

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

*магістр*

(назва освітнього ступеня)

на тему: Методи та засоби контролю рівня шуму навколишнього середовища  
на основі концепції інтернету речей

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи СІМ-62  
спеціальності \_\_\_\_\_

123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

\_\_\_\_\_  
(підпис) Дрогобицький М.В.  
(прізвище та ініціали)

Керівник \_\_\_\_\_  
(підпис) Луцик Н.С.  
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль \_\_\_\_\_  
(підпис) Тили Є.В.  
(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис) Осухівська Г.М.  
(прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище та ініціали)

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 систем та мереж  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Осухівська Г.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

студенту Дрогобицькому Максиму Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Методи та засоби контролю рівня шуму навколишнього середовища на основі концепції інтернету речей

Керівник роботи Луцик Надія Степанівна, Ph.D, доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «1» грудня 2023 року № 4/7-1132

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20.12.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи Наукові літературні джерела, мова програмування C++

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

Вступ.

1. Аналіз досліджень у сфері вимірювання рівня шуму навколишнього середовища.

2. Методи дистанційного контролю рівня шуму навколишнього середовища.

3. Реалізація апаратно-програмного комплексу для моніторингу рівня шуму навколишнього середовища.

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

Висновки.

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

1. Тема кваліфікаційної роботи, актуальність.

2. Мета і завдання дослідження.

3. Об'єкт і предмет дослідження та наукова новизна.

4. Структурна схема системи.

5. Схема електричних з'єднань.

6. Блок-схема алгоритму роботи.

7. Результати роботи системи.

8. Висновки.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях</i>			

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Аналіз досліджень у сфері вимірювання рівня шуму навколишнього середовища</i>	20.11.2023 - 24.11.2023	<i>виконано</i>
2	<i>Методи дистанційного контролю рівня шуму навколишнього середовища</i>	25.11.2023 - 28.11.2023	<i>виконано</i>
3	<i>Реалізація апаратно-програмного комплексу для моніторингу рівня шуму навколишнього середовища</i>	29.11.2023 - 06.12.2023	<i>виконано</i>
4	<i>Написання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»</i>	07.12.2023 - 08.12.2023	<i>виконано</i>
5	<i>Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу</i>	09.12.2023- 19.12.2023	<i>виконано</i>
6	<i>Попередній захист кваліфікаційної роботи магістра</i>	20.12.2023	<i>виконано</i>
7	<i>Захист кваліфікаційної роботи магістра</i>	27.12.2023	

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

*Дрогобицький М.В.*

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_  
(підпис)

*Луцик Н.С.*

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Методи та засоби контролю рівня шуму навколишнього середовища на основі концепції інтернету речей // Кваліфікаційна робота магістра // Дрогобицький Максим Володимирович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних систем та мереж, група СІм-62 // Тернопіль, 2023 // с. – 79, рис. – 32, табл. – 2, аркушів А1 – 8, додат. – 1, бібліогр. – 45.

Ключові слова: рівень шуму, Інтернет речей, моніторинг, мікроконтролер, дистанційний контроль.

Кваліфікаційна робота присвячена дослідженню методів і засобів моніторингу рівня шуму в оточуючому середовищі з використанням концепції Інтернету речей. Робота включає в себе аналіз існуючих досліджень у сфері вимірювання шуму, а також акцентує увагу на можливостях дистанційного контролю за цими параметрами. Для створення системи моніторингу використовується WiFi-модуль ESP32, оснащений дисплеєм і мікрофоном.

Отримані дані про рівень шуму відображаються на дисплеї та одночасно передаються на хмарну IoT-платформу для збору та аналізу інформації. Результати цього дослідження можуть мати практичне значення для покращення якості навколишнього середовища та зменшення шумового забруднення як в промисловій зоні, так і в громадських місцях.

## ANNOTATION

Methods and tools for monitoring the surrounding noise levels based on the Internet of Things concept // Master's graduation thesis // Drogobyt'skyi Maksym // Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Faculty of Computer Information System and Software Engineering, Department of Computer Systems and Networks, group CIm-62 // Ternopil, 2023 // p. – 79, fig. – 32, tabl. – 2, sheets A1 – 8, addit. – 1, bibliography – 45.

Keywords: noise level, Internet of things, monitoring, microcontroller, remote control.

The qualification work is dedicated to the exploration of methods and tools for monitoring noise levels in the surrounding environment using the Internet of Things (IoT) concept. The study involves an analysis of existing research in the field of noise measurement, with a focus on the possibilities of remote control over these parameters. To create the monitoring system, an ESP32 WiFi module equipped with a display and a microphone is utilized.

The obtained data on the noise level are displayed on the device's screen and simultaneously transmitted to a cloud-based IoT platform for data collection and analysis. The results of this research can have practical implications for improving the quality of the surrounding environment and reducing noise pollution in both industrial areas and public spaces.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ .....	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ У ГАЛУЗІ МОНІТОРИНГУ РІВНЯ ШУМУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА .....	10
1.1. Аналіз сфери застосування систем моніторингу рівня шуму в різних галузях .....	10
1.2. Сучасний стан досліджень у галузі моніторингу шуму .....	11
1.3. Огляд існуючих засобів для контролю рівня шуму .....	17
1.4. Висновки до розділу 1 .....	21
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ДИСТАНЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ РІВНЯ ШУМУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА .....	23
2.1. Теоретичні основи вимірювання рівня шуму .....	23
2.2. Методи визначення акустичних характеристик шуму .....	26
2.3. Методи розрахунку спектрального складу шуму .....	28
2.4. Аналіз існуючих методів вимірювання рівня шуму .....	30
2.5. Інноваційні технології та IoT-підходи до моніторингу рівня шуму .....	36
2.6. Висновки до розділу 2 .....	39
РОЗДІЛ 3 РЕАЛІЗАЦІЯ АПАРАТНО-ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ РІВНЯ ШУМУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	40
3.1. Проектування апаратної складової системи моніторингу рівня шуму .....	40
3.2. Розробка алгоритмічного та програмного забезпечення для збору, обробки та відображення даних про рівень шуму .....	45
3.3. Впровадження можливостей передачі даних на хмарну IoT-платформу для подальшого аналізу .....	51
3.4. Аналіз результатів роботи розробленої системи моніторингу рівня шуму .....	54
3.5. Висновки до розділу 3 .....	57
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	58

4.1. Охорона праці.....	58
4.2. Функціональні заходи у сфері державного регулювання та контролю захисту населення і територій .....	61
4.3. Захист інформаційних управляючих систем від ушкоджень, що викликані дією ЕМІ ядерних вибухів.....	63
4.4. Висновки до розділу 4.....	65
ВИСНОВКИ .....	66
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	67
Додаток А Тези конференцій.....	72

## ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

- АЦП – аналого-цифровий перетворювач;  
ВРШ – визначення рівня шуму;  
ЕМІ – електромагнітний імпульс;  
МК – мікроконтролер;  
ОС – операційна система;  
ПЗ – програмне забезпечення;  
РШ – рівень шуму;  
САМ – система акустичного моніторингу;  
СМ – система моніторингу;  
ФНЧ – фільтр низьких частот;  
ІоТ – Internet of Things.



## ВСТУП

**Актуальність теми.** Сучасні умови міського життя та індустріалізація призводять до зростаючого рівня шуму в оточуючому середовищі, що стає серйозною проблемою для суспільства. Шум в усіх його проявах впливає на фізичне та психічне здоров'я людини, знижує її якість життя та сприяє розвитку різноманітних захворювань. Зростаючий рівень шуму на робочих місцях може бути небезпечним для працівників та вимагає дотримання норм охорони праці. Паралельно з цим, шум стає причиною зниження комфорту життя в міському середовищі, особливо в нічний час.

Забезпечення надійного та ефективного контролю рівня шуму важливо як для досягнення безпеки та здоров'я населення, так і для забезпечення більш сприятливого навколишнього середовища. Завдяки розвитку технологій Інтернету речей (IoT), створюється можливість впровадження інноваційних підходів до моніторингу та управління рівнем шуму. Використання IoT-платформ та сучасних датчиків дозволяє збирати дані в реальному часі, а також вдало використовувати їх для прийняття рішень з метою зменшення шумового забруднення в промислових, комерційних та громадських сферах.

Актуальність цієї теми полягає в необхідності розробки та вдосконалення методів та засобів контролю рівня шуму навколишнього середовища, зокрема, використовуючи підходи концепції Інтернету речей. Вирішення цієї проблеми може сприяти покращенню якості життя населення, зменшенню шкідливого впливу шуму та забезпеченню більшого рівня безпеки на робочих місцях та в громадських об'єктах.

**Мета і завдання дослідження.** Метою цієї кваліфікаційної роботи є розробка і вдосконалення методів та засобів моніторингу рівня шуму з використанням концепції Інтернету речей для покращення контролю та зменшення шумового забруднення у промислових, комерційних та громадських місцях.

Задачі дослідження:

– провести огляд літератури та аналіз існуючих методів та засобів моніторингу рівня шуму в оточуючому середовищі з використанням IoT-

технологій;

– удосконалити метод дистанційного контролю рівня шуму навколишнього середовища для забезпечення можливості моніторингу його параметрів в реальному часі;

– розробити апаратно-програмний комплекс для моніторингу рівня шуму, та відображення його результатів на дисплеї пристрою;

– реалізувати збір та передачу даних про рівень шуму на хмарну IoT-платформу для подальшого аналізу і зберігання та надання користувачам можливості моніторити рівень шуму у реальному часі.

**Об’єкт дослідження** – процес контролю рівня шуму в оточуючому середовищі.

**Предмет дослідження** – методи та засоби дистанційного контролю рівня шуму навколишнього середовища.

**Наукова новизна отриманих результатів:**

1. Вперше розроблено та реалізовано інтегровану систему контролю рівня шуму на базі мікроконтролера ESP32, яка поєднує апаратний та програмний компоненти включаючи їх збір та передачу на хмарну IoT-платформу, що дало змогу надавати користувачам доступ до даних про рівень шуму в реальному часі.

2. Удосконалено метод дистанційного контролю рівня шуму шляхом використання технологій IoT, що дозволяє враховувати зміни в шумовому середовищі в реальному часі та надавати можливість ефективно реагувати на шумові забруднення.

**Практичне значення одержаних результатів** кваліфікаційної роботи полягає у можливості впровадження інтегрованих систем контролю рівня шуму на базі Інтернету речей, які сприяють покращенню контролю за шумовим забрудненням в промислових, комерційних та громадських сферах, забезпечуючи безпечні та комфортні умови для життя та праці населення.

**Публікації.** Результати дослідження апробовано на XII міжнародній науково-практичній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (Тернопіль, 6-7 грудня 2023 р.) та на XI науково-технічній конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» (Тернопіль, 13-14 грудня 2023 р.).

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ У ГАЛУЗІ МОНІТОРИНГУ РІВНЯ ШУМУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

#### 1.1. Аналіз сфери застосування систем моніторингу рівня шуму в різних галузях

Рівень шуму впливає на якість життя та ефективність праці людей у різних сферах, і тому важливо з'ясувати, де і як ця система може бути використана найефективніше. По-перше, в медичній галузі контроль за рівнем шуму відіграє велику роль, оскільки комфорт пацієнтів та їхнє психологічне та фізичне здоров'я важливі. Відсутність надмірного шуму у лікарнях та клініках може позитивно впливати на процес лікування та одужання.

Промисловість та виробництво є іншою сферою, де рівень шуму може мати значний вплив на безпеку та комфорт працівників. Системи моніторингу можуть допомогти вчасно виявляти проблеми з перевищенням рівня шуму та забезпечувати дотримання нормативів безпеки та охорони праці.

На транспортних об'єктах, таких як, аеропорти, вокзали та логістичні центри, контроль рівня шуму може забезпечувати комфорт та безпеку пасажирів та працівників. У будівельній галузі важливо контролювати рівень шуму під час будівництва та реконструкції споруд для запобігання негативному впливу на мешканців та навколишнє середовище. Також, системи моніторингу можуть бути корисними у рекреаційних та громадських місцях, таких як парки, пляжі, де спокій та комфорт гостей є пріоритетом.

Отже, аналіз сфери застосування систем моніторингу рівня шуму в різних галузях показує, що проєктована система може мати значний практичний вплив на якість життя та роботи в різних сферах, допомагаючи знижувати шумове забруднення з метою забезпечення комфорту та безпеки людей і підвищення результативності працівників.

## 1.2. Сучасний стан досліджень у галузі моніторингу шуму

Огляд актуальних наукових та технічних досліджень, які вже проводилися у сфері моніторингу рівня шуму в оточуючому середовищі, та вивчення сучасного стану цієї галузі дозволяє визначити поточні тенденції, досягнення та можливі прогалини, які слугуватимуть основою для розробки нових методів і засобів контролю шумового забруднення.

На сьогоднішній день велика увага приділяється дослідженням рівня шуму у різних сферах, включаючи медицину, промисловість [1], транспорт [2-4], будівництво та інфраструктуру [5, 6]. Дослідження спрямовані на вивчення впливу шуму на здоров'я та комфорт людини [7], а також на розробку технологій для моніторингу та контролю цього фактору [3].

У статті [8] автори провели екологічну оцінку шумового забруднення в приміській зоні міста Івано-Франківська. Оцінка була здійснена на основі експериментальних вимірювань рівнів шуму в межах приміських населених пунктів, а також аналізу відповідності цих рівнів нормативним показникам. Автори здійснили порівняння фактичних рівнів шуму з нормативами, що затверджені санітарними нормами для різних типів територій, таких як сільські та промислові. Крім того, були побудовані карти шуму для візуалізації розподілу рівнів звуку на досліджуваній території. За результатами дослідження було встановлено, що рівень шуму в точках спостереження в межах транспортних потоків відповідає нормативам.

Автори статті [9] досліджували рівень шуму, який виникає від різних видів транспортних засобів на дорогах міста Львів в денний час доби. Був проведений аналіз причин зростання рівня шуму залежно від видів транспорту та стану дорожнього покриття. Дослідження показали, що рівень шуму на центральних вулицях Львова, розташованих поблизу перехресть, наближений до гранично допустимого рівня. Це може мати негативний вплив на жителів прилеглих будинків і пішоходів та призводити до захворювань. Однак у статті відсутні конкретні

рекомендації щодо заходів для зниження рівня шуму і покращення екологічної ситуації на вулицях Львова.

Один із ключових напрямків досліджень – це розвиток нових методів вимірювання шуму [2, 10] та застосування сучасних давачів для збору відповідних даних [11]. Це включає в себе використання мікрофонів, звукових сенсорів та інших технологій для точного вимірювання акустичних параметрів навколишнього середовища. Дослідники також вивчають можливості інтеграції цих давачів з розподіленими мережами для дистанційного моніторингу та збору даних.

Додатково, активно вивчаються алгоритми аналізу отриманих даних, які дозволяють визначати характеристики шумового середовища, виявляти аномалії та вчасно реагувати на них [8, 10, 12]. Важливою частиною досліджень є розробка спеціалізованих програмних рішень для відображення та аналізу результатів моніторингу [7, 13, 14].

У роботі [15] пропонується система моніторингу інтенсивності звуку та забруднення повітря, яка керується Raspberry Pi. Система складається з: модуля вимірювання показників якості повітря та інтенсивності шуму, хмарного сервера та модуля сповіщення про аномалії. Дані збираються та аналізуються на хмарному сервері, а Raspberry Pi відповідає за процес надсилання даних за допомогою WiFi. У разі небажаного стану модуль сповіщення про аномалії повідомляє користувача. Автори статті вважають, що люди відповідальні за забруднене довкілля і ця система допоможе моніторити різні параметри навколишнього середовища, що сприятиме зменшенню забруднення та сповіщенню громадськості.

У ряді наукових праць [1, 16-18] автори пропонують систему моніторингу шуму та якості атмосферного повітря на основі IoT. В основі системи лежить платформа Arduino, Wi-Fi модуль, давачі для вимірювання концентрації газів в повітрі та звуковий сенсор (рис. 1.1). Система дозволяє користувачам моніторити якість повітря та рівень шумового забруднення через веб-додаток або LCD дисплей. Ця система надає ефективний та дешевий засіб для тривалого моніторингу рівня шуму навколишнього середовища.

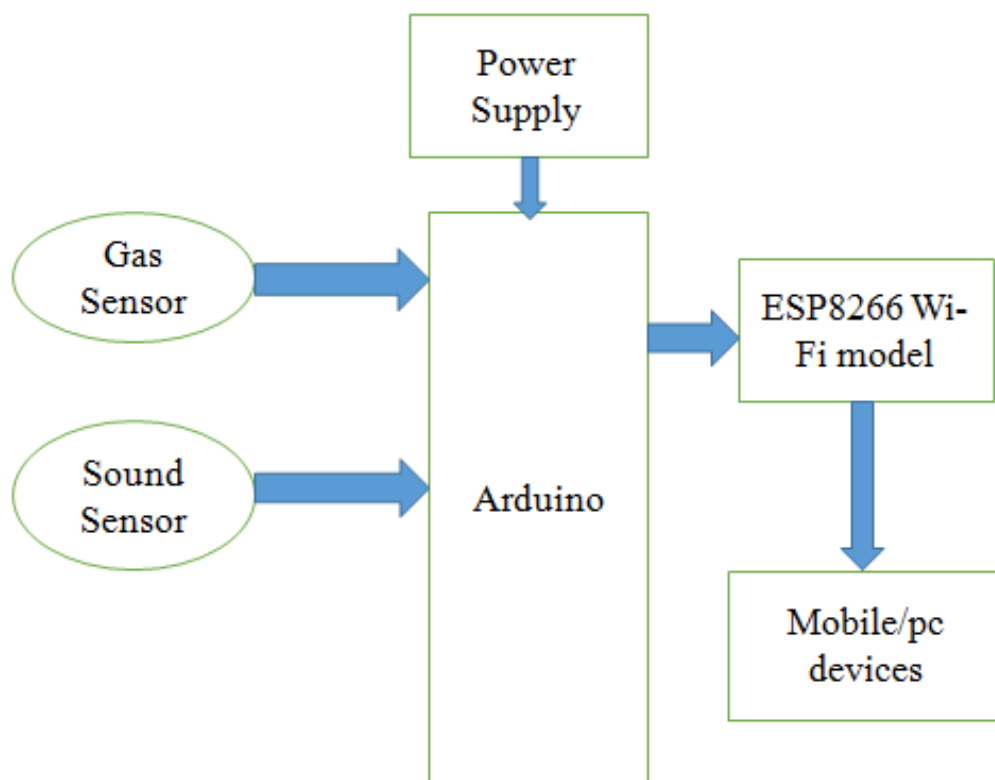


Рис. 1.1. Структура системи моніторингу забруднення повітря та рівня шуму [17]

Загалом, в цих статтях пропонується загальна концепція системи моніторингу забруднення повітря та шуму, але вона потребує більш докладного розгляду технічних деталей та використаних технологій для впровадження подібних систем в реальних умовах.

У статті [2] запропонована архітектура та модель системи моніторингу інтенсивності звуку від транспорту в розумному місті (рис. 1.2). Система складається з рівня вимірювання, мережевого рівня та рівня додатків. Рівень вимірювання включає в себе сенсори, камеру та пристрій для моніторингу інтенсивності звуку від транспортних засобів. Мікрокомп'ютер Raspberry Pi 3 використовується для управління сенсорами та підключення до Інтернету. Використовується 4G-LTE модуль для встановлення зв'язку з доступними мережами та передачі даних в хмару. Недоліком такої системи є високе енергоспоживання Raspberry Pi, яке потребує стаціонарного джерела живлення.

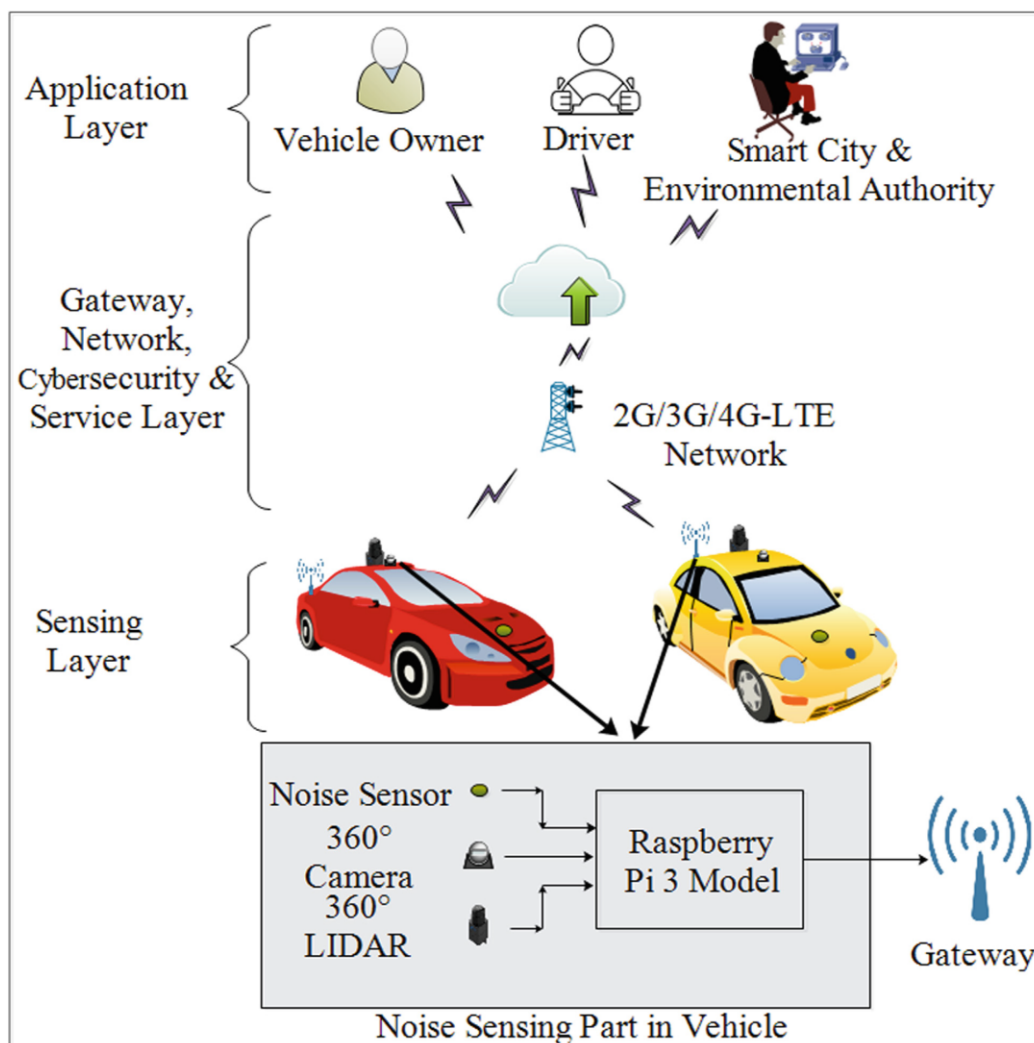


Рис. 1.2. Архітектура системи моніторингу шуму для розумного міста [2]

У статті [19] пропонується система моніторингу, що складається з датчика шуму, платформи NodeMCU та LCD. Ця система здійснює моніторинг рівня шуму та надсилає сповіщення, якщо він перевищує норми, встановлені стандартами. Дані з датчика шуму передаються в хмаровий сервер та відображаються у мобільному додатку для віддаленого моніторингу. Автори провели кейс-дослідження, використовуючи розроблений прототип для моніторингу рівня шуму на території технологічного університету в Малайзії. Вони визначили оптимальний час для навчання на основі рівнів шуму. Розроблена система моніторингу шуму може бути корисною для забезпечення комфортних умов для навчання та сприяння зменшенню шумового забруднення. Проте, стаття не враховує можливі обмеження, такі як відсутність доступності Інтернет-зв'язку в багатьох локаціях.

