

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Комп'ютеризована система аналізу популяції  
лабораторних мишей

Виконав: студент IV курсу, групи СИ-41  
спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Антонюк В.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Яцишин В.В.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Луцик Н.С.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Осухівська Г.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Марценюк В.П.

(прізвище та ініціали)

Тернопіль  
2024

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)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Антонюку Віталію Івановичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Комп'ютеризована система аналізу популяції лабораторних мишей

Керівник роботи Яцишин Василь Володимирович, к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 24 » квітня 2024 року № 4.7-408

2. Термін подання студентом завершеної роботи 23.06.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Типи сенсорів для виявлення руху об'єктів, ультразвукові сенсори, радары для виявлення відстані до об'єктів та кількості об'єктів

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

Вступ. 1. Аналіз вимог та існуючих систем виявлення та аналізу популяцій тварин.

2. Проектування комп'ютеризованої системи аналізу популяції лабораторних мишей

3. Розробка програмного забезпечення і тестування системи аналізу популяції лабораторних мишей. 4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці. Висновки

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

1. Архітектура системи аналізу популяції лабораторних мишей.

2. Схеми підключення сенсорів руху та ультразвуку.

3. Структурна схема радарів для виявлення гризунів.

4. Алгоритм роботи програми для активації радарів.

## 6. Консультанти розділів роботи

| Розділ                                               | Прізвище, ініціали та посада консультанта   | Підпис, дата   |                  |
|------------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------|------------------|
|                                                      |                                             | завдання видав | завдання прийняв |
| <i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i> | <i>Пилипець М.І., д.т.н., проф. каф. МТ</i> |                |                  |
|                                                      |                                             |                |                  |
|                                                      |                                             |                |                  |
|                                                      |                                             |                |                  |
|                                                      |                                             |                |                  |
|                                                      |                                             |                |                  |
|                                                      |                                             |                |                  |
|                                                      |                                             |                |                  |

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів роботи                                                                                | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------|
| 1.    | <i>Розробка і затвердження технічного завдання</i>                                                 | <i>24.04-27.04.2024</i>        |          |
| 2.    | <i>Аналіз технічного завдання</i>                                                                  | <i>28.04-03.05.2024</i>        |          |
| 3.    | <i>Аналіз вимог та існуючих систем виявлення та аналізу популяції тварин</i>                       | <i>05.05-08.05.2024</i>        |          |
| 4.    | <i>Проектування комп'ютеризованої системи аналізу популяції лабораторних мишей</i>                 | <i>08.05-18.05.2024</i>        |          |
| 5.    | <i>Розробка програмного забезпечення і тестування системи аналізу популяції лабораторних мишей</i> | <i>18.05-25.05.2024</i>        |          |
| 6.    | <i>Розробка інструкцій щодо підключення та використання пристроїв комп'ютеризованої системи</i>    | <i>26.05-05.06.2024</i>        |          |
| 7.    | <i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>                                               | <i>05.06-10.06.2024</i>        |          |
| 8.    | <i>Оформлення кваліфікаційної роботи</i>                                                           | <i>10.06-14.06.2024</i>        |          |
| 9.    | <i>Попередній захист кваліфікаційної роботи</i>                                                    | <i>14.06-19.06.2024</i>        |          |
| 10.   | <i>Захист кваліфікаційної роботи</i>                                                               | <i>24.06-27.06.2024</i>        |          |
|       |                                                                                                    |                                |          |
|       |                                                                                                    |                                |          |
|       |                                                                                                    |                                |          |
|       |                                                                                                    |                                |          |
|       |                                                                                                    |                                |          |
|       |                                                                                                    |                                |          |

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)*Антонюк Віталій Іванович*\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_  
(підпис)*Яцишин Василь Володимирович*\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Комп'ютеризована система аналізу популяції лабораторних мишей // Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр // Антонюк Віталій Іванович // ТНТУ, спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»// Тернопіль, 2024 // с.– 78 , рис. – 44 , табл. – 8, аркушів А1 – 4, бібліогр. – 20.

Ключові слова: система, виявлення, аналіз, популяція, гризун.

У кваліфікаційній роботі розроблено проект комп'ютеризованої системи аналізу популяції лабораторних мишей на основі Raspberry PI 4, як центрального пристрою керування та набору сенсорів для визначення руху гризунів і відстані до пастки.

Сенсор руху використовуються у системі як тригер сповіщення про переміщення гризунів на різній відстані від пастки з приманкою для мишей. При спрацюванні цього сенсора активується інфрачервона відеокамера, яка виконує захоплення зображень лабораторних мишей, які перебувають у пастці.

Ультразвуковий сенсор вмонтований у мікрофон і дає можливість визначити відстань від пастки до гризунів, які видають звуки в ультракороткому діапазоні частот.

Радари використовуються для моніторингу кількості гризунів на відстані від 2 до 10 м від встановленої пастки і дають можливість аналізувати їх популяцію.

Зображення з камери та мікрофона записуються на SD-картку у вигляді файлів, які в подальшому можуть бути використані для реалізації алгоритмів машинного навчання. Це дозволить більш точно та ефективно виявляти типи гризунів та приймати рішення.

## ABSTRACT

Computerized system for the laboratory mouse population analysis // Bachelor's thesis // Antoniuk Vitalii// TNTU, speciality 123 «Computer engineering»// Ternopil, 2024 // p.– 78 , fig. – 44 , tab. – 7, posters A1 – 4, ref. – 20.

Keywords: system, detection, analysis, population, rodent.

In the qualifying work, a project of a computerized system for analyzing the population of laboratory mice based on Raspberry PI 4, as a central control device and a set of sensors for determining the movement of rodents and the distance to the trap, was developed.

The motion sensor is used in the system as a trigger for notification of movement of rodents at different distances from the trap with mouse bait. When this sensor is triggered, an infrared video camera is activated, which captures images of laboratory mice that are in a trap.

The ultrasonic sensor is built into the microphone and makes it possible to determine the distance from the trap to rodents that emit sounds in an ultra-short frequency range. Radars are used to monitor the number of rodents at a distance of 2 to 10 m from the set trap and make it possible to analyze their population.

Images from the camera and microphone are recorded on an SD card in the form of files that can later be used to implement machine learning algorithms. This will allow more accurate and efficient detection of rodent types and decision-making

## ЗМІСТ

|                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП .....                                                                                               | 8  |
| РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ВИМОГ ТА ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ВИЯВЛЕННЯ ТА АНАЛІЗУ ПОПУЛЯЦІЙ ТВАРИН.....                       | 10 |
| 1.1 Аналіз вимог до створення комп'ютеризованої системи аналізу популяції лабораторних мишей .....        | 10 |
| 1.2 Аналіз систем виявлення тварин .....                                                                  | 15 |
| 1.2.1 Аналіз систем для виявлення тварин на автодорогах та магістралях.....                               | 16 |
| 1.2.2 Аналіз систем виявлення гризунів.....                                                               | 18 |
| РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ АНАЛІЗУ ПОПУЛЯЦІЇ ЛАБОРАТОРНИХ МИШЕЙ .....                | 20 |
| 2.1 Проектування архітектури комп'ютеризованої системи аналізу популяції лабораторних мишей .....         | 20 |
| 2.2 Центральний пристрій керування Raspberry PI 4 Model B.....                                            | 22 |
| 2.3 Сенсор руху HC-SR501 .....                                                                            | 25 |
| 2.4 Ультразвуковий сенсор HCSR04 .....                                                                    | 27 |
| 2.5 Інфрачервона камера Raspberry PI IR-CUT .....                                                         | 31 |
| 2.6 Радар IWR1642.....                                                                                    | 33 |
| 2.7 Радар для визначення багатьох об'єктів RadarIQ .....                                                  | 36 |
| РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ І ТЕСТУВАННЯ СИСТЕМИ АНАЛІЗУ ПОПУЛЯЦІЇ ЛАБОРАТОРНИХ МИШЕЙ..... | 39 |

|                  |             |                        |               |             |                                                               |             |                |
|------------------|-------------|------------------------|---------------|-------------|---------------------------------------------------------------|-------------|----------------|
|                  |             |                        |               |             | <i>КС КРБ 123.107.00.00 ПЗ</i>                                |             |                |
|                  |             |                        |               |             |                                                               |             |                |
| <i>Змн.</i>      | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i>        | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |                                                               |             |                |
| <i>Розроб.</i>   |             | <i>Антонюк В.І.</i>    |               |             | Комп'ютеризована система аналізу популяції лабораторних мишей |             |                |
| <i>Перевір.</i>  |             | <i>Яцишин В.В.</i>     |               |             |                                                               |             |                |
| <i>Реценз.</i>   |             |                        |               |             |                                                               |             |                |
| <i>Н. Контр.</i> |             | <i>Луцик Н.С.</i>      |               |             |                                                               |             |                |
| <i>Затверд.</i>  |             | <i>Осухівська Г.М.</i> |               |             |                                                               |             |                |
|                  |             |                        |               |             | <i>Літ.</i>                                                   | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
|                  |             |                        |               |             |                                                               | 6           |                |
|                  |             |                        |               |             | <i>ТНТУ, каф. КС,<br/>гр. СІ-41</i>                           |             |                |

