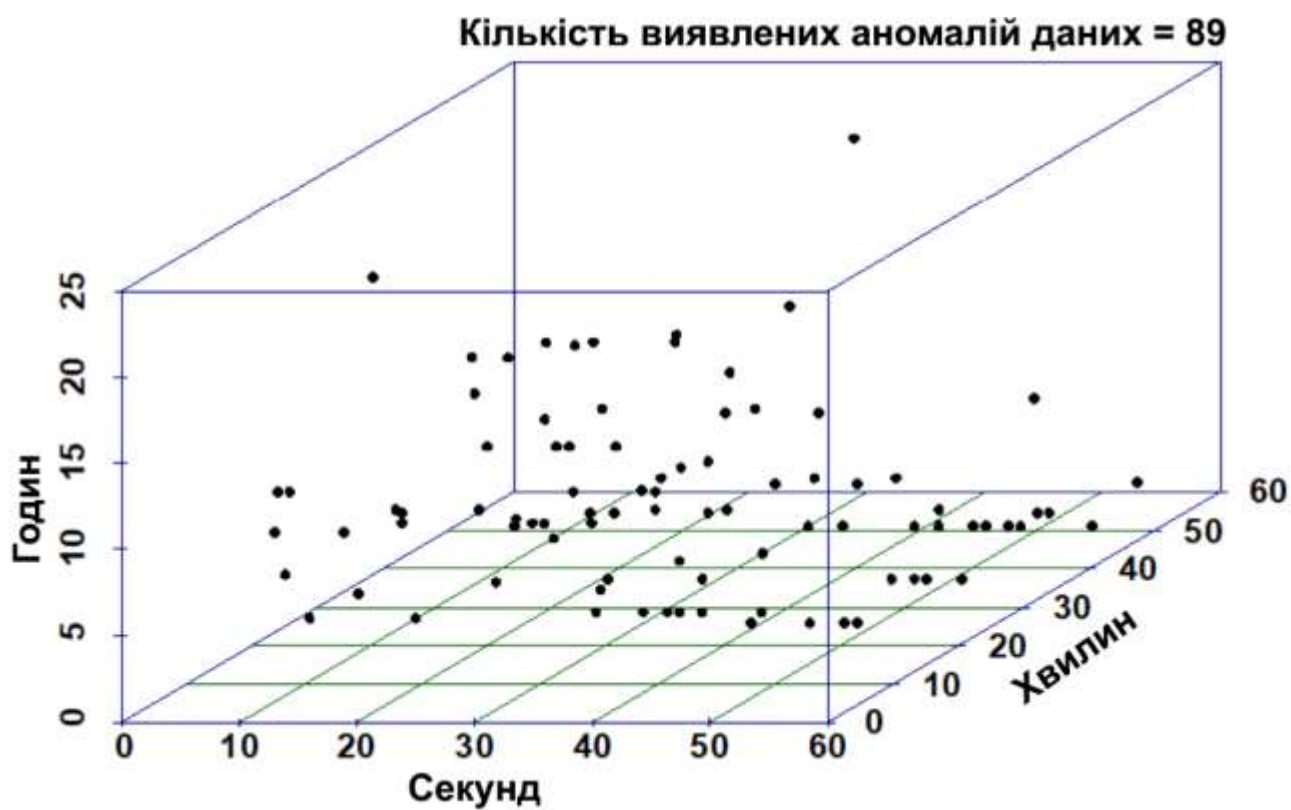


Рисунок А.5 – На умовну дату «24 січня 20XX року»