Автори [11] розробили систему моніторингу рівня шуму міського середовища, яка базується на платформі Arduino Uno. В якості датчика звуку використовується мікрофон, а для передавання інформації – технологія LoRa. Дані зберігаються в хмарному сховищі на платформі TTN. Цей датчик призначений для неперервного моніторингу рівня шуму в міському середовищі (рис. 1.3).

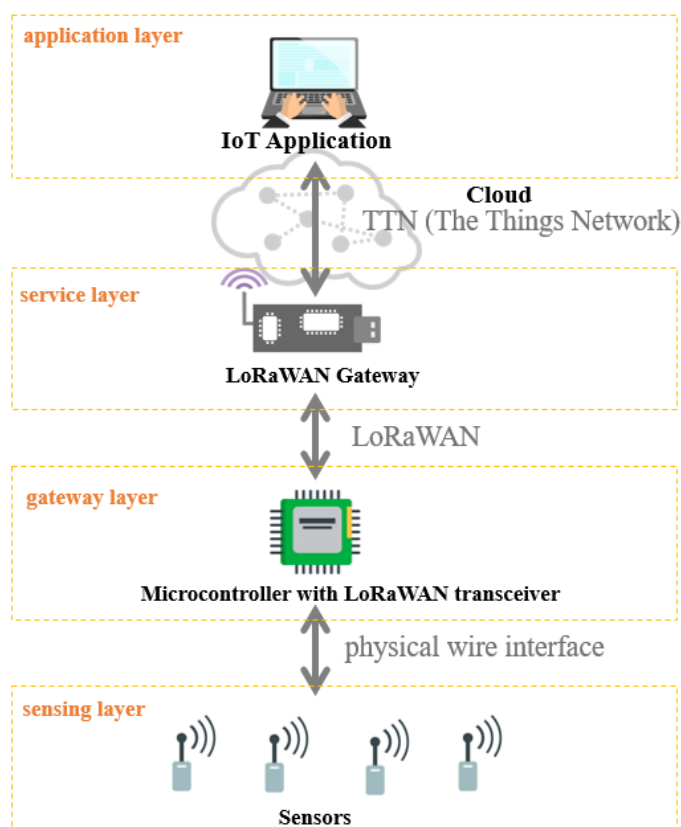


Рис. 1.3. Система моніторингу рівня шуму на основі технології LoRa [11]

Головною перевагою цієї системи є її низька вартість порівняно з іншими аналогічними системами. Проте технологія LoRa має низьку швидкість, якої може бути недостатньою для передачі великої кількості інформації в реальному часі. Крім того використання технології LoRa передбачає наявність інфраструктури мережі LoRaWAN, що обслуговує передачу даних.

В роботі [3] розглядається проблема шумних автівок на дорогах, яка стає набагато актуальнішою в сучасних містах через розвиток транспортних комунікацій поруч з житловими зонами. Шум від транспорту часто створює дискомфорт для мешканців біля магістралей, особливо вночі або зранку. У статті



пропонується автоматизована система NoivelCam для відстеження шумних автомобілів, що може бути розміщена на переходах через магістралі поруч із житловими будинками (рис. 1.4).

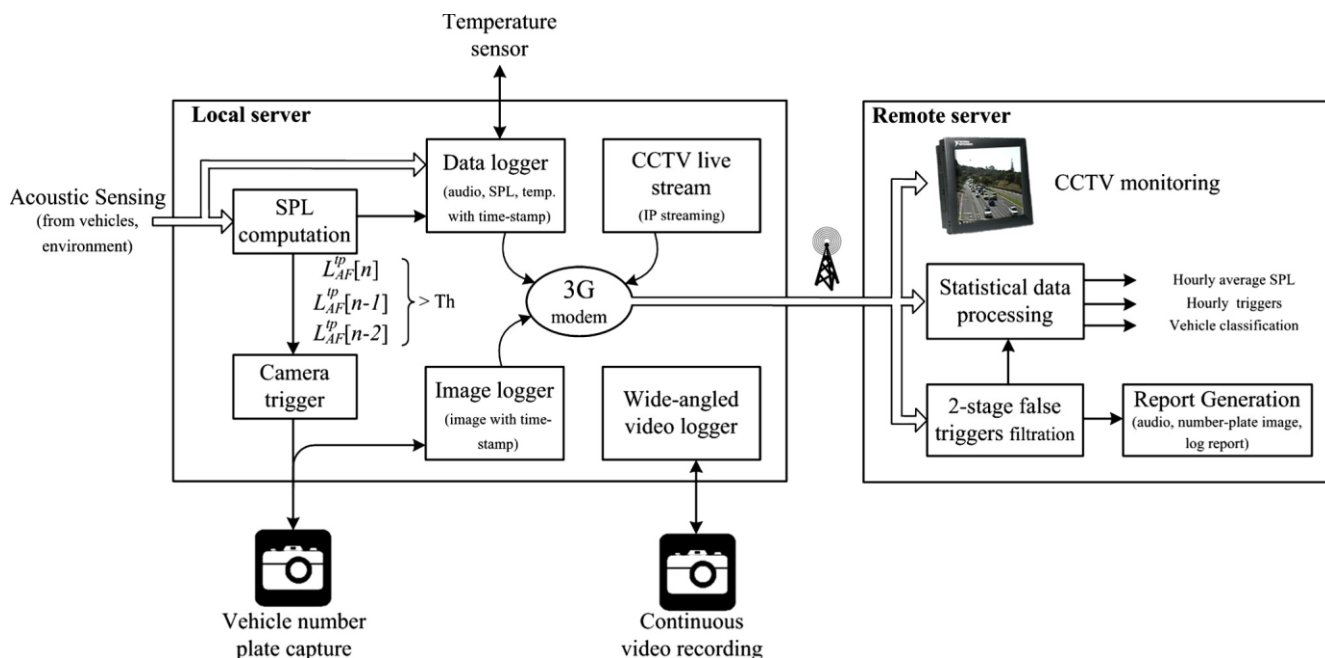


Рис. 1.4. Автоматизована система для відстеження шумних автомобілів

Система вимірює рівень шуму, який створюють автомобілі, та активує камеру для захоплення номерного знаку порушника, який перевищив певний рівень шуму. Ця інформація надає підставу для видачі попереджувальних повідомлень власникам транспортних засобів. Недоліком може бути висока вартість впровадження та підтримки системи, а також питання щодо конфіденційності даних про водіїв і їх транспортні засоби, які фіксуються системою.

Підсумовуючи, сучасний стан досліджень у галузі моніторингу рівня шуму свідчить про активний інтерес до проблеми шумового забруднення та потребу у впровадженні ефективних систем контролю та моніторингу. Проаналізувавши ці наукові досягнення, визначено, що все ще існує потреба в удосконаленні існуючих методів та підходів до моніторингу рівня шуму, зокрема, з використанням технологій ІоТ.

### 1.3. Огляд існуючих засобів для контролю рівня шуму

Один із найпоширеніших засобів вимірювання рівня шуму (ВРШ) є мікрофон. Він може бути розміщений в спеціальних точках для збору даних або вбудованим у пристрої для моніторингу. Він спроможний реєструвати акустичні сигнали, які надалі обробляються для ВРШ.

Шумоміри є ще одним поширеним засобом для ВРШ. Звукові шумоміри є пристроями для точного вимірювання звукового тиску в конкретних точках (рис. 1.5). Ці прилади зазвичай використовуються тими, хто спеціалізується на моніторингу шуму та аналізу його впливу.



Рис. 1.5. Шумомір-реєстратор

Наступним досить поширеним засобом акустичні сенсори або гідрофони, які використовуються для вимірювання звукових хвиль, що поширюються в рідині, такий як вода. Вони застосовуються, наприклад, для моніторингу шуму в морських екосистемах та інших водних середовищах.

Акустичні камери використовуються для визначення точного джерела звуку та розподілу шуму в просторі. Вони дозволяють зображувати звукові поля та аналізувати їхні властивості. Окрім вищезгаданих засобів, існують інші давачі, такі як акустичні емісійні сенсори та акустичні емісійні томографи, які можуть використовуватися для моніторингу рівня шуму.

З впровадженням сучасних смартфонів стали доступними додатки, призначені для ВРШ. Вони використовують вбудовані мікрофони для збору даних та можуть надавати інформацію про рівень шуму. Це активно залучає громадян до процесу моніторингу та надає велику кількість даних для подальшого аналізу. Ці додатки мають переваги в доступності та зручності, але їх точність може бути обмежено якістю вбудованих мікрофонів.

Для моніторингу шуму в містах створюються розподілені сенсорні мережі, які використовують багато маленьких сенсорів для збору даних про рівень шуму в різних точках міста. Ці сенсори здатні надавати реальні дані про рівень шуму на великій площі та у реальному часі. Вони підключаються до централізованої системи для аналізу даних.

Традиційні засоби вимірювання шуму надзвичайно точні, але вони часто обмежені обсягами збору даних та доступністю. Сучасні засоби моніторингу, такі як мобільні додатки та розподілені сенсорні мережі, забезпечують більш широкий обсяг даних та активно залучають громадян до процесу контролю шуму.

У статті [13] розглядаються питання впливу промислового зростання на рівень забруднення повітря шкідливими речовинами та шумом у містах. Пропонується система для моніторингу забруднення повітря та шуму за допомогою IoT, яку можна легко встановити в будь-якому місці. Система збирає дані про рівень шуму на різних ділянках і сповіщає органи влади, щоб вони могли приймати необхідні заходи для боротьби з цією проблемою. Автори запропонували використати мережу LPWAN для збору даних від давачів на великій площі та передачі їх в IoT хмару. Додатково був доданий модуль обробки SMS для використання громадськістю з метою отримання повідомлень щодо наявності шуму в конкретних місцях.

В роботі [4] обговорюються проблеми, пов'язані з шумом та забрудненням, спричиненими автотранспортом, в умовах зростаючої кількості автомобілів у світі. Автори вказують, що транспорт вносить значний внесок у забруднення повітря, викидаючи в атмосферу оксиди азоту, оксид вуглецю і інші шкідливі речовини. Більше половини оксидів азоту та оксидів вуглецю і чверть викидів вуглеводнів в атмосферу походить від транспорту. У статті пропонується система моніторингу, яка використовує IoT для контролю забруднення та шуму, створюваного автотранспортом. Система слідкує за рівнями забруднення та шуму, і якщо який-небудь транспортний засіб перевищує встановлені порогові значення, інформація про це надсилається до відповідного департаменту (рис. 1.6).

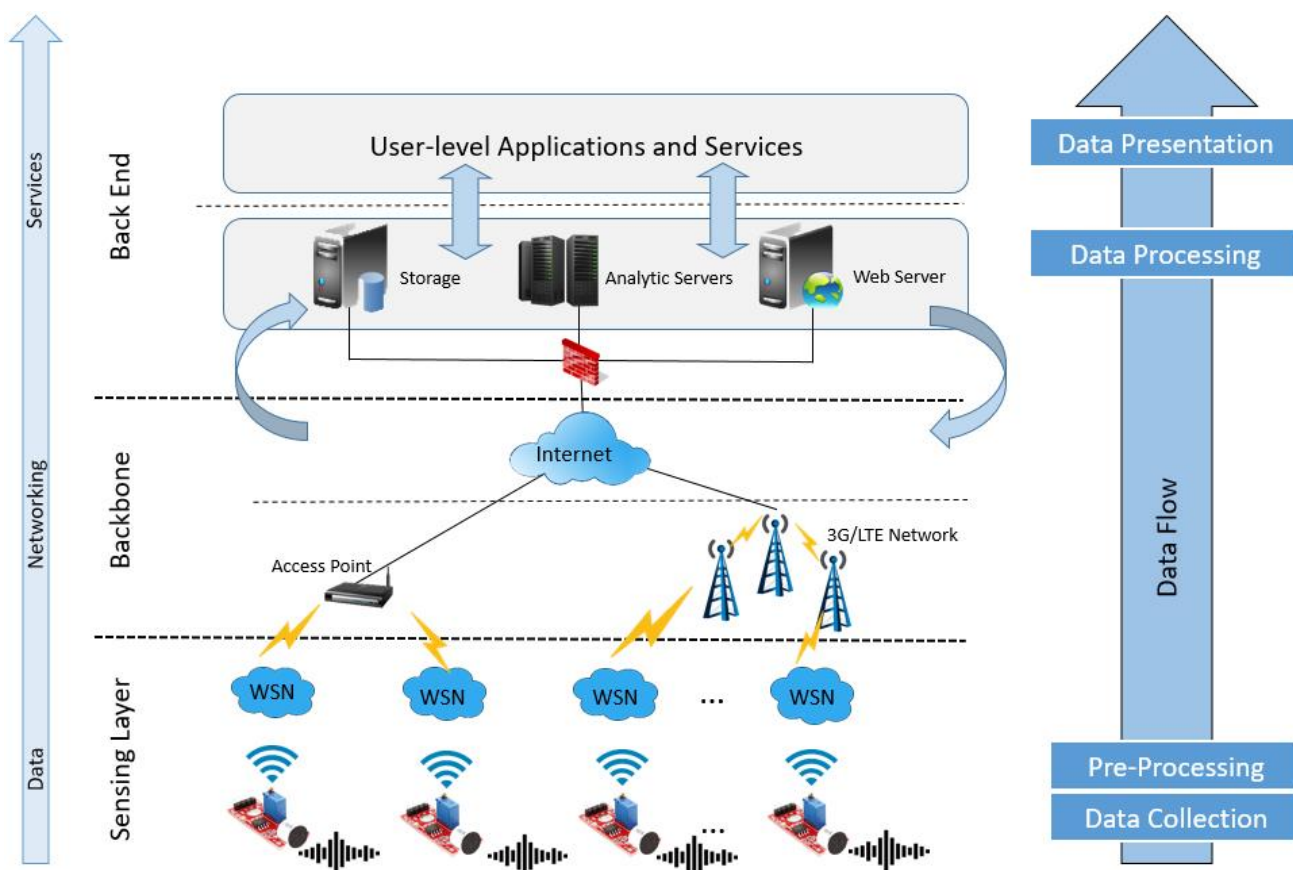


Рис. 1.6. Система моніторингу для контролю шуму від автотранспорту

Запропонована система є недорогою, простою в експлуатації і портативною. Вона надає більшу ефективність та точність за більш низьку ціну, ніж існуючі

системи. Проте, в статті не описані деталі реалізації такої системи та не враховані можливі виклики при її впровадженні в реальних міських умовах.

Стаття [5] аналізує проблему забруднення шумом у містах та пропонує архітектуру розумної системи для її зменшення. Архітектура включає в себе виявлення джерел шуму та звітність по зонам, що зазнають впливу, а також прогноз щодо шумового забруднення у місті. Для оцінки запропонованої архітектури, була розроблена система моніторингу шуму, яка визначає місця, час та рівень шуму і надає інформацію, застосовуючи методи дата-майнінгу. Результати дослідження показали, що система є перспективною для виявлення та звітування про шумове забруднення, дозволяючи владі міста зменшити кількість місць, де воно виникає. Крім того, була запропонована гіпотеза, що шумове забруднення можна передбачити, аналізуючи рівні звуку перед його виникненням. Статистичні дані підтвердили цю гіпотезу, була продемонстрована висока здатність класифікувати рівні звуку, які супроводжуються шумовим забрудненням та які не супроводжуються ним.

У статті [12] розглядається проблема шуму в містах і важливість моніторингу та прогнозування його рівня. Дослідження використовує технологію IoT для збору даних про навколишній шум. Для прогнозування шумового рівня в умовах великої кількості даних, використовується двошарова рекурентна нейронна мережа із довгостроковою пам'яттю (LSTM). Проведено порівняльний аналіз із трьома класичними моделями прогнозу: випадковим блуканням (RW), стекованим автоенкодером (SAE) і машинами опорних векторів (SVM). Запропонована модель LSTM виявилася ефективнішою за інші три класичні методи. Стаття вказує на успішність застосування мережі LSTM для прогнозування рівня шуму в реальному часі. Автори також підкреслюють, що зі збільшенням інтервалу часу, середній рівень шуму стає стабільнішим, і показники якості моделі покращуються. Також, робота вказує на те, що модель LSTM може бути успішно застосована для інших наборів даних про шум, проте можливо знадобляться деякі адаптації. Недоліком роботи є відносна простота структури моделі LSTM. Автори вказують на можливість подальшого вдосконалення для підвищення точності. Також, подальші

дослідження мають враховувати більше факторів, що впливають на шумове середовище.

Автори статті [14] пропонують використовувати потенціал сенсорів смартфонів громадян для моніторингу шуму в місті з метою створення карт шуму та надання рекомендацій міським управлінцям з питань зниження його рівня. Автори дослідження пропонують застосувати ці дані для виявлення місць із високими рівнями шуму та надання рекомендацій щодо зменшення його рівня. Недоліком може бути недостатній аналіз або урахування факторів, що впливають на точність даних, зібраних за допомогою смартфонів, такі як джерела шуму та апаратні обмеження пристроїв. Також виникають питання щодо конфіденційності даних, зібраних від громадян.

У статті [20] представлено проект повноцінної системи бездротового моніторингу рівня шуму, яка була розгорнута в місті Лінарес (Іспанія), і працювала безперервно протягом десяти місяців. Система включає в себе вузли моніторингу, мережевий дизайн, апаратну частину та ПЗ для сенсорних вузлів, протоколи та платформу для хмарного веб-сервера. Сенсорні вузли здатні вимірювати різні параметри шуму, такі як максимальні рівні та частоту. Система використовує дані для створення шумових карт. Дослідження показало, що сенсорні вузли мають хорошу продуктивність, і порівняння із комерційним шумовим вимірювачем вказує на їхню точність. Однак динамічний діапазон сенсорних вузлів обмежений 44–105 dBA, що може викликати спотворення результатів при вимірюваннях в низько шумних середовищах і особливо вночі. Стаття також вказує на проблеми, які виникали під час роботи системи, такі як перебої в живленні, атаки хакерів на хмарний сервер, а також потребу в оптимізації обробки великої кількості даних.

#### 1.4. Висновки до розділу 1

У першому розділі кваліфікаційної роботи було проведено глибокий аналіз сучасного стану досліджень у галузі моніторингу рівня шуму. Розглянуто різноманітні сфери застосування систем моніторингу шуму в різних галузях.

Здійснено детальний огляд існуючих засобів для контролю рівня шуму, включаючи традиційні та інноваційні. Виявлено, що інтерес до вивчення та вдосконалення систем моніторингу шуму росте, що свідчить про актуальність цієї проблеми в сучасному світі.

Існує значний потенціал для вдосконалення та розширення систем моніторингу рівня шуму, особливо за умов використання новітніх технологій, таких як концепція IoT. Результати цього аналізу є важливим внеском у розвиток напрямку моніторингу шуму та можуть сприяти подальшим дослідженням та впровадженню практичних рішень в даній сфері.

## РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ ДИСТАНЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ РІВНЯ ШУМУ НАВКОЛИШНЬОГО  
СЕРЕДОВИЩА

## 2.1. Теоретичні основи вимірювання рівня шуму

Звук являє собою фізичне явище, породжене рухом частинок навколишнього середовища. Звукові хвилі мають конкретну частоту та амплітуду. Шумом є хаотична та неорганізована сукупність звукових хвиль різної частоти та інтенсивності, яка має негативний вплив на людину. Шум виникає внаслідок розповсюдження механічних коливальних рухів частинок в різних середовищах: твердих, рідких чи газоподібних.

Звуковий тиск  $P$  відображає зміну стану середовища під час розповсюдження звукової хвилі. Він визначається як різниця між тиском в збудженому та тиском в незбудженому середовищі і вимірюється в паскалях. При стандартних атмосферних умовах швидкість розповсюдження звуку в повітрі становить 331 м/с.

Звук може бути сприйнятим людським вухом в частотному діапазоні 16 – 20 кГц. Звукові коливання з більшою частотою (ультразвук) та меншою частотою (інфразвук) не можуть бути сприйняті вухом людини, але можуть мати вплив на її організм. Виробничі шуми можуть виникати від механічних впливів, становлячи майже 90 % усіх джерел шуму, або мати аерогідродинамічне та електромагнітне походження.

Вплив шкідливого шуму на людину залежить від ряду факторів, включаючи рівень звукового тиску, частотний склад шуму, тривалість впливу, частоту повторення та індивідуальні особливості. Наявність окремих складових у спектрі шуму може збільшувати його подразнюючий ефект порівняно зі широко смуговим шумом. На рис. 2.1 показані чотири зони впливу шуму на людину залежно від гучності та його тривалості.



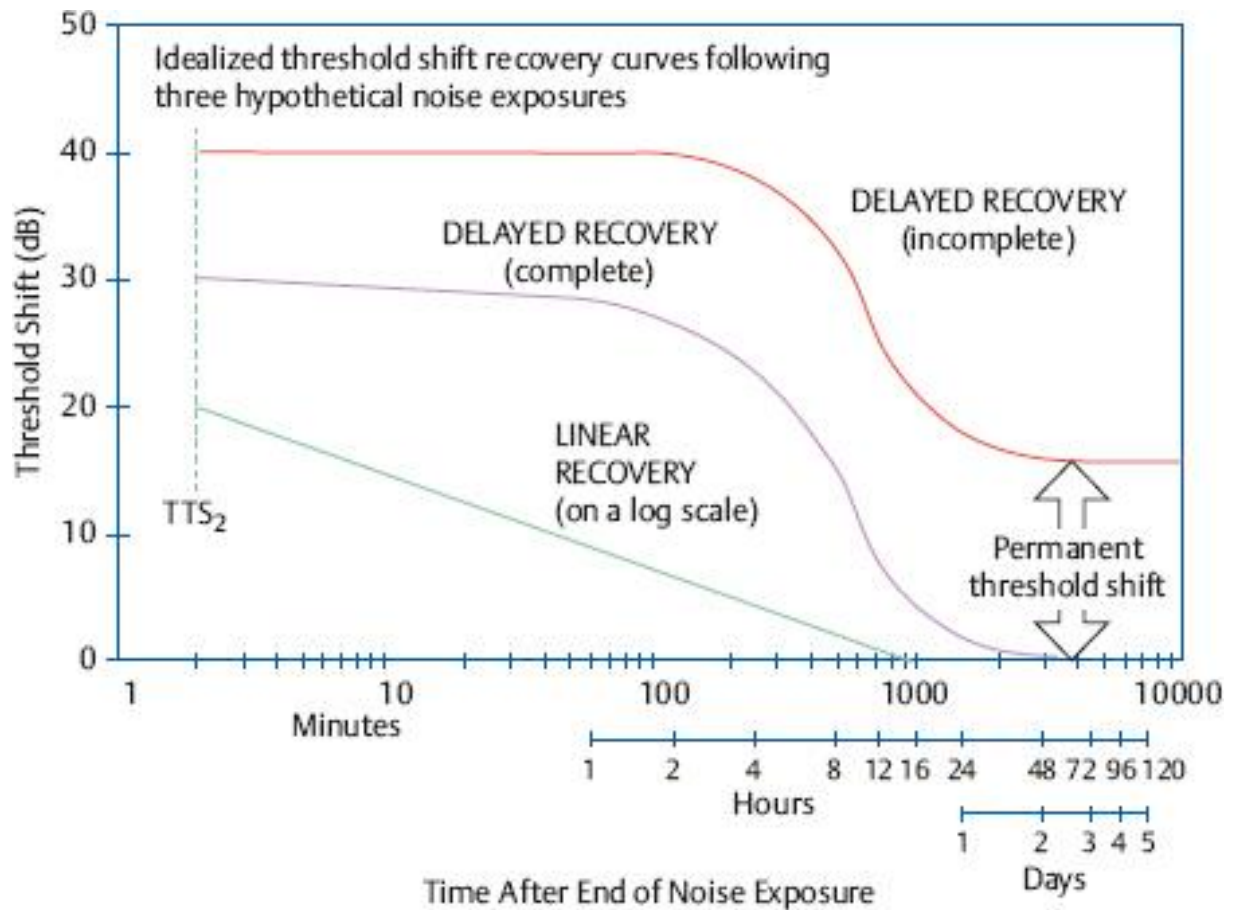


Рис. 2.1. Зони впливу шуму на людський організм

Рівень шуму і тривалість його впливу безперечно впливають на стан людини. Постійний шум, наприклад, на робочому місці, може збільшити схильність до захворювань, пов'язаних із слуховим апаратом. Тривалий вплив шуму може призвести до професійної глухоти чи втрати слуху.