|                                                         |                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1                                                     | Структура та алгоритми роботи програмного забезпечення комп'ютеризованої системи аналізу популяції лабораторних мишей ..... | 39 |
| 3.2                                                     | Схема підключення та програма управління сенсором руху .....                                                                | 42 |
| 3.3                                                     | Налаштування ультразвукового сенсора .....                                                                                  | 45 |
| 3.4                                                     | Тестування функціональності компонентів комп'ютеризованої системи виявлення гризунів .....                                  | 47 |
| 3.4.1                                                   | Тестування сенсора руху .....                                                                                               | 47 |
| 3.4.2                                                   | Тестування камери для фіксації гризунів .....                                                                               | 48 |
| 3.4.3                                                   | Тестування мікрофона при виявленні гризунів.....                                                                            | 50 |
| 3.4.4                                                   | Тестування радару IWR1642 .....                                                                                             | 50 |
| 3.4.5                                                   | Тестування RadarIQ .....                                                                                                    | 53 |
| РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ. |                                                                                                                             | 56 |
| 4.1                                                     | Вимоги до режимів праці і відпочинку при використанні комп'ютеризованої системи аналізу лабораторних мишей.....             | 56 |
| 4.2                                                     | Вплив електромагнітних полів (ЕМП) на людину та заходи щодо зменшення їх впливу на персонал.....                            | 58 |
| ВИСНОВКИ .....                                          |                                                                                                                             | 63 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....                         |                                                                                                                             | 64 |
| Додаток А Технічне завдання                             |                                                                                                                             |    |

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КС КРБ 123.107.00.00 ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                | 7    |

## ВСТУП

Розвиток практично усіх сфер діяльності людини сьогодні супроводжується інтенсивним впровадженням технологій автоматизації та інформаційних технологій. Це зумовлено значним прогресом у галузі інтернету речей, комп'ютерної і програмної інженерії, а також штучного інтелекту.

Важливими з точки зору дослідження та прогнозування приросту або зниження певних популяцій тварин є розробка комп'ютерних систем, які б давали можливість аналізувати їх кількість в залежності від умов навколишнього середовища, факторів харчування та сумісності з іншими популяціями. Так, в природніх умовах дикої природи встановлюють різноманітні фотопастки, які дають змогу фіксувати тварин. Окрім цього, сучасні системи можуть бути оснащені сенсорами руху, акустичними пристроями та іншими засобами, які дозволяють визначати певний тип особини.

На сьогодні актуальними задачами в агросекторі та в щільно урбанізованих місцях є аналіз популяції різних видів гризунів, які впливають на якість життя та здоров'я людей. Загалом у тепліших і вологіших середовищах проживають більше видів гризунів. Ці особливості навколишнього середовища роблять щурів більш імовірними щодо співіснування з людьми, а також збільшує шкоду, завдану сільському господарству. Гризуни негативно впливають на стан здоров'я людей, сільського господарства та навіть інфраструктури. Проте ці тварини є невід'ємним елементом ланцюжка у біосфері і мають також сприятливий вплив на довкілля, включаючи аерацію ґрунту, кругообіг мінеральних поживних речовин, посилене поглинання води, біотичне відновлення та контроль популяцій комах.

Проте, шкоду, яку вони завдають людині є доволі високою і виражається через пошкодження врожаїв зернових культур, овочів, а також розповсюдженням небезпечних хвороб. Враховуючи перелічені вище фактори, актуальним на сьогодні є розробка і впровадження систем виявлення, аналізу та контролю популяцій мишей та інших гризунів.

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КС КРБ 123.107.00.00 ПЗ</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 8    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

У роботі пропонується реалізувати комп'ютеризовану систему аналізу популяцій гризунів в лабораторних умовах, яку в подальшому можна буде застосовувати як в агросекторі, так і в густонаселених містах.

|             |             |                 |               |             |                                |      |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--------------------------------|------|
|             |             |                 |               |             | <i>КС КРБ 123.107.00.00 ПЗ</i> | Арк. |
|             |             |                 |               |             |                                | 9    |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |                                |      |

## РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ВИМОГ ТА ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ВИЯВЛЕННЯ ТА АНАЛІЗУ ПОПУЛЯЦІЙ ТВАРИН

### 1.1 Аналіз вимог до створення комп'ютеризованої системи аналізу популяції лабораторних мишей

Комп'ютеризована система аналізу популяції лабораторних мишей призначена для виявлення та встановлення кількості гризунів, які проживають на певній обмеженій території. Ідея створення такої системи полягає в тому, щоб забезпечити, на основі застосування комп'ютеризованих засобів, можливість збору та зберігання інформації щодо кількості особин певного виду.

Комп'ютеризована система розробляється в якості прототипу системи, яка може використовуватися в агросекторі, зокрема, для виявлення та розвитку популяції гризунів у полях із зерновими та іншими культурами. Це дозволить приймати рішення щодо вживання заходів по зменшенню шкідливого впливу на майбутній урожай, а також фіксувати міграцію мишей та інших гризунів на певні локації поля.

Прототип системи аналізу популяції лабораторних мишей пропонується реалізувати за допомогою IoT пристроїв, центрального пристрою опрацювання інформації у вигляді мікроконтролера та пастки, у якій будуть розміщені вище перелічені засоби.

Метою створення комп'ютеризованої системи аналізу популяції лабораторних мишей є реалізація засобу автоматизованого виявлення, фіксації та аналізу кількості гризунів, які одночасно перебувають в одному локальному просторі.

Досягнути мети щодо створення системи аналізу популяції лабораторних мишей можна, розв'язавши множину наступних задач:

|           |      |                 |        |      |                                                               |                             |  |      |         |
|-----------|------|-----------------|--------|------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------|--|------|---------|
|           |      |                 |        |      | КС КРБ 123.107.00.00 ПЗ                                       |                             |  |      |         |
|           |      |                 |        |      |                                                               |                             |  |      |         |
| Змн.      | Арк. | № докум.        | Підпис | Дата |                                                               |                             |  |      |         |
| Розроб.   |      | Антонюк В.І.    |        |      | Аналіз вимог та існуючих систем<br>виявлення популяцій тварин | Літ.                        |  | Арк. | Аркушів |
| Перевір.  |      | Яцишин В.В.     |        |      |                                                               |                             |  | 10   |         |
| Реценз.   |      |                 |        |      |                                                               | ТНТУ, каф. КС,<br>гр. СІ-41 |  |      |         |
| Н. Контр. |      | Луцик Н.С.      |        |      |                                                               |                             |  |      |         |
| Затверд.  |      | Осухівська Г.М. |        |      |                                                               |                             |  |      |         |

- дослідження методів і способів виявлення живих об’єктів у просторі та в часі;
- аналіз існуючих подібних систем для виявлення тварин;
- обґрунтування вибору апаратних пристроїв для виявлення та визначення кількості гризунів, які одночасно перебувають в одній локації;
- проектування схем підключення пристроїв та сенсорів для аналізу наявності мишей;
- аналіз сумісності та синхронізації роботи обраних пристроїв;
- розробка алгоритмів та програмного забезпечення для керування сенсорами виявлення гризунів, їх фіксації та записом відповідної інформації у файли ;
- реалізація програмного забезпечення керування зарядною станцією на локальному рівні в домашніх умовах;
- налаштування з подальшим тестуванням апаратного і програмного забезпечення комп’ютеризованої системи аналізу популяції лабораторних мишей.

Основною функцією комп’ютеризованої системи аналізу популяції лабораторних мишей є виявлення, в межах від 10 м до пастки, гризунів, аналіз їх поведінки при потраплянні у пастку, визначення кількості особин, а також аналіз звуків, які видають миші в ультразвуковому хвильовому діапазоні.

Функції, які повинна забезпечувати система аналізу популяції лабораторних мишей стосуються:

- інтеграції різних типів сенсорів, які забезпечують виявлення гризунів на короткій відстані;
- налаштування параметрів апаратних пристроїв для точного та надійного виявлення кількості особин лабораторних мишей в одному місці.
- забезпечення ідентифікації та класифікації гризунів.

Комп’ютеризована система аналізу популяції лабораторних мишей повинна забезпечувати визначену функціональність, яка стосується:

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КС КРБ 123.107.00.00 ПЗ</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 11   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

- можливості виявлення гризунів при їх переміщенні недалеко від встановленої пастки;
- можливості аналізу на певній відстані звуків, які видають миші в ультракороткому діапазоні частот;
- можливості фіксації зображень гризунів, які потрапляють у пастку;
- здатності визначати відстань і відображати рух мишей на визначеній площі;
- можливості централізованого управління сенсорами;
- можливості запису та зберігання інформації із сенсорів на карту пам'яті.

Функції, які висуваються до системи забезпечують сенсори руху, ультразвукові сенсори, камера та радари. Управління всіма цими пристроями повинен забезпечувати однокристальний мінікомп'ютер на базі Raspberry PI.