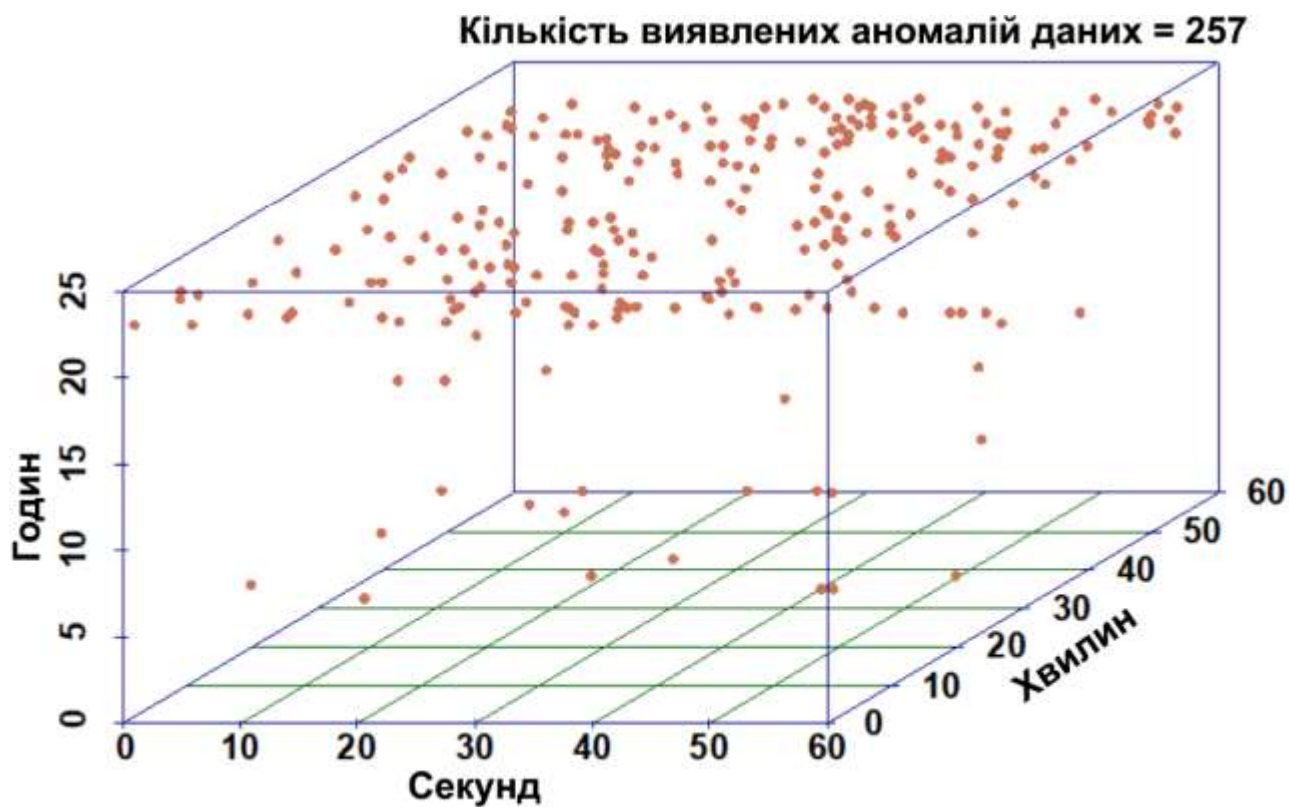


Рисунок А.6 – На умовну дату «25 січня 20XX року»

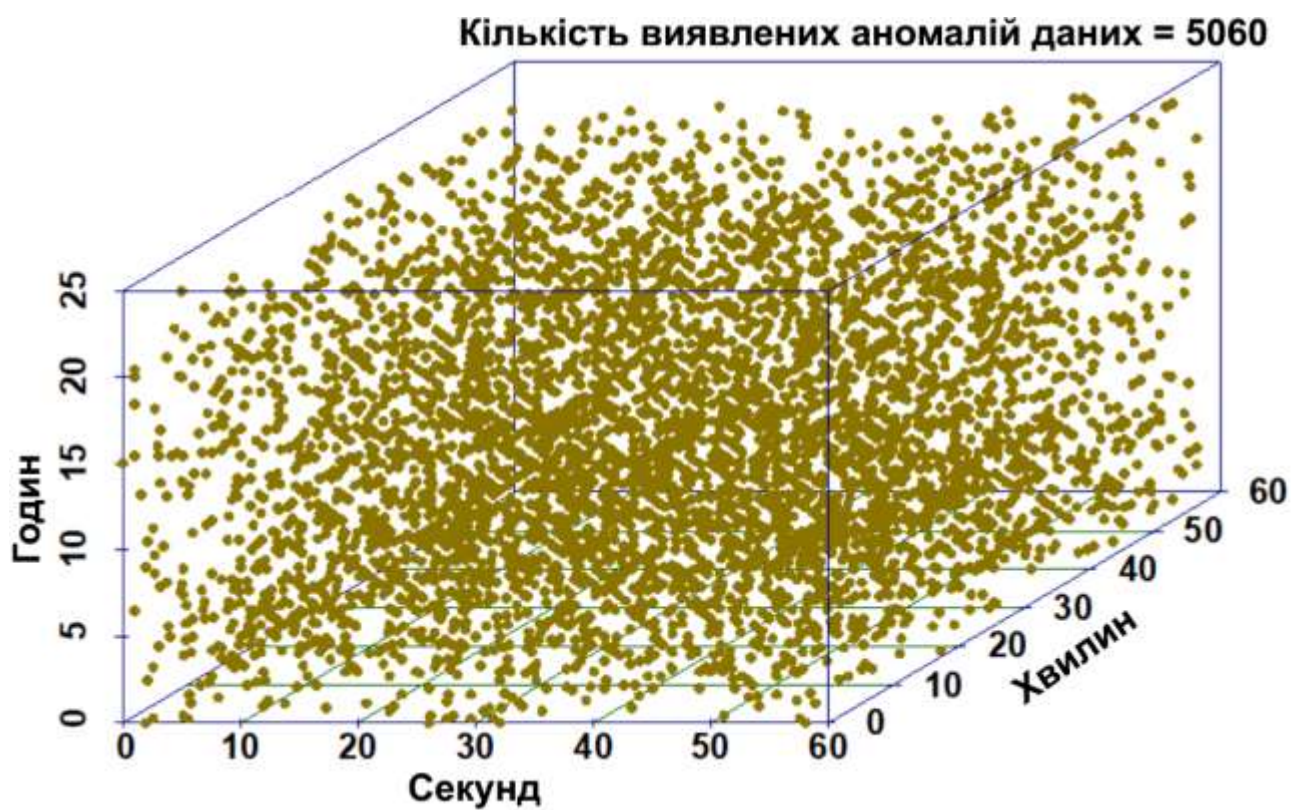


Рисунок А.6 – На умовну дату «26 січня 20XX року»



**Похвилинне оцінювання аномалій даних щодо енергоспоживання  
«розумних» будівель**



Рисунок Б.1 – Від «4:00» до «8:00» «26 січня 20XX року»



Рисунок Б.2 – Від «8:00» до «12:00» «26 січня 20XX року»



Рисунок Б.3 – Від «12:00» до «15:00» «26 січня 20XX року»



Рисунок Б.4 – Від «15:00» до «20:00» «26 січня 20XX року»



Рисунок Б.5 – Від «20:00» до «20:00» «26 січня 20XX року»