У разі, коли шум перевищує певний поріг, він може спричиняти біль, а при надмірно високому рівні він стає нестерпним. Шум також негативно впливає на серцево-судинну та нервову системи. Наукові дослідження свідчать про кумулятивний ефект шуму, коли він накопичується в організмі, призводячи до багатьох захворювань. Кожен децибел, який перевищує допустимий рівень, знижує продуктивність працівника на 1%, та збільшує шанс втрати слуху на 1,5 %.

Допустимі та максимальні рівні звукового тиску та шуму, який поширюється у приміщеннях різних типів наведені в табл. 2.1.

## Допустимі та максимальні рівні звукового тиску та шуму

Призначення приміщень та територій	Рівні звукового тиску, дБ, в октавних рівнях частот з середніми частотами, Гц								Рівні шуму, дБ	Максимальний рівень звуку, дБ
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
Палати лікарень, операційні лікарень	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50
Робочі місця в приміщеннях (програмісти, лабораторії для теоретичних робіт)	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Кімнати вчителів, аудиторії шкіл	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55
Житлові кімнати	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55
Робочі місця в приміщеннях (цех управління)	93	83	74	68	63	60	57	55	54	64
Робочі місця водіїв та обслуговуючого персоналу	100	87	79	72	68	65	63	61	59	70
Робоче місце за пульта дистанційного управління	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
Виробничі приміщення	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
Кабіни машиністів поїздів	99	95	87	82	78	75	73	71	69	80
Робочі місця в кабінах літаків	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Загалом, від рівня шуму залежать різні ступені його впливу на людину:

- повна відсутність шуму є несприйнятною, оскільки абсолютна тиша може пригнічувати, і тривалий період у повній тиші може призвести до психічних розладів;
- шум рівня 20-60 дБ є шумовим фоном, який постійно впливає на людину в її повсякденній діяльності, його вплив залежить від індивідуального сприйняття;
- шум рівня 60-80 дБ має психологічний вплив і може призводити до значного навантаження на нервову систему;
- шум рівня 80-110 дБ вже має фізіологічний вплив і може призвести до змін в організмі людини, він впливає на слух та може спричинити захворювання;
- шум, що перевищує 110 дБ небезпечний для органів слуху і може спричинити травми, зокрема розрив барабанної перетинки, при рівнях понад 140 дБ.

## 2.2. Методи визначення акустичних характеристик шуму

Основні характеристики шуму включають інтенсивність звуку  $I$  та звуковий тиск  $P$ . Вплив на слуховий апарат людини залежить від середнього квадрата звукового тиску  $P(t)$ :

$$P^2 = \frac{1}{T} \int_0^T P^2(t) dt, \quad (2.1)$$

де  $P(t)$  – різниця між повним та середнім тиском в середовищі без звукового впливу,  $T$  – період усереднення, що становить від 30 до 100 мс для людського слуху.

Під час поширення звукової хвилі переноситься енергія. Інтенсивність звуку визначається кількістю енергії, яку звукова хвиля передає протягом одиниці часу через одиницю площі. Звуковий тиск вимірюють в паскалях (Па), де  $1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$ , тоді як інтенсивність звуку вимірюється в  $\text{Вт/м}^2$ .

$$I = \frac{p^2}{\rho C}, \quad (2.2)$$

де  $C$  – швидкість поширення звуку (м/с);  $\rho$  – щільність середовища (кг/м<sup>3</sup>).

Звук, який може розрізнати людський слух, обмежується не лише частотним діапазоном, але і певними пороговими значеннями інтенсивності звуку і звукового тиску. Мінімальні значення, які відповідають пороговій чутності, становлять  $P_0 = 2 \times 10^{-5}$  Па та  $I_0 = 10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup> при частоті 1 кГц. Ці значення розпізнаються лише людьми із дуже гострим слухом (приблизно 1% від загальної кількості досліджуваних). В 50% людей поріг чутності лежить на 15 дБ вище середнього.

Слуховий апарат людини реагує на звуки різної частоти з різною чутливістю. Найвища чутливість спостерігається для середніх і високих частот (від 800 Гц до 4 кГц), тоді як для низьких частот (від 20 до 100 Гц) чутливість найнижча. Звуки з однаковою інтенсивністю, але різною частотою, сприймаються як різні за гучністю. Тому для оцінки впливу шуму на людину застосовуються криві рівня гучності. Для приведення результатів об'єктивних вимірювань шуму у відповідність зі суб'єктивним сприйняттям вводять рівень інтенсивності – корекційний рівень звукового тиску. Віє досягається за допомогою корекцій, які залежать від частоти звуку та включаються до значень (шляхом врахування частотної характеристики шумоміра). Ці корекції мають міжнародні стандарти. Найпоширенішою є корекція типу "А" (табл. 2.2). Таким чином, рівень шуму – це скорегований рівень звукового тиску, який вимірюється в децибелах (дБ).  $L = L_A - \Delta L_A$ .

Таблиця 2.2

### Стандартне значення корекції типу "А"

Частота	Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Корекція $L_A$	дБ	26,3	16,1	8,6	3,2	0	-1,2	-1,0	-1,0

### 2.3. Методи розрахунку спектрального складу шуму

Для розробки методів контролю рівня шуму і порівняння його характеристик, важливо мати інформацію про його спектральний склад та інтенсивність. Спектральною площиною називають рівні звуку в межах смуги шириною 1 Гц. Спектр шуму – це залежність звукових рівнів від частоти. Постійний шум можна розкласти в ряд Фур'є на окремі тональні (синусоїдальні, гармонійні) компоненти з вказанням частоти та інтенсивності кожного звуку (рис. 2.6).

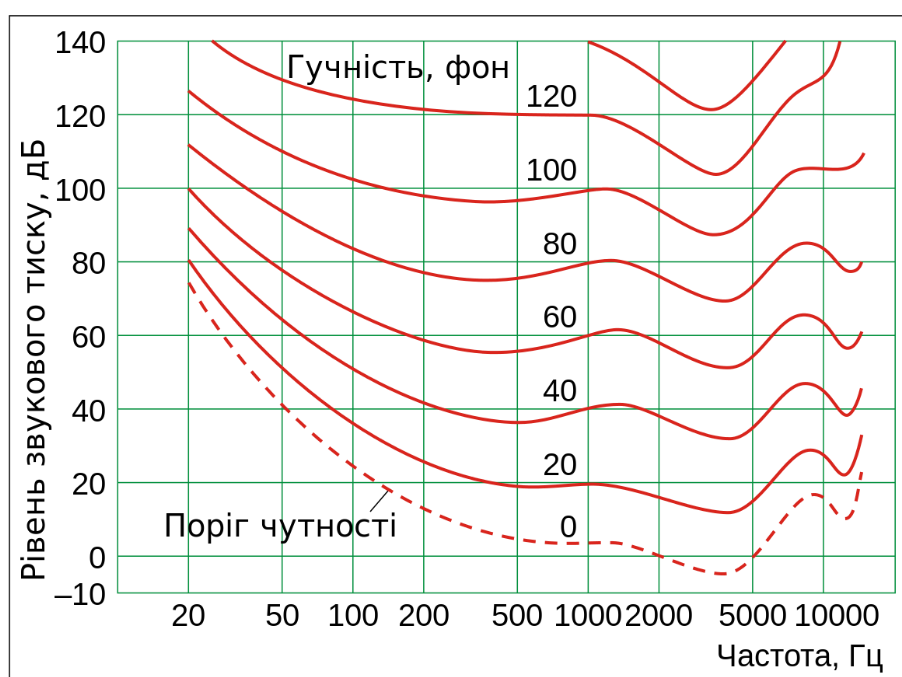


Рис. 2.6. Криві рівнів гучності та зв'язок між рівнем звукового тиску та частотою при певній гучності

Для розрахунку спектрального складу шуму, використовується метод швидкого перетворення Фур'є, що дозволяє уникнути застосування смугових фільтрів. Для знаходження спектральних складових шуму, існують два підходи.

Перший підхід включає в себе використання алгоритму швидкого перетворення Фур'є та розрахунок гармонічних складових з використанням віддаленого сервера. Це спрощує процес вибору мікроконтролера, оскільки вимоги до нього знижуються, що дозволяє знизити вартість системи.

Другий підхід передбачає застосування мікроконтролерів з вищою обчислювальною потужністю. Це необхідно для виконання алгоритму швидкого перетворення Фур'є безпосередньо на мікроконтролері, а потім передачі отриманих гармонічних складових на сервер.

У цьому дослідженні пропонується використовувати технологію туманних обчислень для обробки даних щодо обрахунку спектральних складових шуму. Основна перевага полягає в тому, що обчислення проводяться на локальному рівні, ближче до джерела генерації даних, використовуючи потужність сучасних мікроконтролерів. Цей підхід має декілька переваг.

По-перше, він дає змогу зменшити навантаження на централізовані обчислювальні ресурси, так як значна частина обчислень виконується на місці генерації даних. Це сприяє раціональному розподілу обчислювального навантаження та знижує залежність від централізованих серверів чи хмарних ресурсів.

По-друге, обробка даних на локальному рівні дозволяє значно скоротити час відгуку. Відсутність необхідності передавати дані на віддалений сервер для обробки робить можливим отримання результатів обчислень швидше. Це особливо важливо в додатках, де потрібна низька латентність, такі як системи реального часу чи IoT мережі.

По-третє, цей підхід сприяє зменшенню обсягу даних, які потрібно передавати через мережу. Оскільки обробка даних відбувається наближено до їх джерела, передача результатів обчислень вимагає менше пропускну здатності мережі, що зменшує навантаження на неї і забезпечує ефективніше використання ресурсів.

Отже, використання технології туманних обчислень для обрахунку спектральних складових шуму на локальному рівні виявляється досить перспективним підходом для поліпшення обробки і аналізу даних у цій сфері.

## 2.4. Аналіз існуючих методів вимірювання рівня шуму

Гучність – це суб'єктивне відчуття, яке дозволяє слуховій системі упорядковувати звуки починаючи від тих, які є "тихими" (мають низьку інтенсивність), до тих, які є "гучними" (мають велику інтенсивність).

Для вимірювання рівня гучності шуму застосовуються два основні підходи:

- стандартні вимірювання, які використовують стандартизовані методи та вимоги стандартів;
- нестандартні вимірювання, що використовуються для специфічних завдань та наукових досліджень.

Порівнюючи та аналізуючи різні методи, які використовуються для вимірювання шуму в оточуючому середовищі, можна обрати оптимальний підхід для розробки системи моніторингу на базі Інтернету речей.

Дистанційний контроль рівня шуму є важливим аспектом сучасного моніторингу та контролю шуму в містах. Існують різні теоретичні підходи та технології для реалізації дистанційного контролю рівня шуму, які спрямовані на забезпечення надійного та ефективного моніторингу.

Для ВРШ використовуються різні типи акустичних сенсорів та мікрофонів. Ці сенсори здатні фіксувати акустичні коливання та перетворювати їх на електричні сигнали для подальшого аналізу. Дистанційний контроль рівня шуму вимагає передачі даних з сенсорів до центральної системи моніторингу. Для цього використовуються різні телекомунікаційні технології, включаючи Інтернет чи спеціалізовані бездротові мережі. Тут важливу роль відіграє забезпечення надійності зв'язку при передачі даних.

Отримані дані від сенсорів піддаються аналізу та обробці. Теоретичні підходи включають аналіз часових рядів шуму, визначення статистичних параметрів шуму, таких як середнє значення, медіана, та інші метрики.

Сучасні системи дистанційного контролю рівня шуму використовують методи штучного інтелекту, такі як машинне навчання та нейронні мережі, для автоматичного аналізу та класифікації шуму. Ці підходи базуються на теоретичних концепціях інтелектуального аналізу даних.

Для візуалізації та аналізу рівня шуму в містах використовуються шумові карти, які базуються на геоінформаційних системах та принципах просторового аналізу. Теорія геоінформатики та картографії використовується для створення цих карт.

Усі ці теоретичні аспекти дистанційного контролю рівня шуму спільно визначають ефективність та точність систем моніторингу та дозволяють якісно вирішувати питання контролю шуму в міських районах.

У статті [10] пропонується метод моніторингу шуму в містах за допомогою нейромережі (рис. 2.2).

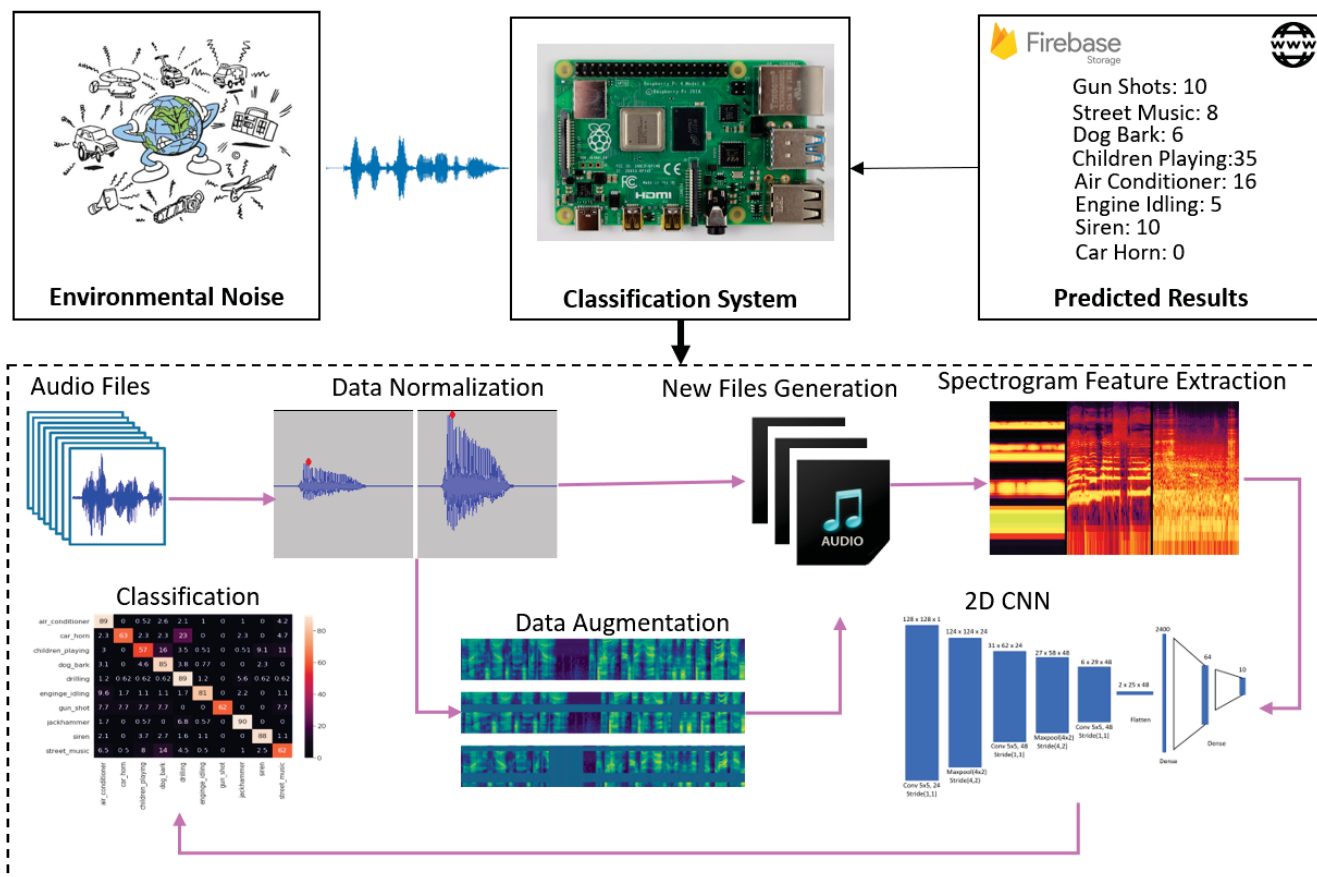


Рис. 2.2. Метод моніторингу шуму в містах з використанням нейромережі [10]



Запропонований метод передбачає класифікацію аудіозвуків в реальному часі та зберігання їх в хмарі Google для подальшого використання. Специфіка шуму в містах ускладнює завдання розпізнавання звуків в реальному часі. Для вирішення цього завдання використовується вбудована система на базі Raspberry Pi 4 та методи глибокого навчання. Запропонований підхід включає методи нормалізації та аугментації даних, застосування нейромережі 2D CNN з використанням фреймворку TensorFlow на Raspberry Pi 4. Модель класифікації продемонструвала вражаючу ефективність з точністю близько 95% за допомогою набору даних Urban sound. Це свідчить про успішність запропонованого методу для моніторингу шуму в міському середовищі за допомогою концепції IoT.

У [21] автори запропонували метод вимірювання рівня та спектрального складу шуму в приміщеннях. Описана структура та принцип роботи запропонованого пристрою, до складу якого входить: вимірювальний модуль, що включає мікрофон для перетворення акустичних коливань в електричний сигнал, фільтр низької частоти для виділення звукового діапазону і мікроконтролер з вбудованим АЦП, WiFi модуль для передачі вимірюваних даних на сервер та веб-додаток для відображення результатів вимірювання на ПК (рис. 2.3).

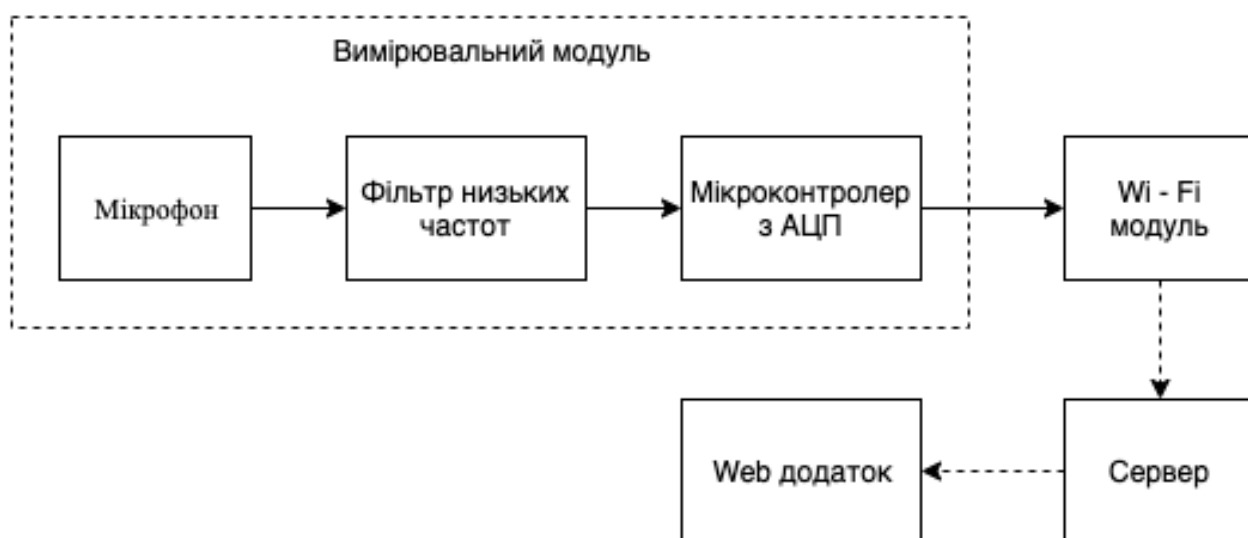


Рис. 2.3. Прилад для аналізу спектральних характеристик шуму [21]

Автори розглядають два можливі підходи до визначення спектрального складу шуму: виконання швидкого перетворення Фур'є безпосередньо на мікроконтролері та виконання його на сервері. В статті обраний другий підхід, оскільки він знижує вимоги до продуктивності мікроконтролера. Запропонована система може використовуватись для вимірювання рівнів та спектральних складових шуму в приміщеннях, причому вона є дешевшою і надійнішою порівняно з існуючими аналогічними пристроями на ринку.

Ще один метод оцінки шумового забруднення описаний у статті [22]. Автори запропонували проводити вимірювання шуму у місті Нагпур в Індії за допомогою шумоміра, встановленого на велосипеді. Дані фіксувалися впродовж 5 хвилин в кожному місці під час інтенсивного руху вранці та ввечері з інтервалом в 1 секунду. Еквівалентні рівні шуму переносилися в систему геоінформаційного моделювання, і використовувалися інструменти просторового аналізу для створення карт шуму та розробки стратегій зменшення його рівня. Велосипед є тихим транспортним засобом, і саме тому його використовували для моніторингу рівня шуму в понад 700 локацій у місті. Загалом, стаття пропонує інноваційний підхід до моніторингу шуму в місті та вважає використання велосипедів для цієї мети ефективним способом, особливо у вузьких та переповнених вулицях. Недоліком такого підходу можна вважати відсутність автоматизації процесу вимірювання та неможливість охоплення всіх джерел шуму у місті.

В роботі [2] запропоновано використати методи машинного навчання для моделювання алгоритмів (рис. 2.4), які допомагають виявити джерело шуму, визначати, чи є шум від транспорту, та розпізнавати вид шуму (наприклад, від сигналу гудка або двигуна). Зібрані дані категоризуються та передаються в хмарний сервер для зберігання. Користувачі можуть моніторити рівень шуму в реальному часі та отримувати щомісячні звіти за допомогою смартфонів і комп'ютерів для прийняття необхідних заходів щодо зменшення звукового забруднення в місті. Проте у статті не висвітлені технічні деталі стосовно реалізації цього методу.