Вимоги, які висуваються до сенсорів руху:

- можливість виявити, якщо деякі з гризунів потрапляють у пастку;
- здатність виявити, коли гризун знаходиться поблизу пастки;
- оцінка кількості гризунів біля пастки.

Вимоги до ультразвукового сенсора такі ж як і до сенсора руху, однак повинні додатково дозволяти фіксувати звуки, які видають лабораторні миші. Розміщення ультразвукового датчика повинно бути всередині пастки.

Камера, яка використовується у системі аналізу популяції гризунів повинна спрацьовувати і фіксувати зображення та відео незалежно від часу доби у хорошій роздільній здатності. Тому варто в проекті системи застосувати інфрачервону камера. Даний тип камери повинен забезпечувати:

- здатність виявлення і фіксації інстинктів гризуна;
- можливість записати рух мишей у просторі та часі.

Вимоги до мікрофона, в який може бути інтегрований ультразвуковий сенсор, повинні забезпечувати:

- можливість запису звуку з можливістю визначення гризунів у просторі та часі;

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КС КРБ 123.107.00.00 ПЗ</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 12   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

- можливість моніторингу положення гризунів.

Запис руху гризунів доцільно виконувати шляхом фіксації звуків, які вони видають для розуміння їх поведінки.

Вимоги до радіолокатора, які використовують в системі аналізу популяції гризунів:

- здатність виявляти лабораторних мишей на певній території на віддалі 5- 50 м;
- можливість оцінити популяцію гризунів у прилеглій території.

Радари збільшують дальність виявлення гризунів, а також не потребує нанесення міток на тварин.

Радар широко використовується в різних сферах, включаючи авіацію, навігацію, метеорологію, військові та наукові дослідження, для широкого спектру застосувань, включаючи моніторинг і відстеження об'єктів або явищ, що представляють інтерес. Радар працює без впливу навколишнього середовища та погодних умов.

В залежності від типу структурного компоненту системи аналізу популяції лабораторних мишей тип підключення може бути різний. Сенсор ультразвуку, який може бути вмонтований в мікрофон та сенсор руху підключаються до Raspberry PI за допомогою з'єднання через відповідні виводи GPIO та власні контакти. Оскільки, у системі передбачено використання кількох сенсорів руху, то підключення до мікроконтролера відбувається через Bread Board.

Підключення інфрачервоної камери повинно здійснюватися через визначений порт Raspberry PI. Радари, які зазвичай, виконані як окремі модулі, комунікують з центральним пристроєм керування системи аналізу популяції лабораторних мишей через USB інтерфейс.

Оскільки, інформація із сенсорів та радарів записується на SD-карту у вигляді файлу, то передача даних на комп'ютер для виконання операцій безпосереднього аналізу даних може використовувати безпроводну технологію WIFI. Копіювання даних з файлів, або безпосередньо файлів, може відбуватися

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КС КРБ 123.107.00.00 ПЗ</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 13   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

локально з Raspberry PI, а потім вставлятися у сховище на сервері, або іншій машині, яка виконує його функції.

Діагностика функціональності та коректності функціонування системи передбачає проведення процедур перевірки і тестування кожного окремо взятого компоненту. Такі заходи проводять у випадках, коли виявлено порушення у нормальному функціонуванні сенсорів, радарів чи відеокамери, або самого мінікомп'ютера.

Окрім діагностики системи у випадку нештатних ситуацій, повинні проводитися діагностичні дії з обслуговування компонентів за визначеним розкладом. Це дозволяє мінімізувати виникнення ситуацій виходу з ладу обладнання системи аналізу популяцій гризунів та запобігти збоєм у її роботі.

Перспективами розвитку та модернізації системи аналізу популяції лабораторних мишей є подальша розробка інтелектуальних агентів, які забезпечують функції розпізнавання тварин за зображеннями, одержаними з камери та даними, отриманими з мікрофона з ультразвуковим сенсором. Окрім цього, для виявлення та дослідження популяції гризунів в перспективі пропонується використати сенсори більшого радіусу дії та більшої точності. Також можна масштабувати систему шляхом додавання більшої кількості сенсорів руху з метою більш детального вивчення поведінки мишей.

Надійність функціонування системи аналізу популяції лабораторних мишей визначається сукупністю показників надійності апаратних і програмних компонентів, які входять до її складу. На системному рівні показники надійності повинні характеризуватися високим рівнем відмовостійкості, доступності та безперебійного функціонування. Система повинна бути захищена від факторів агресивного середовища, у випадку застосування на відкритій місцевості, а також від неавторизованого доступу до апаратних і програмних компонентів.

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КС КРБ 123.107.00.00 ПЗ</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 14   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

## 1.2 Аналіз систем виявлення тварин

Для ефективного виявлення гризунів проводяться різні дослідження. У кваліфікаційній роботі пропонується розробити комп'ютеризовану систему для підвищення процесів виявлення і класифікації гризунів. Сфера виявлення тварин набуває все більшого значення завдяки широкому спектру практичних застосувань, таких як запобігання дорожньо-транспортним пригодам, спричиненим тваринами, захист житлових районів від небезпечних вторгнень тварин, контроль збитків, спричинених збільшенням популяції тварин, і аналіз поведінки конкретних тварин.

Загалом комп'ютеризовані системи виявлення тварин можна класифікувати за їх спрямованістю: виявлення, відстеження та ідентифікація тварин.

Для виявлення тварин використовуються різні методи, які включають системи, що базуються

- на опрацюванні зображень;
- на використанні нейромережевих алгоритмів;
- на основі сенсорів.

Для сенсорних методів виявлення тварин найчастіше використовуються сенсори руху, ультразвукові датчики і радары, які дають визначити на основі алгоритмів поширення радіохвиль відстань до тварин.

Нейромережеві методи, зокрема, технології DeepLearning потребують навчання моделі на наборах даних виявлених об'єктів. Методи, засновані на опрацюванні зображень, використовують обробку даних із зображень камери для ідентифікації та виявлення тварини.

У роботі пропонується реалізувати станцію сенсорної пастки для відстеження переміщень гризунів в лабораторних умовах і збору даних від різних сенсорів у середовищі, близькому до природнього.

Станція-пастка буде використовуватися як каркас для компонентів основних сенсорних систем (радары/датчики руху), які використовуються для

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КС КРБ 123.107.00.00 ПЗ</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 15   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

моніторингу впливу гризунів і аналізу поведінкових ефектів з використанням моделей, керованих комп'ютером.

Для ефективного та точного виявлення необхідно поєднати кілька сенсорних технологій і таким чином забезпечити виявлення та моніторинг гризунів.

#### 1.2.1 Аналіз систем для виявлення тварин на автодорогах та магістралях

Пристрій для виявлення тварин допомагає врятувати життя та зберегти худобу, щоб уникнути нещасних випадків зі смертельним результатом у результаті ДТП. Існує кілька методів виявлення тварин, які можна використовувати, зокрема це підхід, який базується на аналізі площі покриття та метод розбивання променя. Система працює, реагуючи на зміну фізичних умов, які впливають на її електричні властивості. Такі системи можуть аналізувати тепло, звук і рухи, які викликають тварини. Ці подразники перетворюються на цифрові сигнали, а потім надсилаються на комп'ютер для обробки та аналізу.

Системи зонального покриття бувають пасивними або активними. Пасивні системи покриття території складаються з пасивного інфрачервоного сенсора та системи відеофіксації, а системи активного покриття території складаються з мікрохвильового радара.

Проект FLASH [5] представляє собою систему, призначена для виявлення оленів на автомагістралях та сповіщення водіїв. Він складається з інфрачервоних сенсорів. Кожного разу, коли олень потрапляє в зону виявлення, ці датчики надсилають сигнал, який активує миготливі вогні. Ця модель випробовується вдень і вночі на дорозі в США з 18 жовтня по 19 травня. Разом з інфрачервоним датчиком геофон виявляє вібрацію ґрунту, спричинену тваринами, що перетинають дорогу. Коли датчик геофона активний, камера активується, і вся зона перетину записується.

У проекті [6] LADS тварина виявляється в області видимості камери та надсилає сповіщення. До складу цієї системи входять дві підсистеми: одна відстежує великих тварин, коли вони наближаються до дороги та пересуваються

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КС КРБ 123.107.00.00 ПЗ</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 16   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

відповідною територією, а інша сповіщає про транспортні засоби. Радар виявляє тварин, коли вони потрапляють у зоні дії системи. Сигнал радара перевіряється і ідентифікується як велика тварина. Потім система попередження водія вмикає бездротові пробліскові маячки.

У проекті Huijser [7] у 2017 році використовується доплерівська радарна технологія для ідентифікації тварин у зоні виявлення та попередження транспортних засобів за допомогою спрацьовуючих попереджувальних знаків. У цьому випадку використовуються тепловізійні камери для спостереження за тваринами в зоні покриття в поєднанні з радаром.

В одному з досліджень [8] йдеться про необхідність створення методики, яка могла б контролювати кількість зіткнень птахів з вітровими турбінами. У таких системах для забезпечення надійності виявлення використовується тепловізійна камера FLIR IRMV 320V, яка встановлюється у вертикальному положенні на штоку турбіни.

Функціональність інфрачервоної камери має вирішальне значення в нічний час. За допомогою тепловізора птахів можна помітити на відстані 225 м під час сильного снігопаду та 70 м під час густого туману. Доплерівський радар використовує датчик HB100. Радар активує виявлення, якщо сила відбитого сигналу нижча, ніж сигнал, який був наданий спочатку.

Для системи виявлення та аналізу зіткнення тварини з транспортним засобом можуть використовуватися системи передавачів та приймачів з інфрачервоними, лазерними та мікрохвильовими радіосигналами. Функція передавача полягає в тому, щоб посилати сигнал до приймача. Щоразу, коли тварина проходить між ними та порушує сигнал, вона активує попереджувальний знак для водія про тварину. Іншим застосуванням для виявлення тварин є моніторинг втручання тварин у середовище існування людини та впровадження заходів безпеки.

В одному з проектів для виявлення тварин використовуються PIR та ультразвуковий датчик, які посилають сигнал про присутність тварини в полі. Інша програма для виявлення тварин використовується для косіння.

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КС КРБ 123.107.00.00 ПЗ</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 17   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

### 1.2.2 Аналіз систем виявлення гризунів

У дослідженні Університету Тун Хусейна [9] для контролю популяції гризунів на рисових полях з метою їх виявлення використовується PIR-датчик. В азійських країнах домінуючим видом на півострові Малайзія є рисовий польовий щур і малайський лісовий щур, домашній щур і великий бандикут.

Зі збільшенням популяції щурів це небезпечно для плантацій і полів. Фермери також втрачали понад 8% врожаю кожного сезону. При побудові систем виявлення гризунів використовують сенсор руху, коли вони переміщуються в зону дії датчика або поза ним. Щоразу, коли виявлено рух, вихідний сигнал високий. Коли рух припиняється або щур виходить за межі діапазону, вихід залишається високим протягом кількох секунд. Пристрій є прототипом для виявлення щура датчиком на відстані від 1 до 7 метрів. Фізична активність є критичним параметром у багатьох дослідженнях, а детектор активності гризунів – це пристрій, призначений для спостереження за гризунами.

RAD – це економічно ефективна система з відкритим кодом для вимірювання активності гризунів. Система, що працює від батареї, встановлюється в домашніх клітках віварію і забезпечує тривалу роботу з високою пропускнуою здатністю без допомоги дослідника. Основна мета цього дослідження полягала в тому, щоб визначити, чи практичне використання пасивних інфрачервоних датчиків (PIR) з реєстраторами даних на основі мікроконтролерів. Використовується датчик PIR MSP430. Має низьке енергоспоживання. Дані збираються шляхом моніторингу 40 мишей у домашній клітці. Датчик PIR корисний для вимірювання руху протягом хвилин.

Хатні миші виробляють ультразвукові голосові сигнали, які складаються з різноманітних типів складів і повторюються протягом певного часу, створюючи шаблони послідовностей. MUD — це алгоритм [10], який автоматично виявляє ультразвуки миші.

У праці [11] йдеться про здатність акустично ідентифікувати та локалізувати рух миші, слухаючи їх ультразвукову вокалізацію. Це було досягнуто в лабораторних умовах за допомогою ультразвукової системи з трьома мікрофонами, які можуть записувати ультразвук до 120 кГц. У ньому описується використання ультразвукового мікрофона для пошуку мишей і щурів. Три спеціально виготовлені мікрофони використовуються для запису гризунів і мишей для тесту.

|             |             |                 |               |             |                                |      |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--------------------------------|------|
|             |             |                 |               |             | <i>КС КРБ 123.107.00.00 ПЗ</i> | Арк. |
|             |             |                 |               |             |                                | 19   |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |                                |      |

## РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ АНАЛІЗУ ПОПУЛЯЦІЇ ЛАБОРАТОРНИХ МИШЕЙ

### 2.1 Проектування архітектури комп'ютеризованої системи аналізу популяції лабораторних мишей

У кваліфікаційній роботі при побудові комп'ютеризованої системи аналізу популяції лабораторних мишей, а в перспективі для її застосування в агросекторі, запропоновано використати кілька видів сенсорів, які будуть монтуватися у спеціальну пастку. До сенсорів, які доцільно використовувати для вирішення такої задачі належать:

- сенсор руху – для виявлення руху у пастці або поблизу неї;
- ультразвуковий сенсор – для аналізу наявності мишей шляхом аналізу звуків, які видають гризуни у цьому діапазоні частот;
- відеокамера з інфрачервоним сенсором – для забезпечення можливості статичної фіксації гризунів, які потрапили у пастку;
- радар ультразвукового діапазону (мм) – забезпечує виявлення тварини на певній відстані від пастки;
- радар ультразвукового діапазону (см) – для виявлення та аналізу кількості гризунів у випадку їх одночасної появи біля пастки.

Для зберігання даних від сенсорів з метою їх накопичення та щоб в подальшому була можливість реалізувати смарт-систему моніторингу популяції тварин на основі методів штучного інтелекту потрібно передбачити можливість тимчасового локального зберігання інформації та можливості передачі у хмарні сховища, або сервер, який може бути розміщений в лабораторії.

Таким чином, враховуючи типи сенсорів і модулів, які необхідно використати для організації комп'ютеризованої системи аналізу популяції

|           |      |                 |        |      |                                                                             |  |  |                             |      |         |  |
|-----------|------|-----------------|--------|------|-----------------------------------------------------------------------------|--|--|-----------------------------|------|---------|--|
|           |      |                 |        |      | КС КРБ 123.107.00.00 ПЗ                                                     |  |  |                             |      |         |  |
|           |      |                 |        |      |                                                                             |  |  |                             |      |         |  |
| Змн.      | Арк. | № докум.        | Підпис | Дата |                                                                             |  |  |                             |      |         |  |
| Розроб.   |      | Антонюк В.І.    |        |      | Проектування комп'ютеризованої системи аналізу популяції лабораторних мишей |  |  | Літ.                        | Арк. | Аркушів |  |
| Перевір.  |      | Яцишин В.В.     |        |      |                                                                             |  |  |                             |      | 20      |  |
| Реценз.   |      |                 |        |      |                                                                             |  |  | ТНТУ, каф. КС,<br>гр. СІ-41 |      |         |  |
| Н. Контр. |      | Луцик Н.С.      |        |      |                                                                             |  |  |                             |      |         |  |
| Затверд.  |      | Осухівська Г.М. |        |      |                                                                             |  |  |                             |      |         |  |

гризунів, доцільним є застосування пристрою керування на базі Raspberry PI 4 Model B.

Архітектуру комп'ютеризованої системи аналізу популяції лабораторних мишей запропоновано побудувати виходячи із наведених вище складових систем. На рис. 2.1 представлено структуру цієї системи.

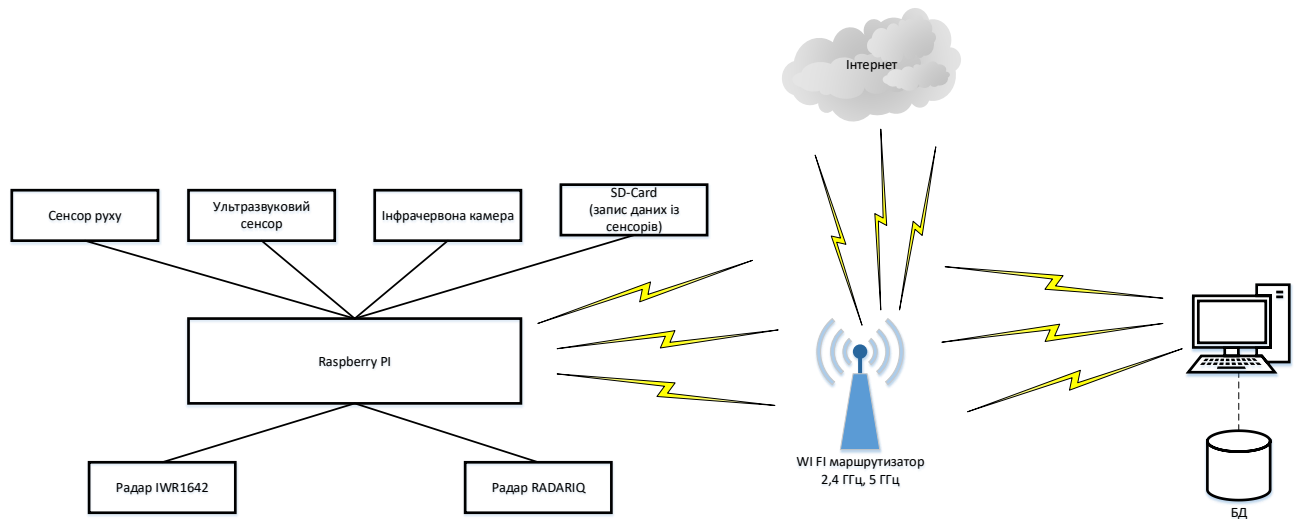


Рисунок 2.1 – Архітектура комп'ютеризованої системи аналізу популяції лабораторних мишей

Для формування пастки пропонується використати пастку Шермана, розміри якої та схему організації показано на рис. 2.2.