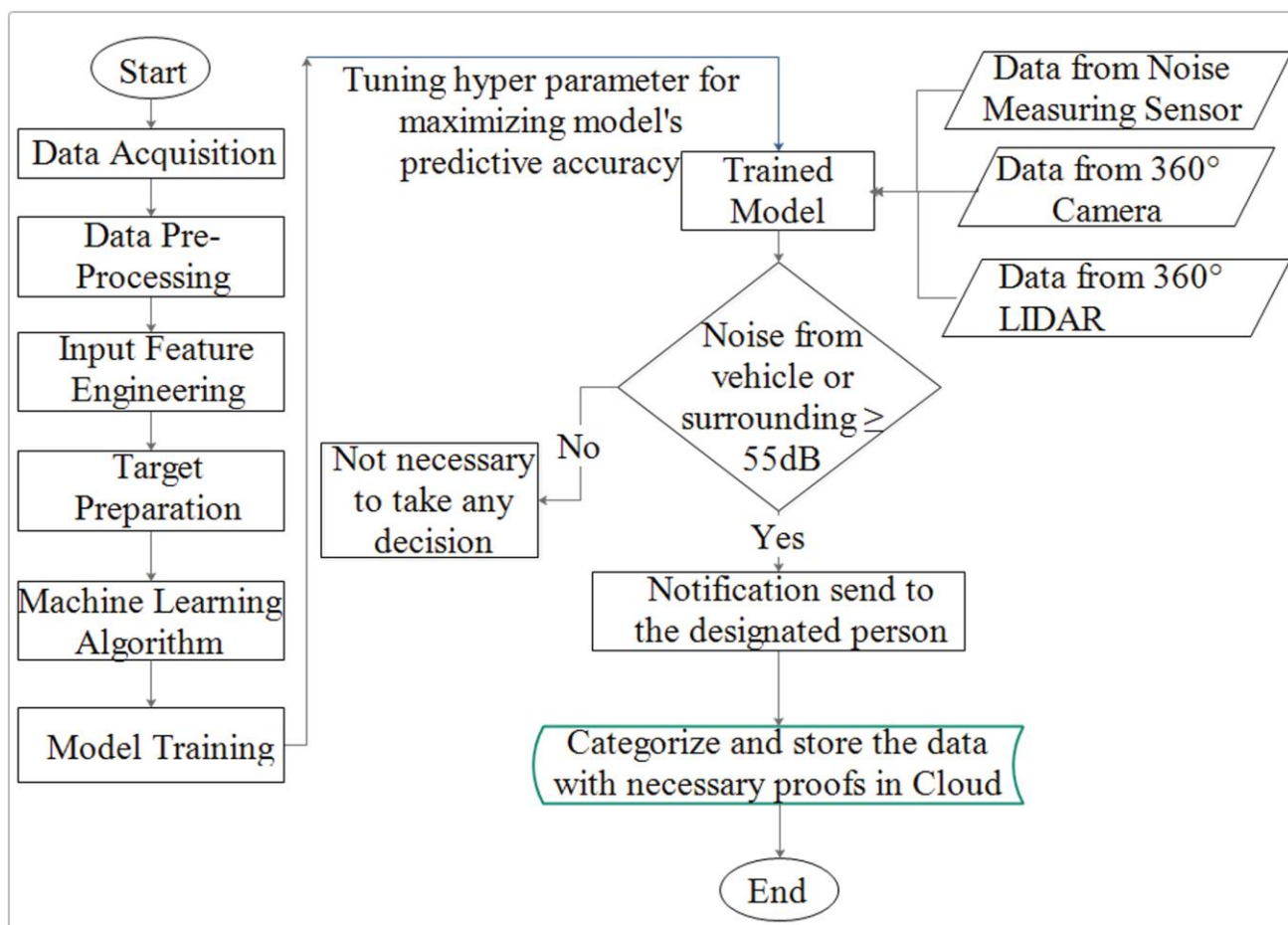


Рис. 2.4. Алгоритм машинного навчання системи моніторингу шуму для розумного міста [2]

У статті [23] обговорюється метод контролю акустичної обстановки, і особливий акцент робиться на розгортанні та постійному функціонуванні систем акустичного моніторингу (САМ) як найбільш ефективного методу. Розглядаються принципи побудови вимірювальних засобів для САМ. Вимірювальний комплекс розробляється для безперервного акустичного спостереження та передачі результатів спостережень. Однак у статті відсутні деталі стосовно реалізації цих принципів, а також відсутня інформація про практичні дослідження або приклади їх використання в реальних умовах.

У науковій публікації [24] описується процес розробки системи для моніторингу рівня шуму і візуалізації даних за допомогою веб-додатка (рис. 2.5).

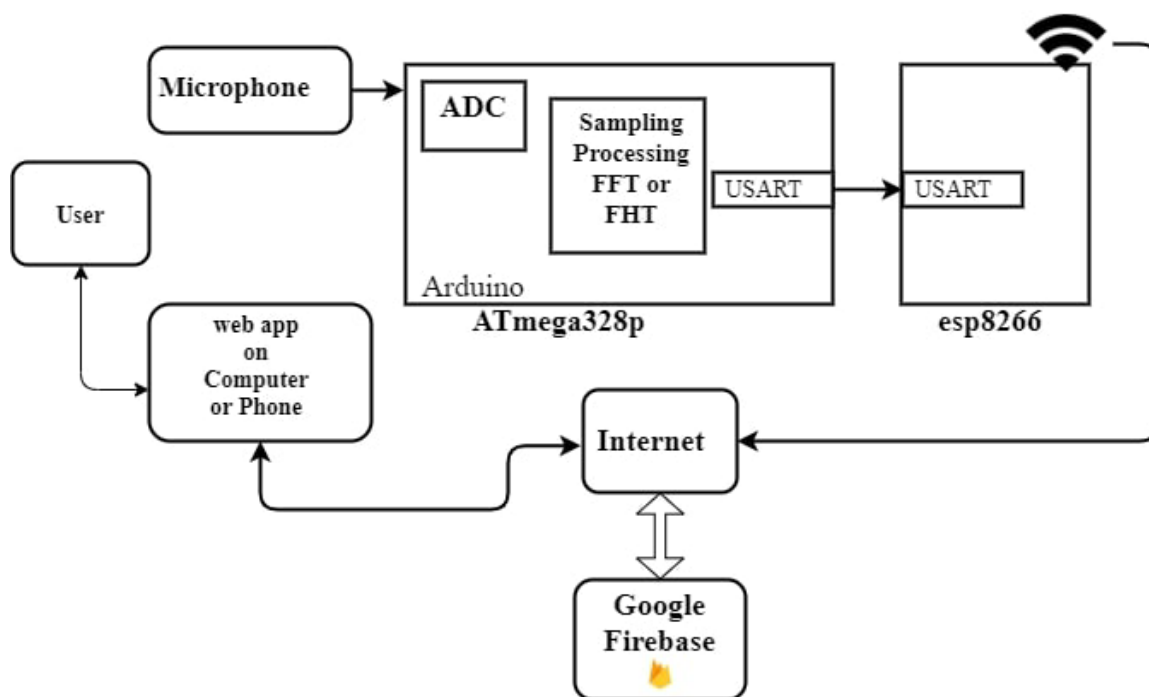


Рис. 2.5. Система для моніторингу рівня шуму [24]

Система використовує кілька вузлів, підключених до Інтернету, для вимірювання інтенсивності звуку. Кожен вузол містить апаратні модулі Arduino та ESP8266, які вимірюють рівень звуку за допомогою датчика та передають до бази даних через веб-API. Дані з усіх вузлів відображаються на веб-додатку на картах Google. Така система є корисною для моніторингу та зменшення шумового впливу. Недоліком її може бути обмеженість покриття та низька точність даних, залежність від розташування вузлів, а також потреба в доступі до Інтернету. Ще однією можливою проблемою є потреба в підтримці та обслуговуванні апаратних вузлів.

Автори статті [6] висвітлюють важливість моніторингу рівня шуму, особливо в контексті зростання автомобільного трафіку та збільшення рівня забруднення повітря. Методи, запропоновані у статті, включають використання даних з різних сенсорів, їх передачу за допомогою GSM модуля до хмарних серверів. Незважаючи на вказані переваги системи, важливо враховувати, що вона буде дієвою лише в разі відповідного реагування на отримані дані та вжиття заходів щодо зменшення шуму, але стаття не містить інформації про реалізацію таких можливостей.

## 2.5. Інноваційні технології та IoT-підходи до моніторингу рівня шуму

У сучасному світі IoT стає все більше популярним, завдяки чому відкривається безмежні можливості для моніторингу параметрів навколишнього середовища, зокрема, для контролю рівня шуму в містах. Інноваційні технології та підходи IoT відкривають нові можливості для збору, моніторингу і аналізу інформації про рівень шумового забруднення (рис. 2.7).

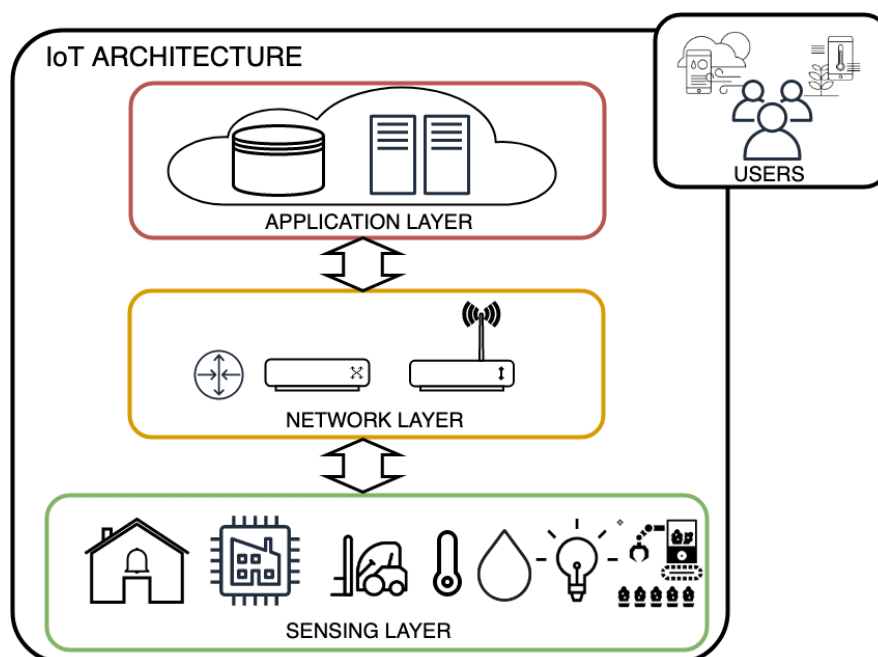


Рис. 2.7. Архітектура IoT

Зокрема, IoT дозволяє використовувати розподілені сенсори, які розміщені в різних точках міста і оснащені мікрофонами для ВРШ та інших параметрів, таких як концентрація шкідливих речовин, температура тощо. Інформація, зібрана з цих сенсорів, може бути передана в реальному часі на централізований сервер для подальшої обробки та аналізу.

Додатки для мобільних пристроїв, розроблені з використанням IoT-технологій, дозволяють громадянам здійснювати моніторинг рівня шуму в реальному часі. Користувачі можуть вимірювати шумове забруднення в своєму районі та надсилати ці дані до центральної системи для аналізу.

За допомогою IoT можна збирати великий обсяг даних про рівень шуму протягом тривалого часу. За допомогою аналізу цих даних та використання різноманітних алгоритмів машинного навчання можна прогнозувати та ідентифікувати шумові та забруднюючі джерела. Це допомагає містам розробляти більш ефективні стратегії зменшення шуму.

В рамках концепції Інтернету речей можна створювати шумові карти, що відображають рівні шуму в різних частинах міста в реальному часі. Ці карти можуть бути доступні громадськості та служити інструментом для прийняття рішень щодо зменшення шуму. IoT також сприяє оптимізації розташування сенсорів та моніторингових точок для більш точного контролю шуму. Це дозволяє містам ефективніше використовувати ресурси та розробляти програми зменшення шуму.

Завдяки IoT можна забезпечити публічний доступ до даних про рівень шуму. Громадськість може перевіряти дані та сприяти більшій свідомості щодо проблеми шумового забруднення.

Незважаючи на інноваційність та обіцяні можливості IoT для контролю шуму в містах, існують певні виклики та проблеми. Однією з них є забезпечення конфіденційності даних, зокрема в особистих додатках для громадян. Також важливо розглядати аспекти стандартизації та нормативного регулювання для впровадження IoT-технологій у сферу контролю шуму в містах.

IoT відкриває нові можливості для збору і обробки даних про рівень шуму у міському середовищі, але водночас має свої обмеження. З одного боку, IoT-технології надають можливість встановлення великої кількості давачів шуму в різних районах міста. Це дозволяє отримувати дані про рівень шуму та створювати докладні шумові карти. Однак це також вимагає великих витрат на обладнання та підтримку мережі давачів.

Крім того, IoT дозволяє передавати дані в реальному часі та забезпечувати швидкий доступ до інформації про шум для відповідних служб та громадськості. Але важливо враховувати, що передача великої кількості інформації може призвести до збільшення навантаження на мережу.

IoT-системи моніторингу шуму можуть мати обмеження при вимірюванні низькочастотного шуму, оскільки датчики можуть бути менш чутливими до низькочастотних звуків. Ще однією обмеженістю є можливість виникнення помилок вимірювань через різноманітні фактори, такі як атмосферні умови чи перешкоди для звуку. Це може вимагати додаткових алгоритмів обробки даних для виправлення неточностей.

IoT-технології мають значний потенціал для вимірювання та контролю рівня шуму у містах, проте їх використання вимагає вирішення численних технічних питань. Забезпечення надійної комунікації є однією з ключових вимог до систем дистанційного моніторингу рівня шуму в міському середовищі. В процесі вимірювання шуму важливо мати можливість передавати дані від сенсорів до центральних систем моніторингу без перерв та втрат інформації.

Технології передачі даних через бездротовий зв'язок відіграють важливу роль у системах моніторингу шуму. Вибір конкретного бездротового протоколу залежить від розміщення сенсорів та вимог до відстані на яку потрібно передавати дані.

Слід також враховувати вимоги до забезпечення низької затримки передачі даних. В разі моніторингу шуму важливо отримувати дані в реальному часі, щоб вчасно реагувати на можливі надмірні рівні шуму. Тому вибір методу передачі інформації повинен бути спрямованим на забезпечення низького рівня затримки.

Один із способів обробки даних про рівень шуму в IoT-системах є використання хмарних сервісів. Дані з сенсорів можуть бути надіслані до хмари, де вони обробляються, зберігаються та аналізуються.

Таким чином, засоби комунікації в системах дистанційного моніторингу рівня шуму повинні враховувати вимоги до низької затримки, безпеки та ефективності мережі для передачі даних. Вибір конкретних технологій та протоколів повинен відповідати потребам проєктованої системи та умовам її реалізації.

## 2.6. Висновки до розділу 2

У другому розділі кваліфікаційної роботи були розглянуті теоретичні аспекти вимірювання рівня шуму, включаючи методи визначення акустичних характеристик та розрахунку спектрального складу шуму. Проаналізовано різноманітні методи вимірювання рівня шуму.

Особлива увага була приділена інноваційним технологіям та підходам до моніторингу рівня шуму з використанням концепції IoT. Висвітлено можливості застосування бездротових технологій для дистанційного контролю за рівнем шуму та передачі даних на хмарні IoT-платформи. Сучасні методи та технології дозволяють вдосконалити системи моніторингу рівня шуму, роблячи їх більш доступними та ефективними для використання в різних сферах.

В результаті роботи над другим розділом отримано важливі відомості про існуючі рішення та потенціал використання IoT для моніторингу шуму в міському середовищі. Ці знання стануть основою для розробки та реалізації системи моніторингу шуму з використанням IoT-технологій в подальших розділах кваліфікаційної роботи.



## РОЗДІЛ 3

## РЕАЛІЗАЦІЯ АПАРАТНО-ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ РІВНЯ ШУМУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

## 3.1. Проектування апаратної складової системи моніторингу рівня шуму

3.1.1. Структурна схема системи для моніторингу рівня шуму на основі IoT включає компоненти, які взаємодіють між собою для ефективного функціонування (рис. 3.1).

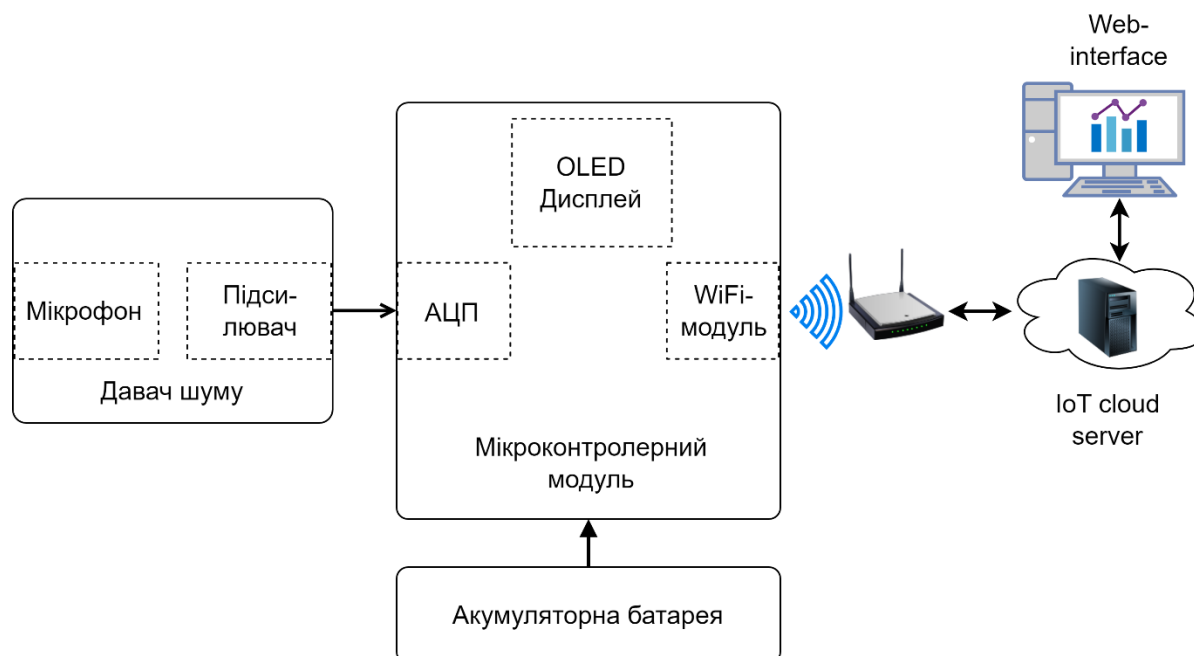


Рис. 3.1. Структурна схема системи для моніторингу рівня шуму

Сенсор шуму, який містить мікрофонний модуль та підсилювач звукових сигналів використовується для збору аудіосигналів з навколишнього середовища. У даному випадку, використовується модуль мікрофона MAX9814, який забезпечує обробку аудіоданих.

Мікроконтролерний модуль TTGO ESP32 виступає в ролі центрального обчислювального вузла. Він обробляє отримані аудіодані, керує іншими компонентами та забезпечує підключення до Інтернету для передачі інформації.

Засоби безпроводного зв'язку забезпечують можливість обміну інформацією між мікроконтролером та іншими пристроями чи хмарою через бездротову мережу. Хмарна інфраструктура включає IoT сервер (Cloud), який приймає дані від мікроконтролера через Інтернет та забезпечує їхнє зберігання та аналіз. Візуальний інтерфейс, який реалізований дисплеєм (T-Display), що дозволяє відображати інформацію про рівень шуму та інші параметри на самому пристрої. Крім того, результати моніторингу рівня шуму відображаються за допомогою веб-інтерфейсу IoT платформи. Живлення системи забезпечується акумуляторною батареєю, що дозволяє пристрою працювати незалежно від електричної мережі.

Ці компоненти узгоджено працюють для надання повноцінного моніторингу рівня шуму та умов оточуючого середовища з можливістю віддаленого доступу до даних через Інтернет.

3.1.2. Модуль TTGO ESP32 – це компактний інтегрований пристрій, обладнаний мікроконтролером ESP32 від Espressif Systems та вбудованим 1,14-дюймовим OLED-дисплеєм з роздільною здатністю 135x240 пікселів (рис. 3.2). Цей модуль призначений для розробки проектів IoT та інших застосувань, де важлива можливість комунікації з користувачем та відображення даних в реальному часі.

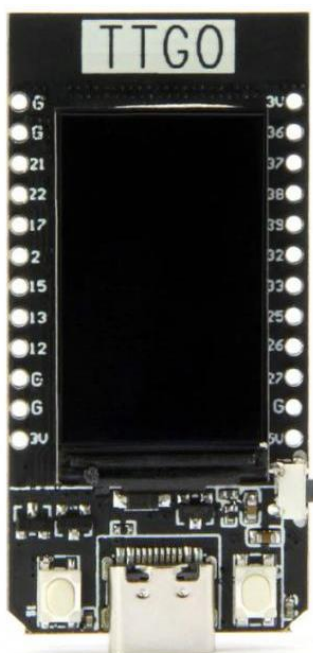


Рис. 3.2. Зовнішній вигляд модуля TTGO ESP32

Мікроконтролер ESP32 на цьому модулі підтримує WiFi, що дозволяє підключати пристрої до бездротових мереж. Вбудований OLED-екран розміром 1,14 дюйма надає можливість відображати текст та графіку в реальному часі без необхідності підключення зовнішніх дисплеїв. Поміж інших характеристик модуль також включає роз'єми для з'єднання зовнішніх пристроїв, таких як сенсори чи джерела живлення, а також має кнопки для взаємодії з пристроєм. Він підтримує популярні середовища розробки, такі як Arduino чи PlatformIO IDE, що спрощує процес програмування та розробки проектів. Функціональне призначення виводів модуля TTGO ESP32 показано на рис. 3.3.