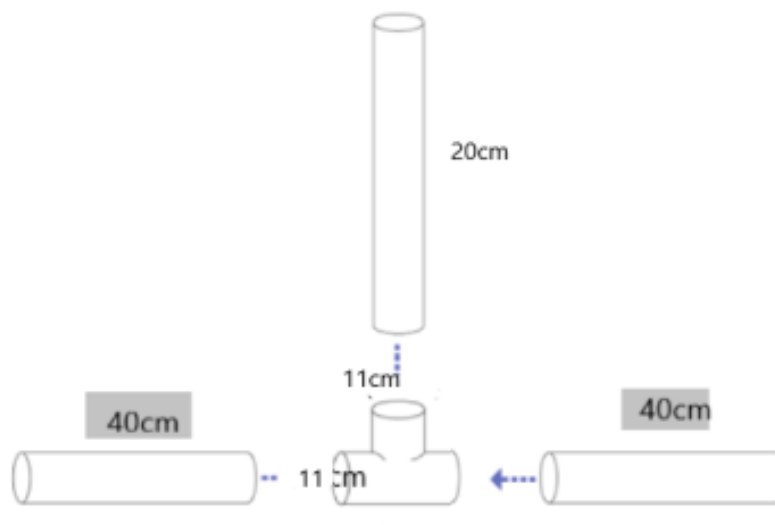


Рисунок 2.2 – Пастка Шермана

Схема розташування компонентів комп'ютеризованої системи аналізу популяції лабораторних мишей показано на рис. 2.3.

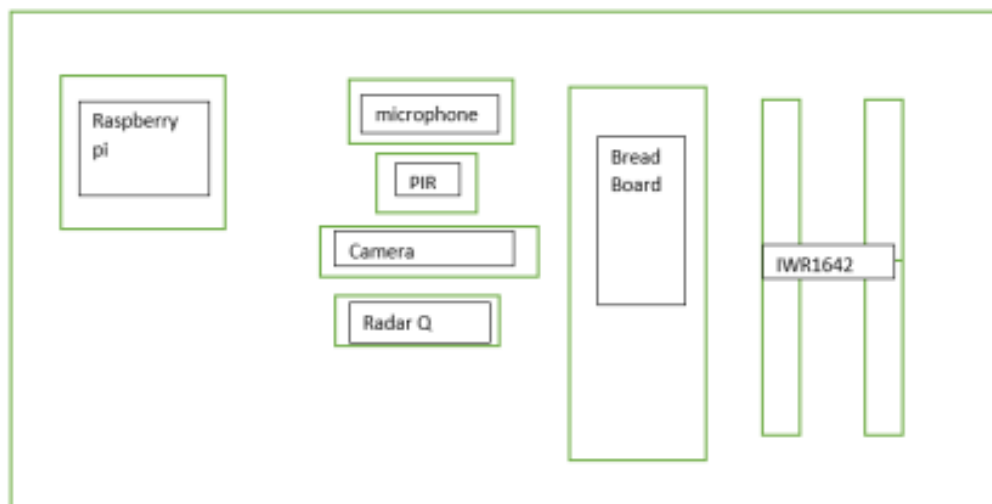


Рисунок 2.3 – Схема розташування апаратного забезпечення у пастці Шермана на вертикальні трубі

Підключення сенсорів руху та ультразвукового сенсору до Raspberry PI виконується через Bread Board до відповідних виводів GPIO. Підключення камери здійснюється за допомогою відповідного порта RPi, а радари, як автономні пристрої, приєднуються шляхом підключення до USB-портів. У наступних підрозділах наведено обґрунтування щодо використання запропонованих сенсорів і радарів.

## 2.2 Центральний пристрій керування Raspberry PI 4 Model B

Центральним пристроєм керування у системі аналізу популяції лабораторних мишей є Raspberry Pi 4 Model B (рис. 2.4), який оснащений:

- високопродуктивним 64-розрядним чотирьохядерним процесором,
- підтримкою двох дисплеїв із роздільною здатністю до 4K через порти micro HDMI,
- апаратним декодуванням відео до 4Kp60,
- підтримкою до 8 ГБ оперативної пам'яті

- подвійним діапазоном для організації бездротової локальної мережі 2,4/5,0 ГГц,
- Bluetooth 5.0,
- Gigabit Ethernet,
- USB 3.0 і можливість PoE (через окрему надбудову PoE HAT).

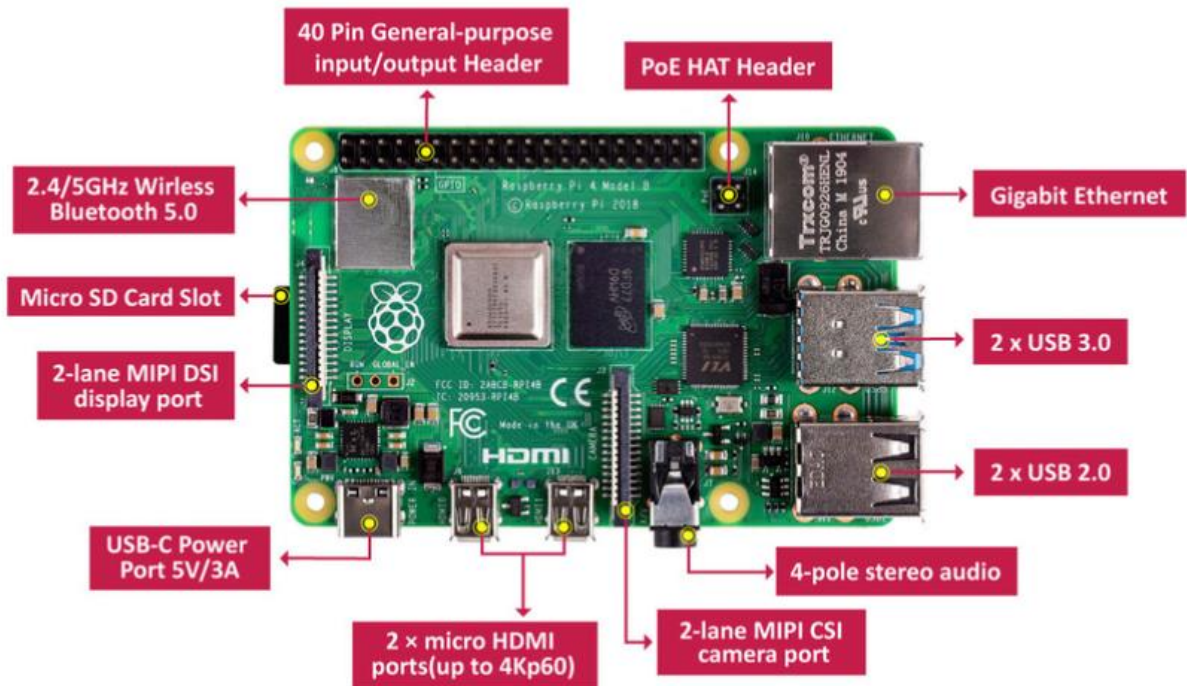
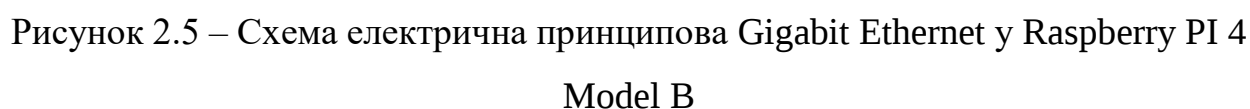


Рисунок 2.4 – Структурна схема організації Raspberry PI Model 4

Для кінцевого користувача Raspberry Pi 4 Model B забезпечує продуктивність настільного комп'ютера, яка порівнюється з ПК x86 початкового рівня. Цей мінікомп'ютер зберігає зворотну сумісність із попереднім поколінням Raspberry Pi 3 Model B+ і має аналогічне енергоспоживання, водночас пропонуючи суттєве збільшення швидкості процесора, мультимедійної продуктивності, пам'яті та мережевого з'єднання.

На рис. 2.5 та рис. 2.6 показано схеми електричні принципи для GPIO та Ethernet для RPI 4.



Згідно архітектури комп'ютеризованої системи аналізу популяції лабораторних мишей, усі інші сенсори та камера приєднуються до Raspberry PI або напряму або через BreadBoard.

## 2.3 Сенсор руху HC-SR501

Сенсор HC-SR501 базується на технології інфрачервоного випромінювання і є модулем автоматичного керування пристроїв при виявленні руху. Даний датчик використовує конструкцію зонда LHI778, володіє високою чутливістю і надійністю у режим роботи з наднизькою напругою. Сенсор HC-SR501 широко використовується при реалізації різноманітних комп'ютерних систем з автоматичним визначенням руху. На рис. 2.7 показано організацію схеми електричної принципової сенсора руху HC-SR501, а на рис. 2.8 – призначення його контактів.

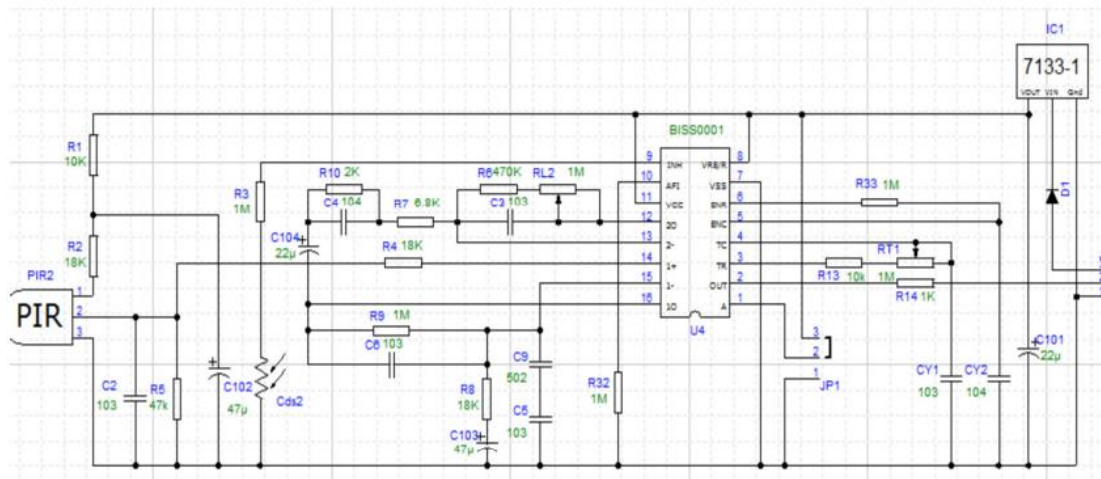


Рисунок 2.7 – Схема електрична принципова сенсора руху HC-SR501

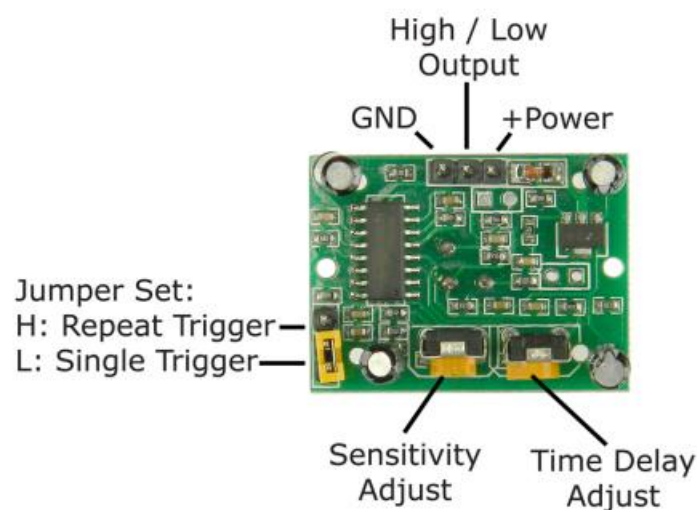


Рисунок 2.8 – Призначення виводів сенсора HC-SR501

Важливими характеристиками при застосуванні цього типу сенсора руху при проектуванні системи виявлення мишей є:

- автоматична індукція – забезпечується заданням діапазону чутливості вихідного сигналу на рівні високий, шляхом залишення діапазону чутливості автоматичної затримки на такому ж рівні, а вихідного сигналу на рівні низький;
- світлочутливий контроль – можна встановити світлочутливий контроль, інтенсивність світла може бути денною або без індукції;
- температурна компенсація – влітку, коли температура навколишнього середовища підвищується до 30–32 °С, відстань виявлення трохи скорочується, а температурну компенсацію можна використовувати для компенсації продуктивності;
- здатність спрацювати двома способами: без перемички – неповторюване спрацювання при якому вихід сенсора відповідає рівню Н і час затримки спрацювання закінчився, то вихід автоматично змінюється з рівня Н (High) на рівень L (Low); циклічний тригер – вихідний сигнал сенсора завжди відповідає рівню Н, якщо в його діапазоні виявлено активність;
- час блокування (за замовчуванням дорівнює 2,5 с) – модуль датчика після кожного вихідного сигналу переходить у попередньо налаштований стан блокування, протягом якого сенсор не приймає жодного сигналу;
- гнучко налаштовуваний діапазон напруги – за замовчуванням 4,5–20 В постійного струму;
- мікроенергоспоживання – статичний струм <50 мікроампер, особливо підходить для продуктів автоматичного керування, що живляться від батареї;
- сигнал на виході – легко досягти сумісності з різними типами схем.

На рис. 2.9 показано зовнішній вигляд сенсора руху, який використовується у системі виявлення популяції лабораторних мишей.

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КС КРБ 123.107.00.00 ПЗ</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 26   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |



Рисунок 2.9 – Сенсор руху HC-SR501

Специфікація сенсора руху:

- напруга: 5В – 20В;
- потужність споживання: 65 мА;
- вихід TTL: 3,3 В, 0 В;
- час затримки: регульований (0,3->5 хв);
- час блокування: 0,2 с;
- методи запуску: «L» – вимкнути циклічний тригер, «Н» увімкнути циклічний тригер»
- діапазон зондування: менше 120 градусів, в межах 7 метрів»
- температура: – 15 ~ +70 .

## 2.4 Ультразвуковий сенсор HCSR04

Ультразвукові сенсори використовують звук для визначення відстані між сенсором і найближчим об'єктом, який потрапляє у зону його дії. Такі сенсори по суті є датчиками звуку, але вони працюють на частоті, вищій за ту, яку сприймає людський слух. На рис. 2.10 показано принцип роботи ультразвукового сенсора.

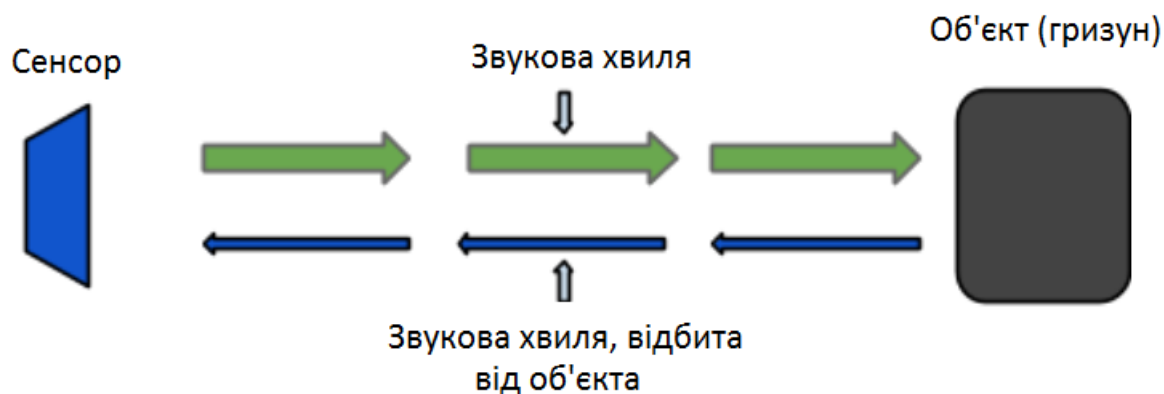


Рисунок 2.10 – Принцип роботи ультразвукового сенсора

Як видно з рис. 2.10, сенсор генерує і надсилає звукову хвилю певної частоти, а після цього аналізує звукову хвилю, яка відбивається від об'єкта та повертається назад. Ультразвуковий сенсор відстежує час між надсиланням звукової хвилі та її поверненням.

Швидкість звуку можна розрахувати з врахуванням різних атмосферних умов, включаючи температуру, вологість і тиск. Варто зазначити, що ультразвукові датчики працюють таким чином, що хвиля поширюється за конусом, кут цього конуса змінюється залежно від відстані.

Згідно специфікації [11], HCSR04 володію такими основними технічними характеристиками.

- джерело живлення: +5В постійного струсу;
- споживання струму у стані спокою: <2 мА;
- робочий струм: 15мА;
- ефективний кут роботи: <15°;
- дальність: 2400 см;
- роздільна здатність: 0,3 см;
- кут вимірювання: 30°;
- ширина імпульсу тригерного входу: 10 мкс.

Зовнішній вигляд типового сенсора ультразвуку показано на рис. 2.11.



Рисунок 2.11 – Зовнішній вигляд HCSR04

HCSR04 має чотири виводи: VCC, GND, TRIG і ECHO.

Через виводи VCC і GND подається живлення до HCSR04, а самі контакти приєднуються до джерела +5В і заземлення відповідно. Існує один керуючий контакт – TRIG, який відповідає за надсилання ультразвукового сигналу. Цей вивід має налаштовується на рівень HIGH тривалістю часу 10 мкс, після чого HCSR04 надішле ультразвуковий сигнал з восьми циклів на частоті 40 кГц.

Після того, як звуковий сигнал буде надіслано, вивід ECHO матиме рівень високий (H). Вивід ECHO є контактом даних, який використовується для вимірювання відстані. Після того, як надсилається ультразвуковий сигнал, вивід переходить у рівень H і залишатиметься таким, доки не одержить відбитий ультразвуковий сигнал. Після цього даний вивід переходить на рівень L.