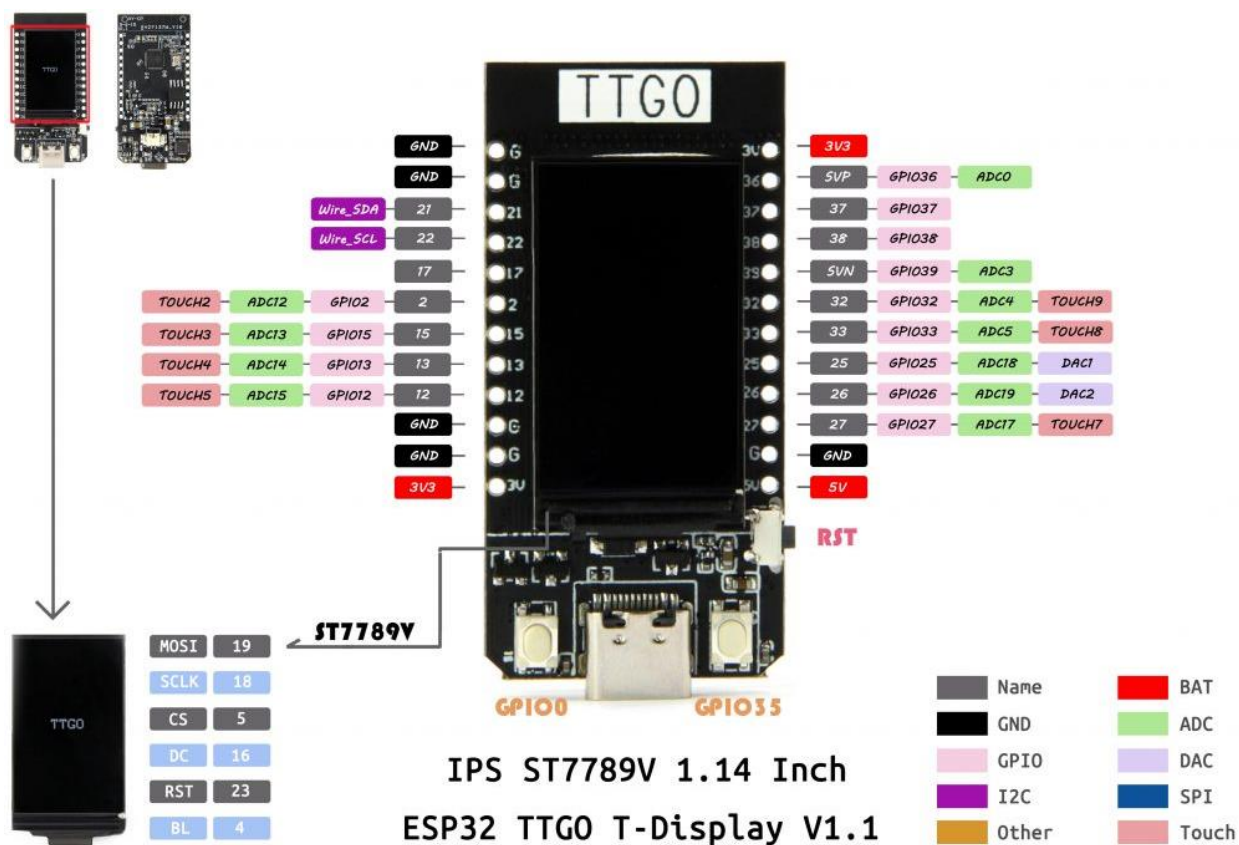


Рис. 3.3. Функціональне призначення виводів модуля TTGO ESP32

Модуль живиться від літій-полімерної батареї або через USB-порт, що надає йому мобільність та портативність. TTGO T-Display ESP32 володіє потужними можливостями для розробки прототипів та проектів IoT, де важлива комбінація мікроконтролера ESP32 та OLED-дисплею для відображення даних та взаємодії з користувачем.

3.1.3. Модуль мікрофона MAX9814 – це сучасний аудіо-підсилювач, призначений для збору та обробки звукових сигналів (рис. 3.4). Одна з його переваг – можливість налаштування рівня посилення звуку. Це дозволяє використовувати модуль у різних умовах, а також при змінній гучності звуку.



Рис. 3.4. Зовнішній вигляд модуля мікрофона MAX9814

Важливою характеристикою MAX9814 є наявність автоматичного регулювання підсилення, яке пригнічує "гучні" звуки, щоб уникнути перевантаження підсилювача, тоді як "тихі" звуки посилюються. Це робить модуль ефективним при роботі з звуками різної гучності.

Модуль працює в широкому діапазоні напруг живлення (2,7 – 5,5 В) і споживає низький рівень струму (лише 3 мА), що робить його сумісним із багатьма джерелами живлення та мікроконтролерами. MAX9814 має широкий частотний діапазон (20 Гц – 20 кГц), що дозволяє передавати звукові сигнали від низьких до високих частот. Модуль також має низьку вхідну густину шуму (30 нВ/Гц) та низький рівень гармонічних спотворень (0,04 %), забезпечуючи високу якість звуку.

MAX9814 можна використовувати з аналого-цифровими перетворювачами з входами до 3,3 В. Компактні розміри модуля дозволяють легко застосовувати його в різних проектах та пристроях, де необхідний високоякісний аналіз звуку.

3.1.4. Схема електричних з'єднань пристрою для моніторингу рівня шуму наведена на рис. 3.5.

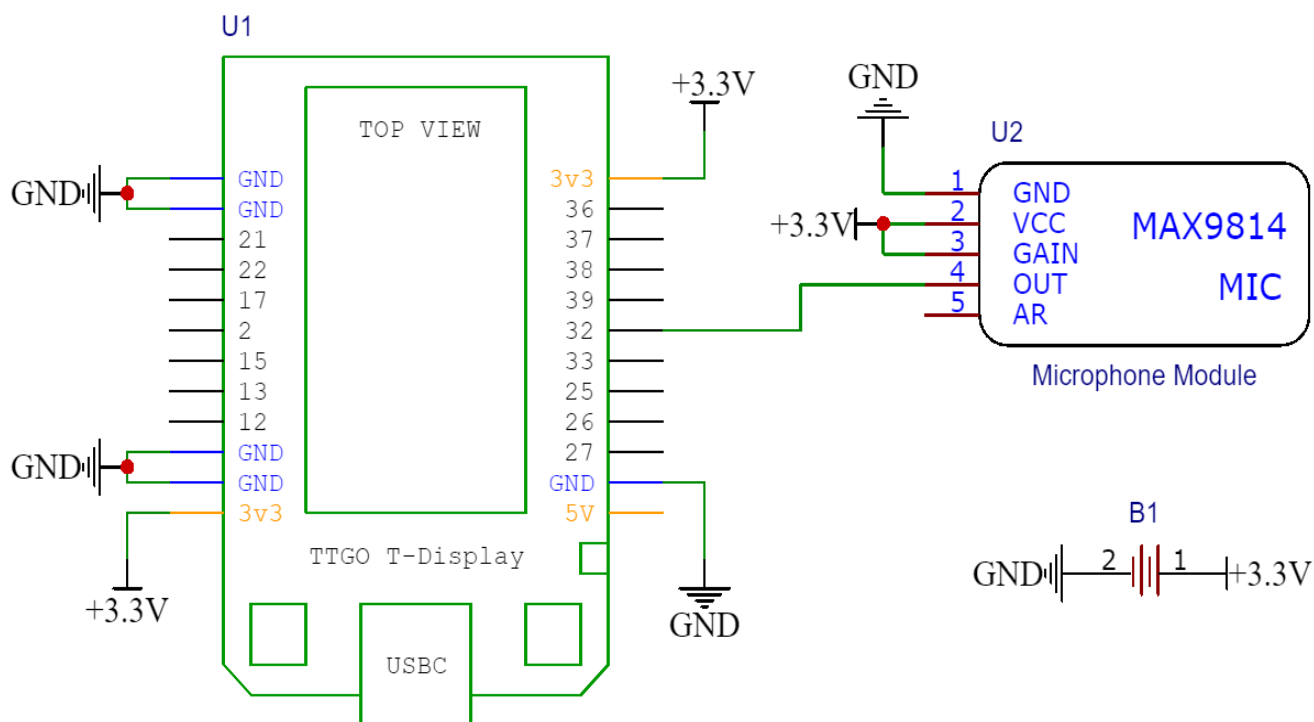


Рис. 3.5. Схема електричних з'єднань пристрою для моніторингу рівня шуму

В цій схемі модуль TTGO ESP32 (позначений як U1) використовує вивід 32 (GPIO32) для підключення до виходу модуля мікрофона MAX9814 (позначений як U2). Це забезпечує отримання аналогового сигналу з мікрофона для подальшої обробки мікроконтролером ESP32.

Модуль мікрофона MAX9814 генерує сигнал на виводі OUT. При цьому вивід GAIN відповідає за задання рівня підсилення вихідного сигналу. Інші виводи MAX9814 використовуються для живлення модуля. Акумуляторна батарея NCR18650В (позначена як B1) підключена до відповідних виводів ESP32, забезпечуючи живлення всього пристрою.

Ця схема дозволяє ESP32 взаємодіяти з модулем мікрофона, отримувати сигнал від нього та відображати результати на дисплеї TTGO T-Display. Акумуляторна батарея забезпечує автономну роботу пристрою. На основі цієї

схеми розроблено прототип пристрою для моніторингу рівня шуму, що зображений на рис. 3.6.

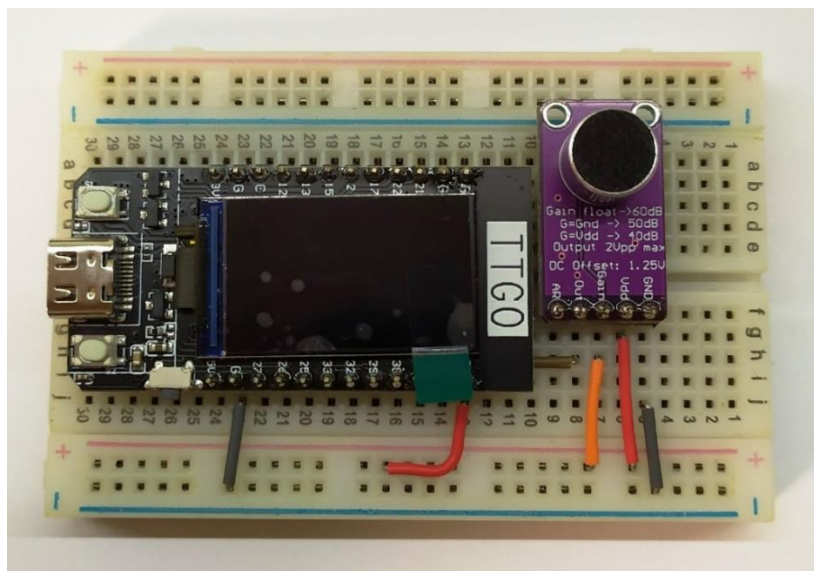


Рис. 3.6. Прототип пристрою для моніторингу рівня шуму

Прототип пристрою створений на основі макетної плати MB-102, на якій розміщені модуль TTGO ESP32 та модуль мікрофона MAX9814. Модуль мікроконтролера ESP32 містить дисплей, а мікрофон MAX9814 має підсилювач та можливість налаштування параметрів. Обидва модулі з'єднані перемичками на платі для реалізації задачі моніторингу рівня шуму.

3.2. Розробка алгоритмічного та програмного забезпечення для збору, обробки та відображення даних про рівень шуму

3.2.1. Під час розробки ПЗ, створення алгоритму є ключовим етапом, на якому визначається логічна послідовність виконання операцій. Алгоритм представляє собою набір конкретних інструкцій та дій, які необхідно виконати для досягнення поставленої мети. Алгоритм роботи програми для мікроконтролера ESP32, що реалізує систему контролю рівня шуму на основі концепції Інтернету речей, починається з ініціалізації, дисплею, встановлення параметрів та налаштування підключення до мережі WiFi (рис. 3.7).



Рис. 3.7. Блок-схема алгоритму програми проєктованої системи

Сам процес включає отримання звукових даних з мікрофона, їх обробку для визначення рівня шуму та можливість застосування фільтрації для приглушення шумів. Після обробки дані відсилаються на хмарну IoT-платформу для подальшого аналізу та зберігання.

Програма може оновлювати інтерфейс для відображення актуальних значень рівня шуму на дисплеї. Весь цей алгоритм виконується в циклі, забезпечуючи постійний моніторинг та відсилення даних на хмарну платформу з певною регулярністю.

Цей алгоритм забезпечує повноцінний контроль рівня шуму в реальному часі та можливість надсилення даних через мережу Інтернет до хмарної IoT-платформи.

3.2.2. Для реалізації проєктованої системи моніторингу рівня шуму було обрано Arduino IDE – це середовище розробки, що зазвичай використовується для програмування різних мікроконтролерів (рис. 3.8). Воно спеціально призначене для спрощення розробки прошивок та ПЗ для мікроконтролерів та мікрокомп'ютерів, які використовують платформи Arduino, ESP8266, ESP32 та інші.

Arduino IDE підтримується на різних операційних системах, таких як Windows, macOS і Linux, що забезпечує універсальність для користувачів різних платформ. Це середовище пропонує користувачам зручний та інтуїтивний інтерфейс для написання, відлагодження та завантаження коду в мікроконтролер. В Arduino IDE є велика кількість бібліотек та прикладів, які допомагають розробникам використовувати різні функції та периферійні пристрої мікроконтролера без необхідності написання коду з нуля.

Середовище підтримує не тільки оригінальні платформи Arduino, але й інші мікроконтролери, включаючи ESP8266 та ESP32. В Arduino IDE є можливість відлагодження, яка допомагає виправляти помилки в програмному коді. Крім того, воно дозволяє завантажувати готову прошивку на мікроконтролер через USB-порт, що дуже зручно для розробників.



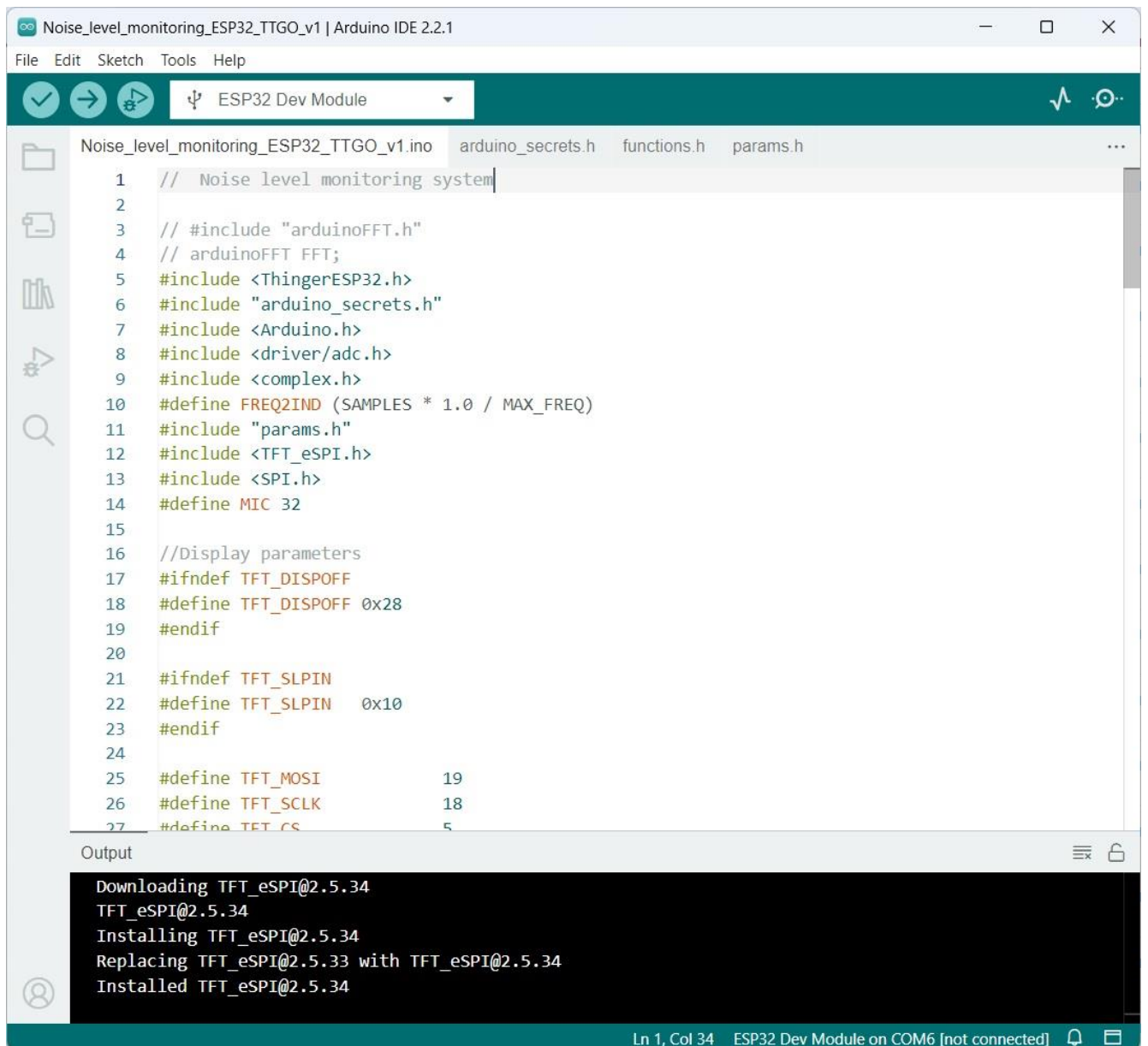


Рис. 3.8. Середовище Arduino IDE

В цій кваліфікаційній роботі Arduino IDE використовується разом з додатковими бібліотеками та налаштуваннями для підтримки мікроконтролера ESP32 з метою розробки ПЗ для системи дистанційного моніторингу рівня шуму.

3.2.3. Код програми реалізує систему контролю рівня шуму на мікроконтролері ESP32 з використанням бібліотек ThingerESP32, TFT\_eSPI, SPI та інших (рис. 3.9).

```

3  #include <ThingerESP32.h>
4  #include "secrets.h"
5  #include <Arduino.h>
6  #include <driver/adc.h>
7  #include <complex.h>
8  #include "params.h"
9  #include <TFT_eSPI.h>
10 #include <SPI.h>

```

Рис. 3.9. Лістинг коду програми для підключення необхідних бібліотек

Програма включає в себе налаштування параметрів дисплея та обробки звукових даних (рис. 3.10).

```

65  adc1_config_width(ADC_WIDTH_BIT_12);
66  // ADC1 Channel 4 is GPIO 32 (microphone)
67  adc1_config_channel_atten(ADC1_CHANNEL_4, ADC_ATTEN_DB_11);
68  calibrate();
69  display.init();
70  display.fillScreen(TFT_BLACK);
71  display.setRotation(3);
72  display.setTextColor(TFT_BLUE);
73  display.drawString("on ESP32", 10, 110, 4); // Splash screen
74  display.setTextSize(2);
75  display.drawString("NOISE", 0, 10, 4);
76  display.drawString("METER", 68, 60, 4);
77  display.setTextSize(1);
78  display.setTextColor(TFT_RED);
79  display.drawString("by Drogobytskyi", 135, 120, 2);
80  Serial.println("NoiseMeter on ESP32");
81  sampling_period_us = round(1000ul * (1.0 / MAX_FREQ));

```

Рис. 3.10. Лістинг коду програми для налаштування параметрів дисплея та обробки звукових даних

У програмі реалізовано визначення значень рівня шуму. Передбачено виведення цих значень на дисплей пристрою, а також можливість зміни режимів відображення на дисплеї (рис. 3.11).

```

344 unsigned int signalMax = 0;
345 unsigned int signalMin = 4096;
346 unsigned long chrono = micros(); // Sample window 10ms
347 while (micros() - chrono < 10000ul) {
348     int sample = analogRead(MIC) / COEF3;
349     if (sample > signalMax) signalMax = sample;
350     else if (sample < signalMin) signalMin = sample;
351 }
352 unsigned int peakToPeak = signalMax - signalMin;
353 int amplitude = peakToPeak - SENSITIVITY;
354 if (amplitude < 0) amplitude = 0;
355 else if (amplitude > 500) amplitude = 500;
356 int ampPrev = map(amplitudeold, 0, 500, hauteur - 1, decal);
357 int amp      = map(amplitude,    0, 500, hauteur - 1, decal);
358 db = map(amplitude, 0, 1000, 10, 140);
359 if (amplitude > maxP2P) maxP2P = amplitude;
360 if (amplitude < minP2P) minP2P = amplitude;
361 if (i > 0) display.drawLine(i - 1, ampPrev, i, amp, TFT_GREEN);
362 amplitudeold = amplitude;
363 // Affichage plus forte amplitude
364 if ((maxP2Pold != maxP2P) || (minP2Pold != minP2P) || (i == 0)) {
365     display.fillRect(0, 0, N, 15, TFT_BLACK);
366     display.setTextColor(TFT_BLUE);
367     char texte[25];
368     sprintf(texte, "Noise Level: %3d dB", db);
369     display.drawString(texte, 0, 0, 2);
370 }
371 maxP2Pold = maxP2P;
372 minP2Pold = minP2P;
373 ++i;

```

Рис. 3.11. Лістинг коду для визначення рівня шуму та відображення на дисплеї

Крім того реалізовано інтеграцію з хмарною IoT-платформою Thingier.io для віддаленого моніторингу та зберігання даних про рівень шуму. Програма визначає інтервали моніторингу та здійснює відправку даних на хмарну платформу із заданою періодичністю (рис. 3.12).

```

144     if (millis() - tsLastReport > REPORTING_PERIOD_MS) {
145         thing["db"] >> outputValue(db);
146         thing.handle();
147         tsLastReport = millis();
148     }

```

Рис. 3.12. Лістинг коду для надсилання даних до хмарної IoT-платформи

### 3.3. Впровадження можливостей передачі даних на хмарну IoT-платформу для подальшого аналізу

3.3.1. В роботі було обрано IoT платформу Thinger.io для реалізації функції моніторингу рівня шуму. Принцип роботи платформи Thinger.io показаний на рис. 3.13.

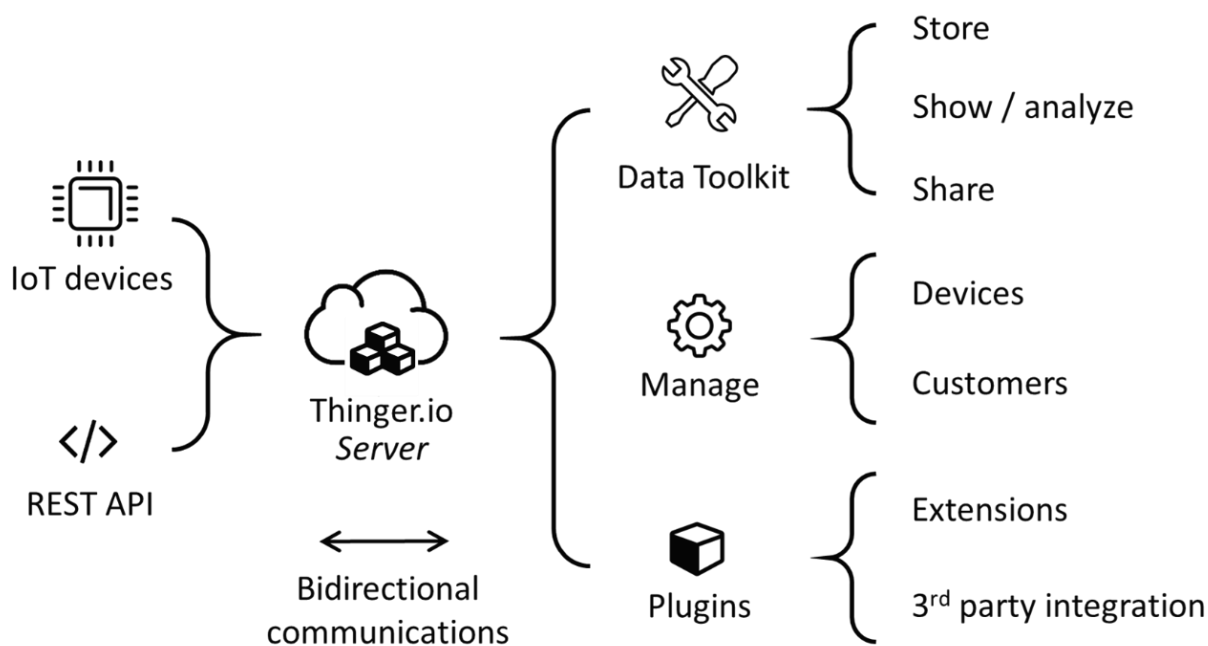


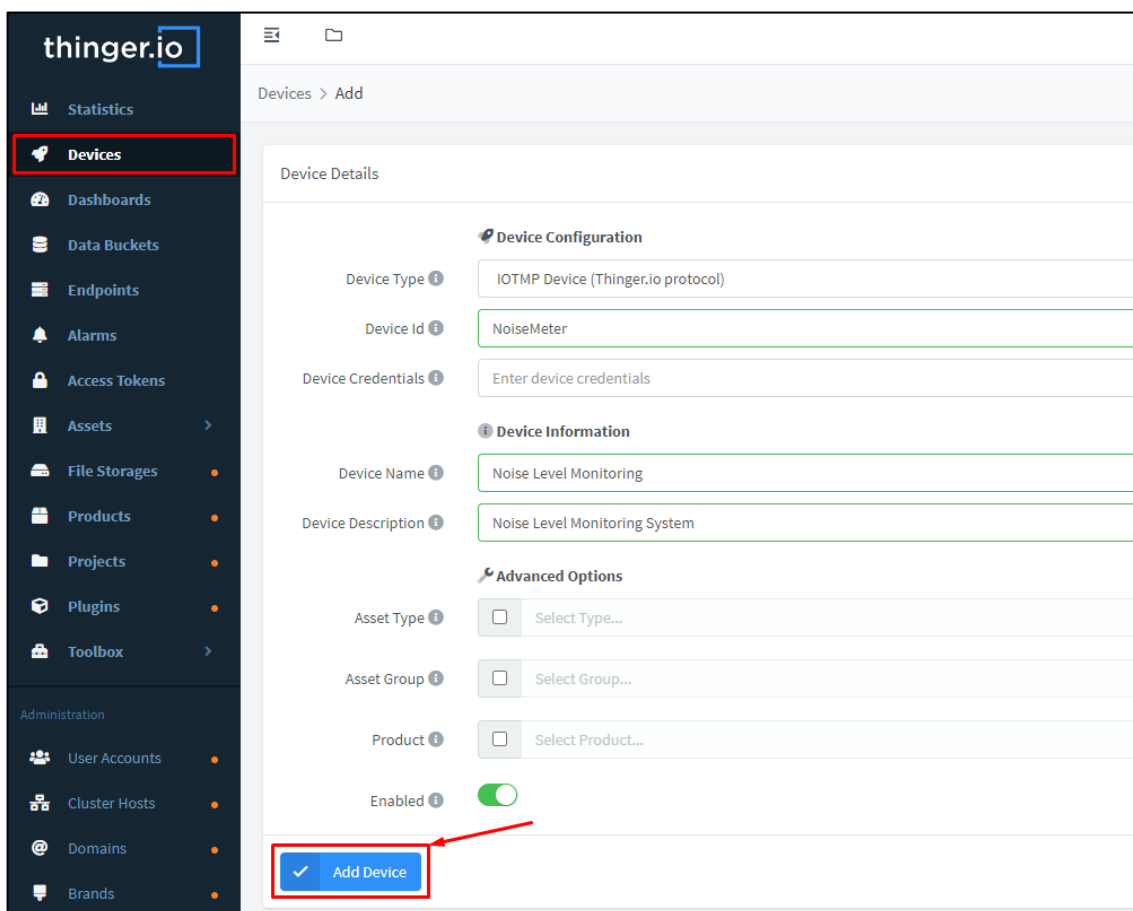
Рис. 3.13. Принцип роботи платформи Thinger.io

Thinger.io – це хмарна IoT платформа, спрямована на спрощення розробки та управління проектами Інтернету речей. Ця платформа надає інструменти та сервіси для підключення, контролю та збору даних від різних IoT-пристроїв, а також для візуалізації та аналізу отриманих даних. Thinger.io пропонує швидку розробку IoT-проектів завдяки своєму інтуїтивному інтерфейсу. Платформа підтримує багато мікроконтролерів та пристроїв, що дозволяє вибирати підходящі рішення для конкретних завдань. В залежності від потреб та вимог до безпеки даних в Thinger є можливість вибирати режим роботи: хмарний та локальний.

Платформа дозволяє легко збирати дані від підключених пристроїв та візуалізувати їх за допомогою графіків, таблиць та інтерактивних інтерфейсів. Також можна налаштовувати сповіщення та автоматизацію дій на основі подій.

Thingier.io підтримує взаємодію з іншими хмарними сервісами та платформами, що розширює можливості проекту. Безпека даних та пристроїв забезпечується за допомогою шифрування та автентифікації. Платформа використовується для розробки різноманітних IoT-проектів, включаючи системи моніторингу, автоматизації та керування пристроями. Вона робить IoT-розробку доступною для широкого кола користувачів незалежно від рівня їхніх технічних знань.

3.3.2. Для налаштування IoT платформи Thingier.io та реалізації системи контролю рівня шуму, спершу, було виконано реєстрацію на веб-сайті платформи. Після цього було створено новий проєкт, де було визначено основні параметри, такі як ім'я проєкту та тип пристрою. Далі, в системі був створений пристрій, пов'язаний із проєктом, та надані необхідні авторизаційні ключі для взаємодії між ESP32 та платформою Thingier.io. Ці ключі використовувалися для встановлення безпечного каналу зв'язку між мікроконтролером та хмарною платформою (рис. 3.14).



The screenshot displays the Thingier.io web interface for adding a new device. The left sidebar contains a navigation menu with 'Devices' highlighted in red. The main content area is titled 'Devices > Add' and shows the 'Device Details' form. The form is divided into three sections: 'Device Configuration', 'Device Information', and 'Advanced Options'. In the 'Device Configuration' section, 'Device Type' is set to 'IOTMP Device (Thingier.io protocol)' and 'Device Id' is 'NoiseMeter'. The 'Device Information' section shows 'Device Name' as 'Noise Level Monitoring' and 'Device Description' as 'Noise Level Monitoring System'. The 'Advanced Options' section includes 'Asset Type', 'Asset Group', and 'Product', all with dropdown menus. The 'Enabled' toggle switch is turned on. At the bottom of the form, the 'Add Device' button is highlighted in red with an arrow pointing to it.

Рис. 3.14. Процес створення пристрою на платформі Thingier.io

Після успішної інтеграції пристрою було визначено певні параметри для передачі даних про рівень шуму на сервер Thinger.io. Це включало в себе визначення змінних, що будуть відображати виміряні значення, та встановлення інтервалу для передачі цих даних на сервер.

Важливим кроком було візуалізація даних на веб-інтерфейсі Thinger.io, де була створена відповідна панель для відображення рівня шуму в реальному часі (рис. 3.15). Це включало в себе створення візуальних елементів для відображення графіків та діаграм для зручного спостереження за змінами рівня шуму.

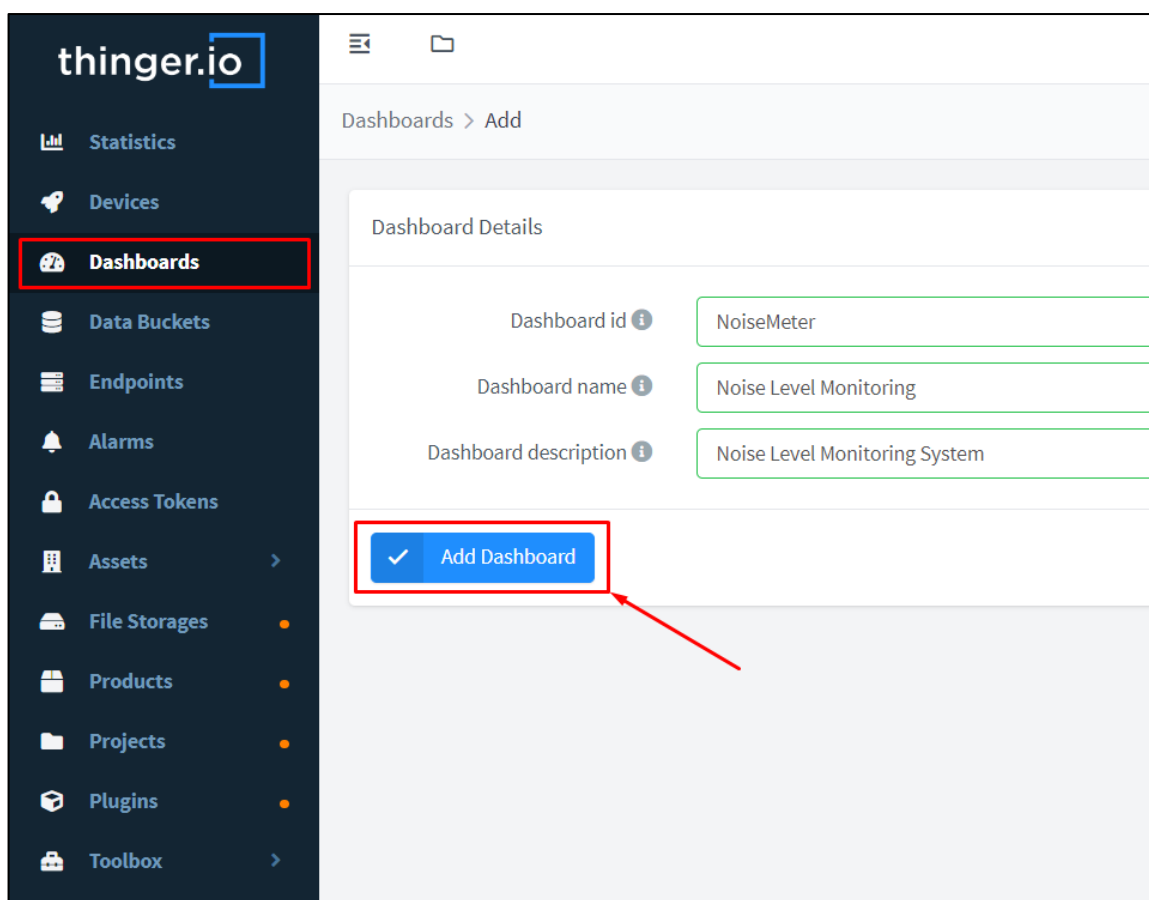


Рис. 3.15. Процес створення інструментів візуалізації на платформі Thinger.io

Завершальним етапом було тестування системи, щоб пересвідчитися в тому, що дані про рівень шуму надсилаються на платформу Thinger.io коректно та точно. Після успішного тестування система була готова до експлуатації для моніторингу рівня шуму в реальному часі.

### 3.4. Аналіз результатів роботи розробленої системи моніторингу рівня шуму

Процес тестування розробленої системи контролю рівня шуму був важливим етапом для забезпечення ефективності та надійності функціоналу. Тестування включало в себе кілька ключових аспектів. В першу чергу перевірялася апаратна складова системи. На рис. 3.16 представлений прототип пристрою, на дисплеї якого відображена інформація з назвою пристрою та прізвищем розробника.

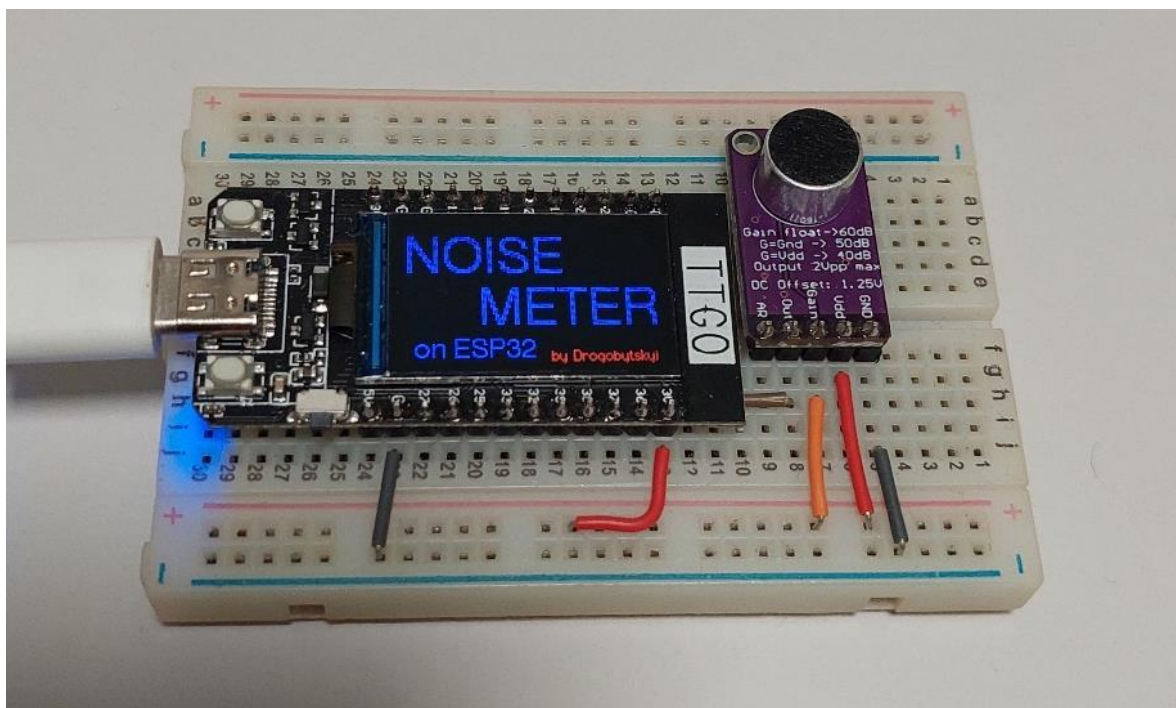


Рис. 3.16. Прототип пристрою для контролю рівня шуму після ввімкнення

Важливо було перевірити чи коректно система взаємодіє з датчиками рівня шуму (у даному випадку, з мікрофонним модулем MAX9814). Вимірювані значення повинні точно передаватися на мікроконтролер ESP32 та відображатися на дисплеї пристрою.

На рис. 3.17 зображений прототип пристрою, на дисплеї якого відображається виміряне числове значення рівня шуму в децибелах, а також графік, що ілюструє динаміку зміни рівня шуму з часом. Цей рисунок призначений для ілюстрації того, як пристрій може відображати інформацію про рівень шуму в

реальному часі, надаючи користувачеві зручний спосіб візуального спостереження за динамікою змін шуму в середовищі.

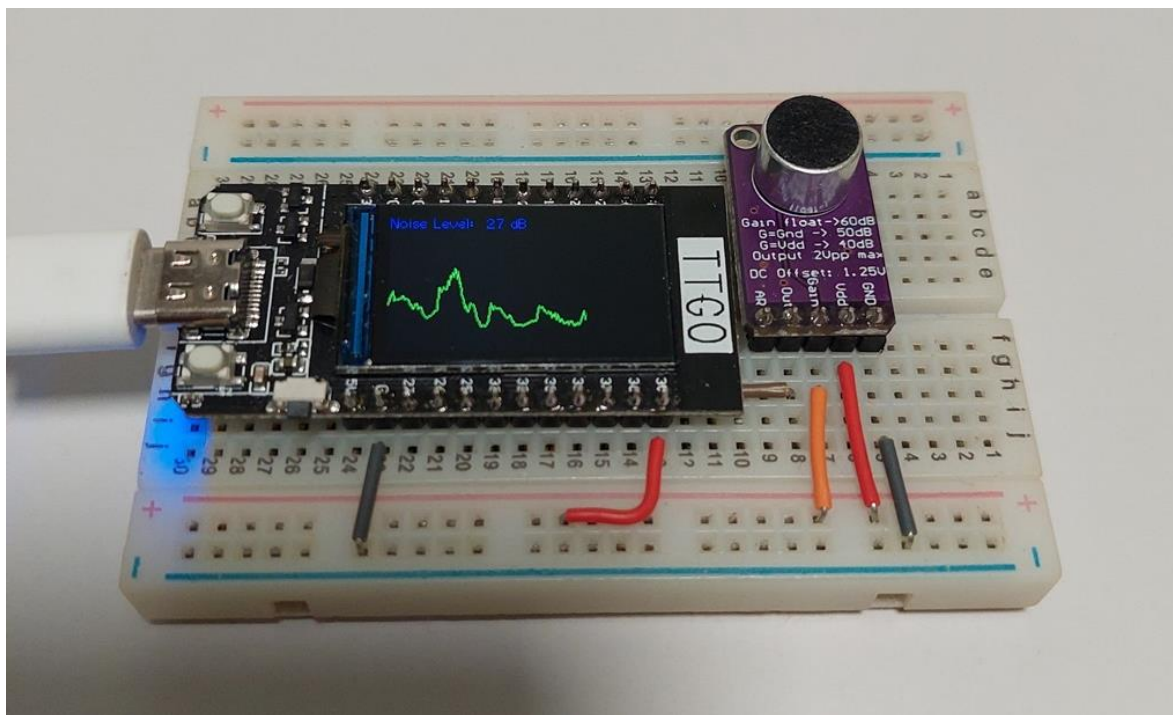


Рис. 3.17. Прототип пристрою для контролю рівня шуму в режимі вимірювання

На наступному етапі тестування перевірявся процес передачі вимірних значень з мікроконтролера ESP32 на хмарну IoT-платформу Thingier.io, щоб пересвідчитись в тому, що дані надсилаються в реальному часі. Також необхідно було пересвідчитися, що дані, які надходять на Thingier, правильно візуалізуються на графіках, діаграмах та інших елементах інтерфейсу. Це забезпечує зручний та зрозумілий процес віддаленого моніторингу для користувача.

На рис. 3.18, що відображає миттєві значення рівня шуму в децибелах на платформі Thingier.io, використані інструменти у вигляді шкали Gauge і Tachometer для інформативного та зручного відображення даних. Візуально шкала Gauge представлена у вигляді напівкола, де внутрішня шкала відображає миттєвий рівень шуму. У центрі розташований показник, який вказує поточне значення рівня шуму. Інструмент Tachometer представлений у вигляді кругового дискомодуля, де кількість обертів відповідає рівню шуму.



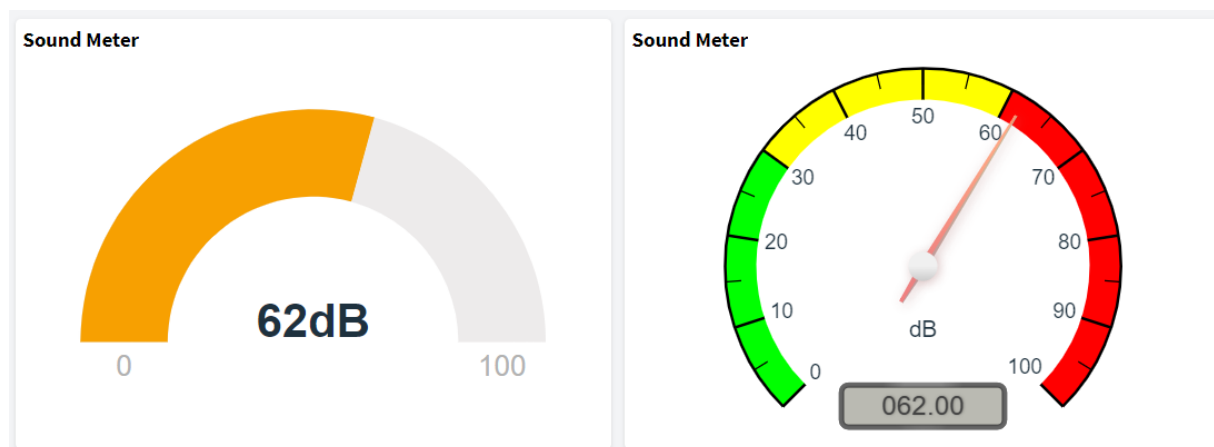


Рис. 3.18. Візуалізація миттєвих значень рівня шуму

Індикатор тахометра вказує на поточне значення рівня шуму та здійснює плавний рух залежно від змін у рівні шуму. В цьому інструменті використано кольорове кодування для шкали, де різні діапазони значень мають відповідний колір (зелений – низький рівень шуму, червоний – високий). Ці інструменти сприяють ефективному відображенню та моніторингу даних про рівень шуму на Thingier.io, забезпечуючи легке сприйняття інформації користувачем.

На рис. 3.19, який відображає графік з результатами моніторингу рівня шуму в децибелах на платформі Thingier.io, використано інструмент Time Series Chart для візуалізації змін рівня шуму відносно часу. Графік має дві осі – вісь X відображає час, а вісь Y відображає рівень шуму в децибелах.

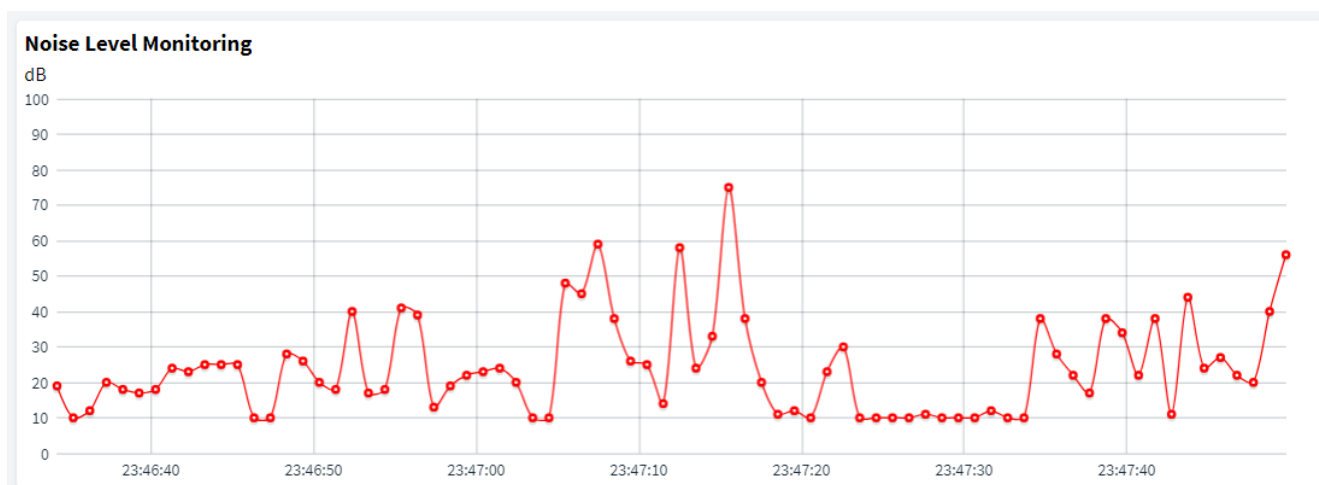


Рис. 3.19. Результати моніторингу рівня шуму

Кожен пункт на графіку представляє точкове значення рівня шуму, збережене в певний момент часу. Лінія тренду може бути використана для показу загальної динаміки змін рівня шуму протягом періоду спостереження. Цей інструмент дозволяє користувачеві швидко отримувати інформацію про динаміку змін рівня шуму протягом різних часових інтервалів та аналізувати ці дані зручним способом.

На завершальному етапі проводилося тестування загальної продуктивності системи в умовах реального використання, щоб переконатися в її стійкості та високій швидкості реакції на зміни у рівні шуму. Після успішного завершення цих етапів тестування був зроблений висновок, що розроблена система контролю рівня шуму є надійною, ефективною та готовою до використання в реальних умовах моніторингу навколишнього середовища.