Призначення та схема підключення ультразвукового сенсора до мікроконтролера (рис. 2.12) наведено нижче:

1. VCC – вивід для підключення до джерело живлення 5 В, що надсилається від мікроконтролера
2. GND – вивід заземлення, який підключається до відповідного виводу заземлення на мікроконтролері
3. TRIG – підключається до виводу GPIO, який можна встановити на HIGH
4. ECHO – вивід HCSR04, який видає 5 В, що може пошкодити багато контактів GPIO мікроконтролера (максимально дозволена напруга змінюється). Щоб знизити напругу, потрібно використовувати один резистор або схему

дільника напруги. Знову ж таки, це залежить від конкретного мікроконтролера, який використовується.

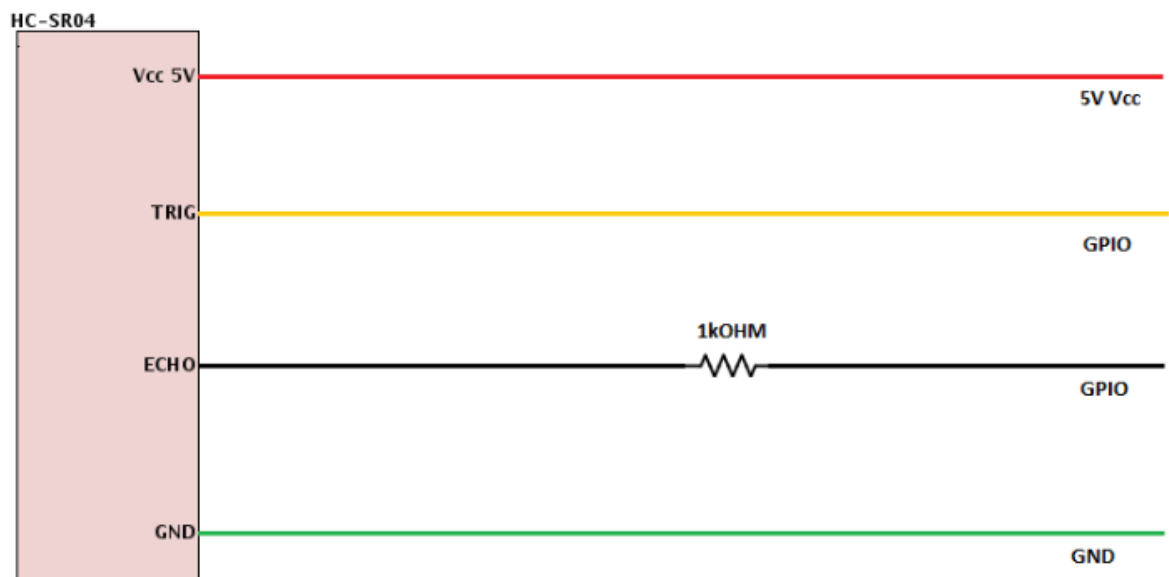


Рисунок 2.12 – Виводи сенсора HCSR04

Ультразвукові сенсори добре працюють у багатьох сферах застосування. На жаль, у них є слабкі місця. Ці недоліки можна пом'якшити та усунути. Перший недолік полягає в тому, що ці сенсори використовують звук. Існує обмеження на те, наскільки швидко ультразвукові датчики можуть вимірювати відстань. Чим довша відстань, тим повільніше вони повідомляють про відстань.

Другий недолік виникає через те, як звук відбивається від об'єктів. У закритих приміщеннях можливе ненавмисне відлуння. Ехосигнали можуть дуже легко викликати помилкові короткі покази. Якщо використовується кілька датчиків, кількість відлунь збільшиться разом із кількістю помилок. Зменшити кількість помилок можна двома основними способами. По-перше, це екранування навколо датчика, що запобігає надходженню луни під кутом, яку не повинен сприймати сенсор. Другий – зменшити частоту, з якою надсилаються імпульси, що забезпечить більше часу для «розсіювання луни».

## 2.5 Інфрачервона камера Raspberry PI IR-CUT

Враховуючи те, що комп'ютеризована система проектується на основі Raspberry PI, то вибір інфрачервоної камери повинен відбуватися в першу чергу на основі їх сумісності.

У роботі пропонується використати камеру Raspberry PI IR-CUT, яка забезпечує як нормальний, так і нічний режими зйомки. Лінзу камери можна регулювати для фокусування, а ІЧ-фільтр можна від'єднати від модуля. Інфрачервоні світлодіоди також підключені в режимі нічного бачення. Застосування цієї камери передбачає якісне розпізнавання об'єктів і високоякісних фотографій дикої природи, оскільки фокус може динамічно змінюватися. Дана камера реалізована на базі OV5647, що є низьковольтним, високопродуктивним 5-мегапіксельний CMOS-сенсором зображення, який забезпечує вихідний формат відео з розширенням 2592x1944 за допомогою технології OmniBSI.

OV5647 надає необроблені зображення з різною роздільною здатністю за допомогою послідовної шини керування камерою або інтерфейсом MIPI.

Запропонована камера має матрицю, здатну працювати зі швидкістю до 15 кадрів в секунду при роздільній здатності 2592x1944 з користувацьким контролем якості зображення та з передачею даних, а також володіє функцією підтримки інтерфейсу SCCB.

OV5647 використовує інноваційну технологію OmniBSI для покращення продуктивності без фізичного та оптичного прискорення. Для індивідуального застосування OV5647 містить одноразову програмовану (OTP) пам'ять.

Ядро датчика OV5647 генерує поточкові піксельні дані з постійною частотою кадрів, що вказується HREF і VSYNC. На рис. 2.13 показано функціональний блок сенсора зображення OV5647.

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КС КРБ 123.107.00.00 ПЗ</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 31   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

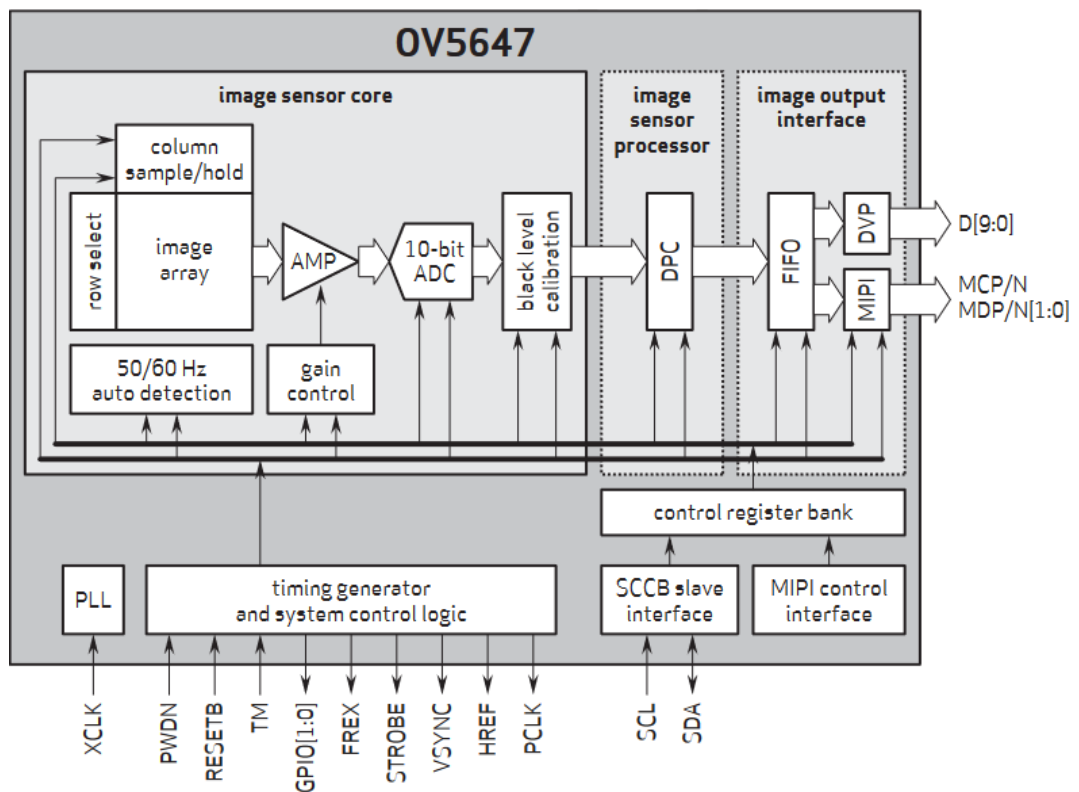


Рисунок 2.13 – Функціональна схема OV5647

Залежно від конфігурації живлення системи (1,8 В або 2,8 В для живлення вводу/виводу), використання зовнішнього джерела живлення або внутрішнього джерела постійного струму, послідовність увімкнення буде відрізнятися.