### 3.5. Висновки до розділу 3

У розділі 3 кваліфікаційної роботи, присвяченому реалізації апаратно-програмного комплексу моніторингу рівня шуму, були проведені та вдало завершені ключові етапи проєкту. Виконано успішне проєктування апаратної частини системи, зокрема використовуючи модульний підхід до розміщення мікрофонного модуля та мікроконтролера ESP32, що забезпечує оптимальну функціональність та зручність монтажу.

Було реалізовано ефективне програмне забезпечення, яке включає в себе алгоритми збору, обробки та відображення даних про рівень шуму на дисплеї пристрою. Розроблено інтуїтивний інтерфейс для користувача. Була успішно впроваджена функціональність передачі даних на хмарну IoT-платформу, що розширює можливості аналізу та зберігання інформації про рівень шуму.

Здійснено детальний аналіз результатів моніторингу рівня шуму в реальному часі на основі розробленої системи. Отримані дані дозволяють вчасно реагувати на зміни та приймати ефективні рішення для зменшення шуму.

## РОЗДІЛ 4

## ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

## 4.1. Охорона праці

Мета кваліфікаційної роботи магістра полягає у розробці методів та засобів контролю рівня шуму навколишнього середовища на основі концепції інтернету речей. Оскільки в процесі виконання роботи використовувався персональний комп'ютер, тому необхідно забезпечити дотримання вимог з охорони праці, техніки безпеки та протипожежної безпеки при використанні ПК.

Основними регламентуючими нормативними документами охорони праці користувачів ПК є:

- НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями»;
- Примірні інструкції з охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин, затверджена наказом Міністерства доходів і зборів України від 5 вересня 2013 р. № 443;
- ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту».

Вимоги до приміщень, згідно з [41], щодо розташування робочого місця передбачають виконання наступних вимог:

- мінімальна площа, яка виділяється на одне робоче місце повинна становити мінімум  $6,0 \text{ м}^2$ , при об'ємі – мінімум  $20,0 \text{ м}^3$ ;
- розташування робочих місць користувачів ПК заборонено у цокольних або підвальних приміщеннях.

При організації робочих місць у НПАОП 0.00-7.15-18 передбачена наявність природного і штучного освітлення. Зазвичай, природне освітлення поступає у приміщення через вікна та світлові прорізи і забезпечує коефіцієнт освітленості на рівні не менше 1,5 %. Орієнтація вікон – на північ або північний схід. Штучне освітлення забезпечують відповідні джерела, наприклад, люмінесцентні лампи.

Приміщення з комп'ютерною технікою не повинні межувати з будівлями, де рівень шуму чи вібрації перевищує визначені допустимі значення. Покриття підлоги повинне бути матовим з коефіцієнтом відбиття 0,3-0,5. Для внутрішнього оздоблення приміщень слід використовувати дифузно-відбивні матеріали з коефіцієнтами відбиття для стелі 0,7-0,8, для стін 0,5-0,6 [35].

У приміщеннях, де організовано робочі місця користувачів ПК, повинні бути забезпечені аптечками першої медичної допомоги. Вологе прибирання у таких приміщеннях є обов'язковим кожного дня.

Щодо ергономічної організації робочого місця, то воно також повинно відповідати вимогам, наведеним у [42]. Конструкція робочого місця повинна забезпечити підтримання оптимальної робочої пози. У відповідності до НПАОП 0.00-7.15-18, обладнання і організація робочого місця працюючих з ЕОМ мають забезпечувати відповідність конструкції всіх елементів робочого місця та їх взаємного, розташування ергономічним вимогам з урахуванням характеру і особливостей трудової діяльності.

Екран комп'ютера повинен бути розміщений на відстані 600...700 мм від очей користувача. Розташування монітору має забезпечувати зручність зорового спостереження у вертикальній площині під кутом +30 градусів до нормальної лінії погляду працівника [41].

Електромережі штепсельних з'єднань та електророзеток для живлення ПК потрібно виконувати за магістральною схемою. При організації робочих місць електромережу штепсельних розеток для живлення ПК у центрі приміщення прокладають у каналах або під знімною підлогою в металевих трубах або гнучких металевих рукавах [41].

Щодо безпеки при роботі з ПК, щодня перед початком роботи необхідно очищати монітор від пилу та інших забруднень. Після закінчення роботи з ПК, він та периферійні пристрої повинні бути відключені від електричної мережі. У разі виникнення певної аварійної ситуації необхідно негайно відключити ПК від електричної мережі. Не допускається виконувати обслуговування, ремонт та налагодження ПК безпосередньо на робочому місці [41].

Основні вимоги до пожежної безпеки вказані в НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні». Згідно з [42], на та під приміщеннями, в яких розміщені ЕОМ, а також у суміжних із ними приміщеннях не дозволяється розташування приміщень категорій А та Б за вибухопожежною небезпекою.

Фальш підлога у приміщеннях з ЕОМ має бути з негорючих матеріалів або матеріалів груп горючості Г1, Г2 з межею вогнестійкості не менше 0,5 год. Простір під нею слід розділяти негорючими діафрагмами на відсіки площею не більше 250 м<sup>2</sup>. Діафрагми повинні мати межу вогнестійкості не менше 0,75 год. Звукопоглинаюче облицювання стін та стель цих приміщень слід виготовляти з негорючих матеріалів або матеріалів груп горючості Г1, Г2.

Персональні комп'ютери після закінчення роботи повинні відключатися від мережі. Не рідше одного разу на квартал необхідно очищати від пилу агрегати та вузли, кабельні канали та простір між підлогами. Приміщення повинні бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння, а саме вогнегасниками, що використовуються для локалізації і ліквідації пожеж у їх початковій стадії розвитку [42].

Вогнегасники слід встановлювати у легкодоступних та помітних місцях (коридорах, біля входів або виходів з приміщень тощо), а також у пожежонебезпечних місцях, де найбільш вірогідна поява осередків пожежі. При цьому необхідно забезпечити їх захист від попадання прямих сонячних променів та безпосередньої (без загороджувальних щитків) дії опалювальних та нагрівальних приладів. Вибір типу та необхідної кількості вогнегасників визначається відповідно до типових норм належності вогнегасників.

У кваліфікаційній роботі розроблялась система для контролю рівня шуму за допомогою програмного забезпечення для ПК. Через це важливо було провести аналіз основних вимог до приміщень та робочих місць з ПК, що дозволило забезпечити комфортні і безпечні умови праці інженерам комп'ютерних систем. Також проаналізовано правила електробезпеки під час роботи з ПК та вимоги до пожежної безпеки в приміщенні. Усі ці правила і вимоги були враховані під час розробки системи контролю рівня шуму навколишнього середовища.

#### 4.2. Функціональні заходи у сфері державного регулювання та контролю захисту населення і територій

Стандартизація становить основу проведення державної експертизи, контролю, нагляду, ліцензування видів діяльності, декларування безпеки промислових об'єктів і сертифікації для встановлення норм, правил та характеристик з метою забезпечення:

- безпеки продукції, робіт та послуг для довкілля, життя і здоров'я людей;
- якості продукції, робіт і послуг відповідно до рівня розвитку науки, техніки і технологій;
- єдності вимірів;
- безпеки об'єктів господарювання з урахуванням ризику природних і техногенних катастроф та інших надзвичайних ситуацій.

Державна експертиза проектів і рішень щодо об'єктів виробничого та соціального призначення і процесів, що можуть спричинити надзвичайні ситуації та вплинути на стан захисту населення і територій, організується і проводиться відповідно до законодавства спеціально уповноваженими центральними і місцевими органами виконавчої влади, виконавчими органами рад.

У разі потреби експертиза проектів і рішень щодо об'єктів виробничого та соціального призначення, окремих технологічних процесів, які можуть викликати надзвичайні ситуації або вплинути на стан захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій, може проводитися об'єднаннями громадян, незалежними експертами та спеціалістами міжнародних експертних організацій у порядку, встановленому законодавством України.

Державний нагляд і контроль організується з метою перевірки повноти і якості заходів щодо запобігання надзвичайним ситуаціям, забезпечення готовності органів управління, сил і засобів системи захисту населення і територій, посадових

осіб до дій у разі виникнення цих ситуацій. Нагляд і контроль полягають у забезпеченні:

- безаварійного функціонування об'єктів економіки та зменшення масштабів можливих збитків у разі виникнення надзвичайних ситуацій природного та техногенного походження;

- готовності органів управління системи захисту населення і територій, підприємств та їх спеціалізованих аварійно-рятувальних формувань до виконання поставлених перед ними завдань;

- охорони довкілля та збереження природних ресурсів, додержання порядку і умов користування надрами з метою запобігання небезпечним екологічним і геологічним процесам;

- готовності технічних засобів і споруд інженерного захисту населення і територій від лісових, торф'яних та інших пожеж, повеней, підтоплень та інших небезпечних дій води;

- фінансових гарантій відшкодувань збитків здоров'ю та життю громадян, захисту майнових інтересів фізичних та юридичних осіб від збитків, спричинених надзвичайними ситуаціями природного та техногенного походження.

Державний нагляд і контроль проводиться згідно із законодавством України спеціально уповноваженими центральними та місцевими органами виконавчої влади, виконавчими органами рад відповідно до завдань, покладених на систему захисту населення і територій.

Ліцензування окремих видів діяльності здійснюється з метою проведення єдиної державної політики для забезпечення життєво важливих інтересів громадян, суспільства, держави. Ліцензуванню підлягає діяльність щодо забезпечення промислової, пожежної та транспортної безпеки, охорони довкілля та інших сфер.

Декларування безпеки промислових об'єктів здійснюється з метою забезпечення контролю за додержанням заходів безпеки на етапах їх введення в експлуатацію, експлуатації та виводу з експлуатації. Декларування передбачає:

- оцінку ризику виникнення на промислових об'єктах надзвичайних ситуацій з урахуванням визначення джерел загроз, умов розвитку і можливих

наслідків надзвичайних ситуацій, у тому числі викидів у довкілля шкідливих речовин;

- оцінку готовності до експлуатації потенційного об'єкта відповідно до вимог промислової безпеки;
- аналіз достатності й ефективності вжитих заходів щодо запобігання, локалізації та ліквідації надзвичайної ситуації на промисловому об'єкті;
- розроблення заходів, спрямованих на зменшення масштабів і величини негативних наслідків від надзвичайних ситуацій.

Сертифікація організується і здійснюється з метою підтвердження відповідності продукції встановленим вимогам, включаючи контроль небезпечної продукції для життя та здоров'я людей, довкілля та майна. Сертифікація може мати обов'язковий і добровільний характер.

Головною метою страхування є забезпечення економічної підтримки заходів щодо запобігання надзвичайним ситуаціям, які здійснюються центральними і місцевими органами виконавчої влади, виконавчими органами рад, підприємствами та організаціями незалежно від форм власності, і страхового покриття збитків у разі їх виникнення. Страхування організується і здійснюється на підставі договору про страхування, який є сукупністю видів страхування, що передбачають обов'язок страховика щодо страхових виплат у розмірі повної або часткової компенсації збитків, завданих об'єкту страхування. Страховий захист населення і територій від надзвичайних ситуацій забезпечується обов'язковим і добровільним страхуванням [43].

4.3. Захист інформаційних управляючих систем від ушкоджень, що викликані дією ЕМІ ядерних вибухів

Електромагнітний імпульс (ЕМІ) – в телекомунікаційній галузі і фізиці це явище означає факт створення і поширення електромагнітного імпульсного випромінювання широкого спектру частот та великої напруженості протягом короткого відрізка часу [43].



Електромагнітний імпульс, що виникає під час ядерних вибухів є до такої міри потужним, що розглядається як один з чинників ураження цієї зброї. Електромагнітний імпульс ядерного вибуху є потужним не тривалим полем з довжинами хвиль від 1 до 1000 м і більше, що виникає в момент вибуху. При наземному і низькому повітряному вибухах вплив від ураження ЕМІ спостерігається на відстані до кількох кілометрів від епіцентру вибуху.

Ураження від ЕМІ проявляється, насамперед, стосовно до електротехнічної апаратури та радіоелектронної а також інших об'єктів, що використовують електрику. Струми і напруги, які виникають при цьому можуть викликати пошкодження трансформаторів, псування напівпровідникових приладів, пробій ізоляції, перегорання плавких вставок та інших елементів пристроїв [44].

Найбільш результативним є виникнення ЕМІ при наземних і повітряних ядерних вибухах. Звичайно, якщо потрапити в епіцентр ураження ядерної бомби великої потужності, то захист буде пробитий, але на певній відстані від епіцентру, ймовірність ураження буде істотно нижче. Електромагнітні хвилі поширюються в усі сторони (як хвилі на воді) тому їх сила зменшується пропорційно квадрату відстані.

Якщо ядерний вибух відбувається під землею ЕМІ повністю гаситься частками твердої породи, а при висотних або космічних ядерних вибухах виявлення ЕМІ ускладнюється відстанню між точкою спостереження та джерелом ЕМІ.

Вчені успішно працюють над захистом від електромагнітного імпульсу. Так, в інституті Фраунгофера розробили детектор, здатний визначити силу, частоту і джерело електромагнітного імпульсу. Серед захисних пристроїв для відбиття електромагнітного імпульсу є три найпоширеніші типи: газорозрядні, напівпровідникові, вакуумні а також їх комбінації. Вирішення задачі підвищення рівня захисту систем неможливо без створення надійних та ефективних пристроїв, заснованих на використанні високотемпературних надпровідників, здатних відбити і поглинати імпульсні електромагнітні випромінювання [45].

#### 4.4. Висновки до розділу 4

В даному розділі описані актуальні питання щодо безпеки в надзвичайних ситуаціях та охорони праці. Була опрацьована інформація стосовно вимог з охорони праці і техніки безпеки, пожежної та електробезпеки. Також, розглянуті питання щодо функціональних заходів у сфері державного регулювання та контролю захисту населення і територій та захисту інформаційних управляючих систем від ушкоджень, що викликані дією ЕМІ ядерних вибухів.

## ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи було проведено детальний аналіз методів та засобів контролю рівня шуму з використанням концепції Інтернету речей. Основною метою дослідження було розроблення та впровадження комп'ютерної системи для дистанційного моніторингу шуму. Основні результати:

1. Здійснено комплексний аналіз наявних досліджень та технологій, пов'язаних із моніторингом рівня шуму. Виокремлено переваги та недоліки існуючих засобів, що визначили основні напрямки для подальших досліджень.

2. Завдяки аналізу існуючих методів та технологій в області контролю рівня шуму визначено переваги використання IoT для створення ефективної системи моніторингу.

3. Розроблено пристрій, що об'єднує апаратну та програмну складові для точного та надійного вимірювання рівня шуму та відображення результатів на дисплеї.

4. Написано програмне забезпечення для збору, відображення та передачі даних на хмарну платформу, що реалізовує функції дистанційного моніторингу та забезпечує зручний доступ і аналіз даних користувачами в реальному часі.

У результаті виконання кваліфікаційної роботи було підтверджено ефективність використання Інтернету речей у сфері контролю рівня шуму, що відкриває перспективи для подальших досліджень та розробок у цьому напрямку. Отримані результати підтверджують успішну реалізацію поставлених задач і вказують на високий потенціал розробленої системи для вирішення завдань моніторингу рівня шуму.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Hat A.N.M., Syahidah W.W., Zuhelmi C.W.Y.C.W., Atan F., Khadijah S. IoT Base on Air and Sound Pollution Monitoring System. In *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 2319, No. 1. 2022. P. 012013.
2. Rahim M.A., Rahman M.M., Rahman M.A., Muzahid A.J.M., Kamarulzaman S.F. A Framework of IoT-Enabled Vehicular Noise Intensity Monitoring System for Smart City. In *Advances in Robotics, Automation and Data Analytics: Selected Papers from iCITES 2020*. Vol. 1350. 2020. P. 194-205.
3. Agha A., Ranjan R., Gan W.S. Noisy vehicle surveillance camera: A system to deter noisy vehicle in smart city. *Applied Acoustics*. Volume 117. 2017. P. 236-245.
4. Patil P. Smart IoT based system for vehicle noise and pollution monitoring. In *2017 International Conference on Trends in Electronics and Informatics*. 2017. P. 322-326.
5. Almeahmadi A. Smart city architecture for noise pollution mitigation through the internet of things. *International Journal of Computer Science and Network Security*. Vol. 18, No. 7. 2018. P. 128-133.
6. Soniya S., Sindhu A.R., Manasa G.S., Mohan D.N. IoT Based Air and Noise Pollution Monitoring System in Urban and Rural Areas. *International Journal of Research in Engineering, Science and Management*. Volume 3, Issue 1. 2020. P. 444-446.
7. Cantuna J.G., Solórzano S., Clairand J.M. Noise pollution measurement system using wireless sensor network and ban sensors. In *2017 Fourth International Conference on eDemocracy & eGovernment*. 2017. P. 125-131.
8. Москальчук Н.М., Вовк Ю.Р., Качала Т.Б. Екологічна оцінка шумового забруднення в межах населених пунктів приміської зони м. Івано-Франківська. Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. Вип. 25(1). 2022. С. 49-58.
9. Петренко О.К. Контроль за станом шуму на центральних вулицях Львова. Якість технологій та освіти, Вип. 2. 2011. С. 120-124.
10. Shah S.K., Tariq Z., Lee Y. IoT based Urban Noise Monitoring in Deep Learning using Historical Reports. In *2019 IEEE International Conference on Big Data*. 2019. P. 4179-4184.

11. Anachkova M., Domazetovska S., Petreski Z., Gavriloski V. Design of low-cost wireless noise monitoring sensor unit based on IoT concept. *Journal of Vibroengineering*. Volume 23, Issue 4. 2021. P. 1056-1064.
12. Zhang X., Zhao M., Dong R. Time-series prediction of environmental noise for urban IoT based on long short-term memory recurrent neural network. *Applied Sciences*. Vol. 10, No. 3. 2020. 1144.
13. Choodarathnakara A., Punitha S., Vinutha S., Abhishek H.J., Sinchana G.S. Real-time IoT Based Air and Noise Pollution Monitoring System. *Universal Review*. Volume 8, Issue 3. 2019. P. 425-435.
14. Zappatore M., Longo A., Bochicchio M.A. Using mobile crowd sensing for noise monitoring in smart cities. In 2016 international multidisciplinary conference on computer and energy science (SpliTech), Split, Croatia. 2016. P. 1-6.
15. Saha A.K., Sircar S., Chatterjee P., Dutta S., Mitra A., Chatterjee A., Chattopadhyay, S.P., Saha, H.N. A raspberry Pi controlled cloud based air and sound pollution monitoring system with temperature and humidity sensing. In 2018 IEEE 8th Annual Computing and Communication Workshop and Conference. 2018. P. 607-611.
16. Borate T., Lipane M., Kale M., Pardeshi V., Jawalkar P. IoT Based Air and Sound Pollution Monitoring System. *Open Access Journal of Science and Engineering*. Vol. 4, Issue 2. 2019. P. 8-11.
17. Kaushik Vipul R., Dabade T., Patil V.N. IOT based air and sound pollution monitoring system - a review. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*. Vol. 6, Issue 6. 2019. P. 543-548.
18. Deshmukh S., Surendran S., Sardey M.P. Air and Sound Pollution Monitoring System using IoT. *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*. Volume 5, Issue 6. 2017. P. 175-178.
19. Badruddin M.B., Hamid S.Z.A., Rashid R.A., Hamsani S.N.M. IoT based noise monitoring system (NOMOS). In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 884, No. 1, 2020. P. 012080.
20. Fernandez-Prieto J.A., Cañada-Bago J., Gadeo-Martos M.A. Wireless acoustic sensor nodes for noise monitoring in the city of linares. *Sensors*. Vol. 20, No. 1, 2020. 124.
21. Іванченко Ю.В., Стаценко О.В. Пристрій для визначення рівня шуму в

приміщені. Матеріали XV Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні», КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ. 2019. С. 498-501.

22. Laxmi V., Dey J., Kalawarudi K., Vijay R., Kumar R. An innovative approach of urban noise monitoring using cycle in Nagpur, India. *Environmental Science and Pollution Research*, Vol. 26, No. 36. 2019. P. 36812-36819.

23. Можаяєв О.О., Баленко О.І. Аналіз структури системи акустичного моніторингу. *Системи обробки інформації*, Вип. 7. 2015. С. 55-58.

24. Ahmed S., Ahmed T.S. B., Jafreen S., Tajrin J., Uddin J. IoT Based Real Time Noise Mapping System for Urban Sound Pollution Study. *arXiv preprint arXiv:2002.11188*. 2020. P. 1-4.

25. Дрогобицький М.В., Луцик Н.С., Паламар А.М. Комп'ютерна система для дистанційного контролю рівня шуму навколишнього середовища. *Актуальні задачі сучасних технологій : збірник тез доповідей XII міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів (Тернопіль, 6-7 грудня 2023 року)*, Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2023. С. 425.

26. Дрогобицький М.В., Паламар А.М., Луцик Н.С. Комп'ютеризована система моніторингу рівня шуму на основі інтернету речей. *Матеріали XI науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології»*, (Тернопіль, 13-14 грудня 2023 року), Тернопіль: ТНТУ, 2023. С. 148.

27. Паламар А.М., Романчук Р.О., Дрогобицький М.В. Комп'ютеризована система для дистанційного контролю рівня концентрації пилу на основі інтернету речей. *Матеріали XI науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології»*, (Тернопіль, 13-14 грудня 2023 року), Тернопіль: ТНТУ, 2023. С. 169.

28. Лупенко С.А., Луцик Н.С., Луцків А.М., Осухівська Г.М., Тиш Є.В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи магістра для студентів спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» другого (магістерського) рівня вищої освіти усіх форм навчання. Тернопіль, ТНТУ. 2021. 34 с.

29. Palamar A. Intelligent control and monitoring module for uninterruptible power supply system. *II International Scientific and Practical Conference «Theoretical and*

Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs» (MC&FPGA-2020), Kharkiv, Ukraine. 2020. P. 12-13.

30. Vasylykivskiy I., Ishchenko V., Pohrebennyk V., Palamar M., Palamar A. System of water objects pollution monitoring. International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management (SGEM 2017), Vienna, Austria, November, 27–29, 2017. Vol. 17, No. 33. P. 355-362.

31. Palamar A. Methods and means of increasing the reliability of computerized modular uninterruptible power supply system. Scientific Journal of TNTU, Ternopil, Ukraine, 2020. Vol. 99, No 3. P. 133–141.

32. Паламар А.М., Осов'як І.І. Комп'ютерна інформаційно-вимірювальна система для моніторингу пристроїв безперебійного електроживлення. Матеріали V Міжнародної науково-технічної конференції "Світлотехніка й електротехніка: історія, проблеми, перспективи", Тернопіль: ТЗОВ "Видавництво Астон", 2015. С. 111-112.

33. Palamar A., Pettai E. Microgrid for the Department of Electrical Drives and Power Electronics. 8th International Symposium "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering" and "Doctoral School of Energy and Geotechnology II" (January 11-16, 2010), Pärnu, Estonia, 2010. P. 54-61.

34. Yatsyshyn V., Pastukh O., Palamar A., Zharovskyy R. Technology of relational database management systems performance evaluation during computer systems design. Scientific Journal of TNTU, Ternopil, Ukraine, 2023. Vol. 109, No 1. P. 54–65.

35. Оконський М.В., Лупенко С.А., Паламар А.М. Інформаційно-вимірювальна система для контролю метеорологічних параметрів на основі Інтернету речей. Матеріали ІХ науково-технічної конференції "Інформаційні моделі, системи та технології" Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (Тернопіль, 8–9 грудня 2021 року), Тернопіль: ТНТУ, 2021. С. 118.

36. Palamar A., Karpinski M., Palamar M., Osukhivska H., Mytnyk M. Remote Air Pollution Monitoring System Based on Internet of Things. CEUR Workshop Proceedings, 2nd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems, Ternopil, Ukraine, November 22–24, 2022. Vol. 3309. P. 194-204.

37. Оконський М.В., Лупенко С.А., Паламар А.М. Комп'ютерна система для

моніторингу метеорологічних параметрів на основі IoT. Актуальні задачі сучасних технологій : збірник тез доповідей X міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів, Тернопіль: ТНТУ, 2021. С. 112.

38. Погребенник В.Д., Клим Г.І., Бордун І.М., Пташник В.В., Паламар А.М. Системи оперативного контролю інтегральних параметрів водного середовища. Т. 2. Елементи комп'ютерних систем оперативного контролю: колективна монографія. Житомир: Видавничий дім «Бук-Друк», 2021. 180 с.

39. Паламар М.І., Стрембіцький М.О., Паламар А.М. Проектування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів. Навчальний посібник. Тернопіль: ТНТУ. 2019. 150 с.

40. Ларіоник Р.В., Луцик Н.С., Паламар А.М. Система для моніторингу якості атмосферного повітря на базі IoT. Матеріали ІХ науково-технічної конференції "Інформаційні моделі, системи та технології" Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Тернопіль: ТНТУ. 2021. С. 116.

41. Зеркалов Д.В. Охорона праці в галузі: Загальні вимоги. Навчальний посібник. К.: Основа. 2011. 551 с.

42. Желібо Є. П., Сагайдак І. С. Безпека життєдіяльності. Навчальний посібник для аудиторної та практичної роботи. К.: ЕКОМЕН. 2011. 200 с.

43. Васійчук В.О., Гончарук В.Є., Качан С.І., Мохняк С.М. Основи цивільного захисту: Навчальний посібник. Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка". 2010. 417с.

44. Аветисян В.Г., Сенчихін Ю.М., Кулаков С.В., Куліш Ю.О., Александров В.Л., Адаменко М.І., Ткачук Р.С., Тригуб В.В. Рятувальні роботи під час ліквідації надзвичайних ситуацій. Частина 1: Посібник. За загальною редакцією Пшеничного В.Н. К.: Основа, 2006. 240 с.

45. Депутат О. П., Коваленко І. В., Мужик І. С. Цивільна оборона. Навчальний посібник. За редакцією полковника В.С. Франчука. Львів: Афіша. 2000. 336 с.



Додаток А  
Тези конференцій

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)  
Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)  
Маріборський університет (Словенія)  
Технічний університет у Кошице (Словаччина)  
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)  
Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)  
Наукове товариство ім. Т.Шевченка

# АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

**Збірник**  
тез доповідей

**ХІІ Міжнародної науково-практичної  
конференції молодих учених та студентів**  
6-7 грудня 2023 року



**УКРАЇНА**  
**ТЕРНОПІЛЬ – 2023**

УДК 681.518.3

М. В. Дрогобицький, Н. С. Луцик, Ph.D, доц., А. М. Паламар, канд. техн. наук, доц.  
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

### КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ РІВНЯ ШУМУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

М. V. Drohobytskyi, N. S. Lutsyk, Ph.D, Assoc. Prof., A. M. Palamar, Ph.D, Assoc. Prof.  
COMPUTER SYSTEM FOR REMOTE NOISE LEVEL MONITORING OF THE  
SURROUNDING ENVIRONMENT

У сучасному світі зростання рівня шуму у навколишньому середовищі стає все більшою проблемою, вирішення якої вимагає комплексних та ефективних рішень. Зростання населення та інтенсивний транспортний рух спричиняють підвищення рівня шуму, що може впливати на здоров'я населення та загальний комфорт мешканців міст [1]. Актуальність проблеми полягає в необхідності забезпечення комфортних та безпечних умов для життя та роботи людей. Метою дослідження є розробка та впровадження комп'ютерної системи для дистанційного контролю рівня шуму, яка базується на концепції Інтернету речей (IoT).

Використовуючи принципи IoT, система складається з мережі давачів, які розташовані в ключових районах міста чи промислового об'єкту. Кожен давач оснащений мікрофоном та WiFi модулем TTGO ESP32 для забезпечення високої точності та ефективності збору даних (рис. 1).

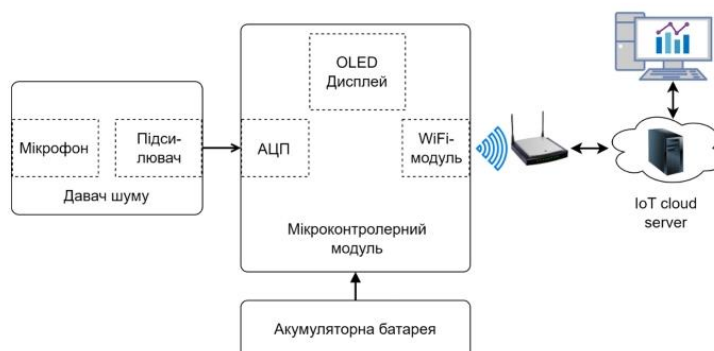


Рисунок 1. Структура системи моніторингу рівня шуму

Запропонована система моніторингу рівня шуму є інноваційним рішенням для вирішення проблеми шумового забруднення. Однією з ключових переваг системи є можливість дистанційного моніторингу рівня шуму в режимі реального часу. Це дозволяє оперативно реагувати на зміни та вживати необхідні заходи для зниження шумового забруднення. Розроблена комп'ютерна система для дистанційного контролю рівня шуму на основі IoT характеризується високою функціональністю та потенціалом для застосування у різних галузях. Її впровадження сприятиме зменшенню шумового впливу на оточуюче середовище та покращенню якості життя людей.

#### Література

1. Паламар А.М., Гук Ю.А. Комп'ютерна система для визначення інтенсивності руху автомобільного транспорту. Актуальні задачі сучасних технологій : збірник тез доповідей ХІ міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів, Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. С. 147.

38.	<b>Т. Крамар</b> ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНЕ АВТОМАТИЧНЕ ПІДКЛЮЧЕННЯ ПУНКТІВ НЕЗЛАМНОСТІ ПІД ЧАС ВІДКЛЮЧЕНЬ У ЗИМІ 2023 В ПРИФРОНТОВИХ ЗОНАХ УКРАЇНИ	415
39.	<b>Б. Б. Млинко, О. П. Стефанюк</b> АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ІГРОВИХ РУШІЇВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ЦИФРОВИХ ДВІЙНИКІВ НА ОСНОВІ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ	417
40.	<b>Н. М. Коцюк, В. Д. Тимошук, Ю. О. Момоток, Н. С. Луцик</b> СИСТЕМА РЕЗЕРВУВАННЯ ТРАФІКУ НА ОСНОВІ МІКРОТІК	419
41.	<b>В. В. Василюшин, В. Д. Тимошук, Н. Ю. Кігчак, Н. С. Луцик</b> АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК ТА ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ ATTINY85, ATMEGA8, RP2040	420
42.	<b>А. М. Ковтко, Н. В. Лещук, І. Р. Козбур, І. В. Коноваленко</b> АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОГО ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ	421
43.	<b>О. Ю. Замора, А. В. Немеришин, І. Р. Козбур, О. Р. Дмитрів</b> АНАЛІЗ МЕРЕЖЕВИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОТОКОЛІВ МНОЖИННОГО ДОСТУПУ	423
44.	<b>М. В. Дрогобицький, Н. С. Луцик, А. М. Паламар</b> КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ РІВНЯ ШУМУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	425
45.	<b>І. В. Лилик, А. М. Паламар</b> КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ДИСТАНЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ ІНТЕНСИВНОСТІ УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ	426
46.	<b>А. М. Паламар, Д. С. Сомін, В. П. Волоський</b> КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ДЛЯ ВІДДАЛЕНОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА РІВНЕМ НАСИЧЕННЯ КИСНЕМ КРОВІ ЛЮДИНИ	427
47.	<b>М. В. Криховецький</b> МЕТОДИ ВИЯВЛЕННЯ ДРОНІВ НА БАЗІ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ	428
48.	<b>Д. І. Муштин</b> МОБІЛЬНА МЕТЕОСТАНЦІЯ ДЛЯ ОБПРИСКУВАЧА	431
49.	<b>Л. Є. Мосій, І. В. Струтинська, Г. В. Козбур</b> РОЛЬ КОМП'ЮТЕРНО-ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ЦИФРОВІЙ ТРАНСФОРМАЦІЇ ЕКОНОМІКИ.	432
50.	<b>О. Є. Подвисоцький; Н. Б. Стадник</b> МЕТОДИ БІОМЕТРИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ В РОЗУМНОМУ БУДИНКУ	435
51.	<b>А. М. Паламар, Р. О. Романчук</b> КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ДЛЯ ВІДДАЛЕНОГО КОНТРОЛЮ РІВНЯ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ ПИЛОМ	436
52.	<b>Є. В. Тиш, Р. І. Шалапай</b> ТИПИ ВИМОГ ДО КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ І МЕТОДИ ЇХ ВИЯВЛЕННЯ	437
53.	<b>А. М. Луцків, С. В. Макогон</b> НЕЙРОМЕРЕЖЕВІ ПІДХОДИ ДО ПЕРЕТВОРЕННЯ ТЕКСТОВИХ ПОВІДОМЛЕНЬ В АУДІОПОТІК	438
54.	<b>В. В. Яцишин канд. І. М. Кучма</b> ПОБУДОВА ОНТОЛОГІЙ ЯК СПОСІБ ЕФЕКТИВНОГО	439

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

МАТЕРІАЛИ

ХІ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ  
«ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ,  
СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»



13-14 грудня 2023 року

ТЕРНОПІЛЬ  
2023

УДК 681.518.3

**М.В. Дрогобицький, А.М. Паламар, канд. техн. наук, доц., Н.С. Луцик, Ph.D, доц.**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

### **КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ РІВНЯ ШУМУ НА ОСНОВІ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ**

UDC 681.518.3

**M.V. Drohobytzkyi, A.M. Palamar, Ph.D, Assoc. Prof., N.S. Lutsyk, Ph.D, Assoc. Prof.**

### **COMPUTERIZED NOISE LEVEL MONITORING SYSTEM BASED ON THE INTERNET OF THINGS**

Шум у сучасних містах стає серйозною проблемою, яка впливає на якість життя та здоров'я мешканців. Дослідження в галузі моніторингу рівня шуму важливе для розробки ефективних стратегій щодо його контролю та зменшення [1]. Проблема вимірювання шуму стає більш складною в умовах міського середовища, де велика кількість джерел шуму взаємодіють між собою, а традиційні методи моніторингу не завжди є ефективними. У зв'язку з цим, актуальність створення нових технологічних рішень для вимірювання та аналізу рівня шуму на вулицях та об'єктах громадського призначення зростає.

Метою цього дослідження є розробка комп'ютеризованої системи моніторингу рівня шуму, яка базується на концепції Інтернету речей (IoT). Система передбачає використання розумних пристроїв, розташованих в ключових вулицях міста. Ці пристрої надсилають дані в хмарний сервіс, де проводиться їх аналіз та обробка [2]. Завдяки цьому, система може забезпечувати постійний моніторинг рівня шуму в режимі реального часу.

Основними компонентами системи є датчик шуму, мікроконтролер з підтримкою WiFi технології та хмарний сервер. Мікроконтролер отримує та аналізує сигнал про рівень шуму від датчика та надсилає дані в хмарний сервер через бездротову мережу. Хмарний сервер, у свою чергу, зберігає, аналізує отримані дані та надає користувачам до них доступ через веб-інтерфейс або мобільний додаток.

Запропонована система моніторингу шуму на основі IoT має ряд переваг. Вона надає можливість отримувати точні дані в режимі реального часу. Крім вимірювання інтенсивності рівня шуму, система має можливість аналізувати його спектральні характеристики, застосовуючи методи швидкого перетворення Фур'є.

Впровадження розробленої комп'ютеризованої системи моніторингу рівня шуму на основі IoT сприятиме вирішенню проблеми шумового забруднення у міських районах. Висока точність та можливість роботи в режимі реального часу роблять її ефективним інструментом для моніторингу рівня шуму, що важливо для поліпшення якості життя мешканців міст.

#### **Література**

1. Anachkova M., Domazetovska S., Petreski Z., Gavriloski V. Design of low-cost wireless noise monitoring sensor unit based on IoT concept. Journal of Vibroengineering. Volume 23, Issue 4. 2021. P. 1056-1064.

2. Дрогобицький М.В., Луцик Н.С., Паламар А.М. Комп'ютерна система для дистанційного контролю рівня шуму навколишнього середовища. Актуальні задачі сучасних технологій : збірник тез доповідей XII міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів, Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2023. С. 127.

УДК 681.518.3

**А.М. Паламар, канд. техн. наук, доц., Р.О. Романчук, М.В. Дрогобицький**  
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

### **КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ РІВНЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ПИЛУ НА ОСНОВІ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ**

UDC 681.518.3

**A.M. Palamar, Ph.D, Assoc. Prof., R.O. Romanchuk, M.V. Drohobytskyi**

### **COMPUTERIZED SYSTEM FOR REMOTE MONITORING OF DUST CONCENTRATION LEVEL BASED ON THE INTERNET OF THINGS**

У сучасних умовах зростання промисловості та будівництва, а також з урахуванням впливу антропогенних факторів, проблема забруднення повітря стає все більш актуальною. Концентрація пилу в атмосфері може негативно впливати як на стан довкілля, так і на здоров'я населення [1]. У цьому контексті виникає необхідність вдосконалення систем моніторингу для забезпечення надійності та ефективності виявлення рівня концентрації пилу в повітрі. Погіршення якості повітря підкреслює важливість створення надійних систем моніторингу [2]. Пил у повітрі спричиняє суттєві виклики як для екологічної стійкості, так і для громадського здоров'я. Існуючі системи часто є статичними та обмеженими у своєму функціоналі, що ускладнює забезпечення доступу до реальних даних з різних місць.

Основною метою даного дослідження є розробка та впровадження комп'ютеризованої системи для віддаленого моніторингу концентрації пилу в повітрі. Система спрямована на підвищення точності, ефективності та доступності отримання екологічних даних, що надає корисну інформацію для прийняття рішень.

Запропонована система базується на технології Інтернету речей (IoT), яка дозволяє здійснювати безперервний обмін даними між давачами, центральним процесором та інтерфейсом користувача. Система працює шляхом неперервного збору даних від давачів пилу, їх обробки за допомогою мікроконтролера та відображення інформації через зручний інтерфейс. Користувачі можуть отримувати доступ до даних про концентрацію пилу в реальному часі віддалено, полегшуючи своєчасне прийняття рішень для його зменшення.

Запропонована комп'ютерна система віддаленого моніторингу концентрації пилу в повітрі представляє собою інноваційний підхід у сфері моніторингу довкілля. Шляхом поєднання технологій Інтернету речей та комп'ютерних систем, це рішення пропонує ефективний засіб для вирішення проблем якості повітря. До переваг цієї системи можна віднести можливість її роботи в режимі реального часу, віддалений доступ до даних. Отже, ця система є важливим інструментом для управління довкіллям та ініціативами з охорони здоров'я.

#### **Література**

1. Palamar A., Karpinski M., Palamar M., Osukhivska H., Mytnyk M. Remote Air Pollution Monitoring System Based on Internet of Things. CEUR Workshop Proceedings, 2nd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems (ITTAР 2022), Ternopil, Ukraine, November 22–24, 2022. Vol. 3309. P. 194-204.

2. Ларіоник Р.В., Луцик Н.С., Паламар А.М. Система для моніторингу якості атмосферного повітря на базі IoT. Матеріали ІХ науково-технічної конференції "Інформаційні моделі, системи та технології" Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Тернопіль: ТНТУ. 2021. С. 116.

<b>Андрій Волошчук, Галіна Осухівська</b> АРХІТЕКТУРА СИСТЕМИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПІДПРИЄМСТВА ДЛЯ ОТРИМАННЯ ДАНИХ ПРО СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ <b>Andrii Voloshchuk, Halyna Osukhivska</b> ARCHITECTURE OF THE ENERGY COMPANY'S SYSTEM FOR OBTAINING DATA ON ELECTRICITY CONSUMPTION	140
<b>Олег Ясній, Микола Галас</b> НЕЙРОННА МЕРЕЖА РОЗПІЗНАВАННЯ НОМЕРНИХ ЗНАКІВ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПАРКОВКОЮ <b>Oleh Yasniy, Mykola Halas</b> NEURAL NETWORK FOR RECOGNITION OF NUMBER SIGNS IN THE ORGANIZATION OF THE PARKING MANAGEMENT SYSTEM	141
<b>Лупенко А. М., Гарасівка А. В.</b> РОЛЬ ТА ПЕРЕВАГИ РЕЗЕРВНОГО КОПИЮВАННЯ ДАНИХ МОБІЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ У СУЧАСНОМУ ЦИФРОВОМУ СВІТІ <b>Lupenko A. M., D.E.Sc., Harasivka A. V.</b> ROLE AND BENEFITS OF MOBILE DATA BACKUP IN TODAY'S DIGITAL WORLD	142
<b>Лупенко А. М., Гарасівка А. В.</b> КЛЮЧОВІ ЕЛЕМЕНТИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ХМАРНИХ СХОВИЩ <b>Lupenko A. M., Harasivka A. V.</b> KEY ELEMENTS OF THE INFORMATION MODEL OF CLOUD STORAGE	144
<b>Андрій Луцків, Віктор Гладій</b> СТРУКТУРА ТА ВЗАЄМОДІЯ МІЖ БЛОКАМИ У БЛОКЧЕЙН <b>Andriy Lutskiv, Viktor Hladii</b> STRUCTURE AND INTERACTION BETWEEN BLOCKS IN BLOCKCHAIN	145
<b>Олександр Голотенко, Андрій Бойчун</b> РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ МІКРОКЛІМАТУ СКЛАДСЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ ТРАНСПОРТНОЇ КОМПАНІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ ІoT <b>Oleksandr Holotenko, Andrii Boichun</b> DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR MONITORING OF THE MICROCLIMATE OF WAREHOUSES OF A TRANSPORT COMPANY USING IOT TECHNOLOGIES	146
<b>Василь Яцишин, Олександр Горбач</b> ШАБЛОН ПРЕДСТАВЛЕННЯ ВІДГУКІВ КОРИСТУВАЧІВ В ПРОЦЕСІ РОЗРОБКИ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ <b>Vasyl Yatsyshyn, Oleksandr Horbach.</b> TEMPLATE OF USER FEEDBACK IN THE DEVELOPMENT PROCESS OF COMPUTER SYSTEMS	147
<b>М.В. Дрогобиський, А.М. Паламар, Н.С. Луцк</b> КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ РІВНЯ ШУМУ НА ОСНОВІ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ <b>M.V. Drohobytzkyi, A.M. Palamar, N.S. Lutsyk</b> COMPUTERIZED NOISE LEVEL MONITORING SYSTEM BASED ON THE INTERNET OF THINGS	148
<b>О.А. Дячук; Р.О. Жаровський</b> ВИКОРИСТАННЯ SDN ДЛЯ ОТИМІЗАЦІЇ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ В КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖАХ <b>O.A. Diachuk; R.O. Zharovskyi</b> USING SDN TO OPTIMIZE DATA TRANSMISSION IN COMPUTER NETWORKS	149

<b>Ясній О.П., Крисюк І.В.</b> ФАКТОРИ ВПЛИВУ НА НАДІЙНІСТЬ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ В ПРОЦЕСІ ЇХ РОЗРОБКИ <b>Yasniy O.P., Krysiuk I.V.</b> EFFECTS RELIABILITY FACTORS OF COMPUTER SYSTEMS IN THE PROCESS OF THEIR DEVELOPMENT	161
<b>Василь Яцишин, Іван Кучма</b> КЛАСИФІКАЦІЯ ОНТОЛОГІЙ В ПРОЦЕСІ МОДЕЛЮВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ <b>Vasyl Yatsyshyn, Ivan Kuchma</b> CLASSIFICATION OF ONTOLOGIES IN THE PROCESS OF COMPUTER NETWORK MODELING	162
<b>І.В. Лылик, А.М. Паламар</b> КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА МОНИТОРИНГУ РІВНЯ УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ОСНОВІ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ <b>I.V. Lylyk, A.M. Palamar</b> COMPUTERIZED ULTRAVIOLET RADIATION LEVEL MONITORING SYSTEM BASED ON THE INTERNET OF THINGS	163
<b>Андрій Луцків, Сергій Макогон</b> ТИПИ АРХІТЕКТУР НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ПЕРЕТВОРЕННЯ ТЕКСТОВИХ ПОВІДОМЛЕНЬ У ЗВУКОВИЙ ПОТІК <b>Andriy Lutskiv, Serhii Makohon</b> TYPES OF NEURAL NETWORK ARCHITECTURES FOR TEXT TO SPEECH	164
<b>Андрій Луцків, Юрій Мельничук</b> МУЛЬТИАГЕНТНА ОРГАНІЗАЦІЯ СЕРВЕРА ОНЛАЙН АУКЦІОНІВ <b>Andriy Lutskiv, Yuriy Melnychuk</b> MULTI-AGENCY ONLINE AUCTION SERVER ORGANIZATION	165
<b>Галина Осухівська, Денис Муштин</b> КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ЗА МЕТЕОДАНИМИ ДЛЯ ОБПРИСКУВАЧА <b>Halyna Osukhivska, Denys Mushtyn</b> COMPUTERIZED METEODATA CONTROL SYSTEM FOR SPRAYER	166
<b>Т.А. Озарків; Р.О. Жаровський</b> МЕТОД ОПТИМІЗАЦІЇ EIGRP ПРОТОКОЛУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ В КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖАХ <b>T. A. Ozarkiv; R.O. Zharovskyi</b> THE METHOD OF OPTIMIZING THE EIGRP PROTOCOL TO INCREASE THE PRODUCTIVITY OF DATA TRANSMISSION IN COMPUTER NETWORKS	167
<b>Андрій Луцків, Андрій Островський</b> ОРГАНІЗАЦІЯ ДОСТУПУ ДО МОДЕЛІ GPT-3 ЗАСОБАМИ МОВИ PYTHON <b>Andriy Lutskiv, Andriy Ostrovskiy</b> ORGANIZING ACCESS TO THE GPT-3 MODEL USING PYTHON	168
<b>А.М. Паламар, Р.О. Романчук, М.В. Дрогобиський</b> КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ РІВНЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ПИЛУ НА ОСНОВІ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ <b>A.M. Palamar, R.O. Romanchuk, M.V. Drohobytskyi</b> COMPUTERIZED SYSTEM FOR REMOTE MONITORING OF DUST CONCENTRATION LEVEL BASED ON THE INTERNET OF THINGS	169
<b>Ярослав Панчишин</b> СТРУКТУРА СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ МІНІ-ТЕПЛИЦІ <b>Yaroslav Panchyshyn</b> STRUCTURE OF THE MINI-GREENHOUSE MICROCLIMATE PARAMETER CONTROL SYSTEM	170