Якщо для живлення вводу-виводу використовується 1,8 В, бажано використовувати внутрішнє джерело постійного струму. Якщо для живлення вводу/виводу використовується 2,8 В через високе падіння напруги на внутрішньому регуляторі DVDD, існує потенційна проблема з нагріванням. Тому для системи живлення 2,8 В OmniVision рекомендує використовувати зовнішнє джерело DVDD. У зв'язку з вищим струмом вимкнення живлення при використанні зовнішнього джерела DVDD, OmniVision рекомендує відключити всі джерела живлення, включаючи зовнішній DVDD, коли датчик не використовується у випадку 2,8 В вводу/виводу та зовнішнього аналогового позитивного живлення DVDD.

Підтримувані показники якості зображення в залежності від роздільної здатності наведено у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристики якості зображення камери OV5647

| Якість зображення | Роздільна здатність | Кількість кадрів на секунду | Частота  |
|-------------------|---------------------|-----------------------------|----------|
| 5Мп               | 2592x1944           | 15                          | 80 МГц   |
| 1080p             | 1920x1080           | 30                          | 68 МГц   |
| 960p              | 1280x960            | 45                          | 91.2 МГц |
| 720p              | 1280x720            | 60                          | 92 МГц   |
| VGA               | 640x480             | 90                          | 46.5 МГц |
| QVGA              | 320x240             | 120                         | 32.5 МГц |

Сенсор OV5647 формує масив зображень із 2624 стовпців на 1956 рядків (5 132 544 пікселів). Кольорові фільтри розташовані за шаблоном Байєра. Основний колірний масив BG/GR розташований у порядку чергування рядків. З 5 132 544 пікселів 5 038 848 (2592x1944) є активними пікселями і можуть відображатися. Інші пікселі використовуються для калібрування рівня чорного та інтерполяції. Внутрішній процесор може використовувати граничні пікселі для додаткової обробки.

## 2.6 Радар IWR1642

Пристрій IWR1642 – це інтегрований однокристальний датчик мм-хвиль на основі радіолокаційної технології FMCW, здатний працювати в діапазоні від 76 до 81 ГГц. Пристрій створено за малопотужним 45-нм процесором RF CMOS, і це рішення забезпечує безпрецедентний рівень інтеграції в надзвичайно малому форм-факторі. IWR1642 є ідеальним рішенням для малопотужних, надточних радарних систем із самоконтролем у промислових застосуваннях, таких як автоматизація будівель, автоматизація заводів, дрони, транспортування матеріалів, моніторинг руху та спостереження. Структурна схема пристрою IWR1642 показано на рис. 2.14.

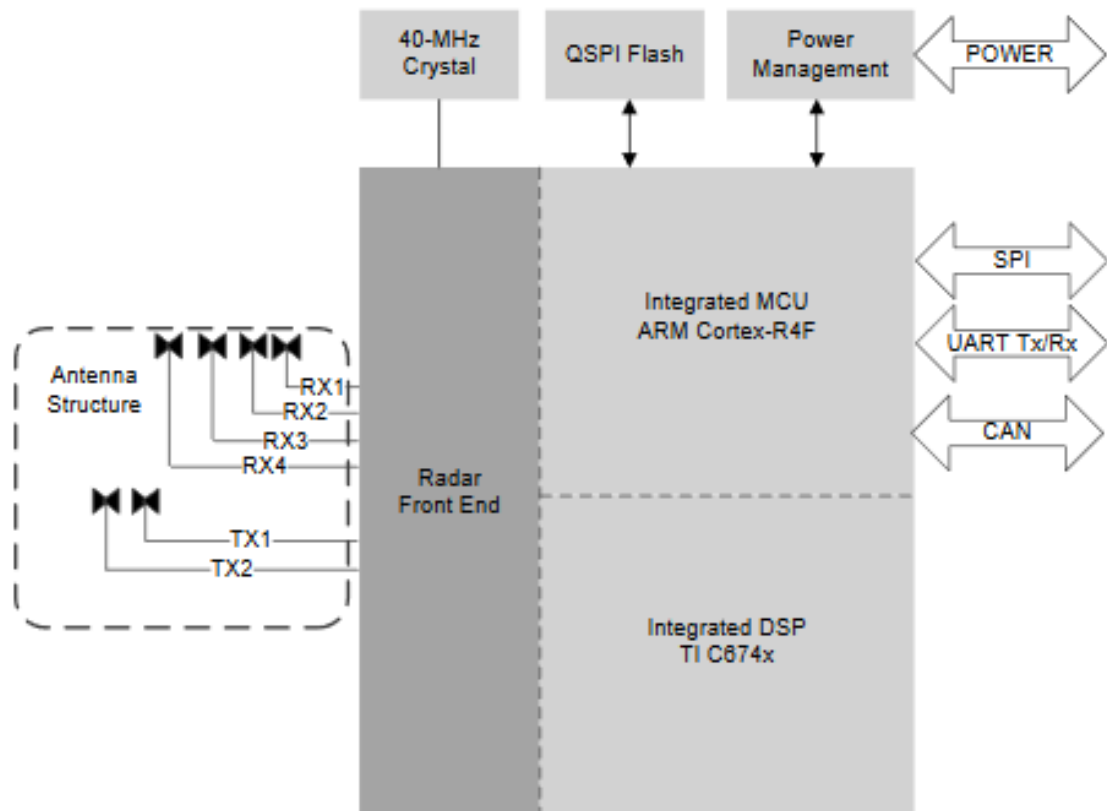


Рисунок 2.14 – Структурна схема радіолокаційного пристрою IWR1642

Пристрій IWR1642 – це автономне однокристальне рішення, яке спрощує впровадження датчиків mmWave у діапазоні від 76 до 81 ГГц. IWR1642 включає монолітну реалізацію системи 2TX, 4RX із вбудованими перетворювачами PLL та A2D. IWR1642 також інтегрує підсистему DSP, яка містить високопродуктивний C674x DSP TI для обробки радіолокаційних сигналів.

Пристрій містить процесорну підсистему на базі ARM R4F, яка відповідає за зовнішню конфігурацію, контроль і калібрування. Прості зміни моделі програмування можуть забезпечити широкий спектр реалізації датчика з можливістю динамічної реконфігурації для реалізації багатомодового сенсора. Крім того, пристрій надається як повне платформне рішення, включаючи еталонний дизайн апаратного забезпечення, драйвери програмного забезпечення, зразки конфігурацій, керівництво по API, навчання та документацію користувача. Зовнішній вигляд та порти радіолокаційного пристрою IWR1642 представлено на рис. 2.15 та рис. 2.16.

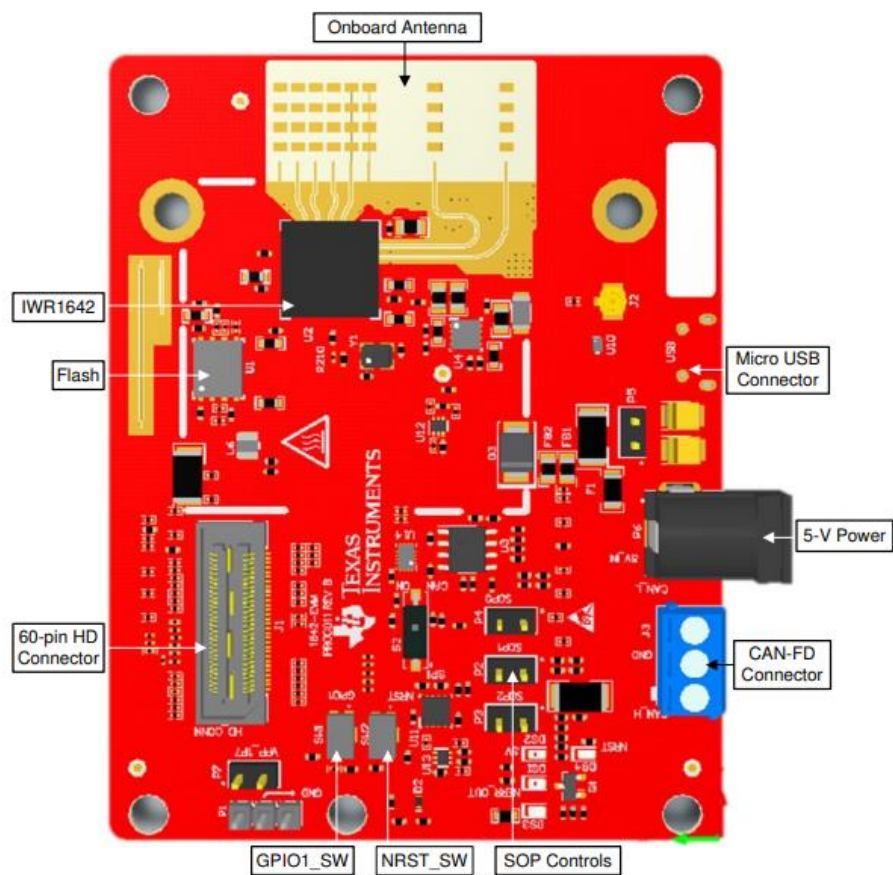


Рисунок 2.15 – Зовнішній вигляд та порти IWR1642 (фронтальна сторона)

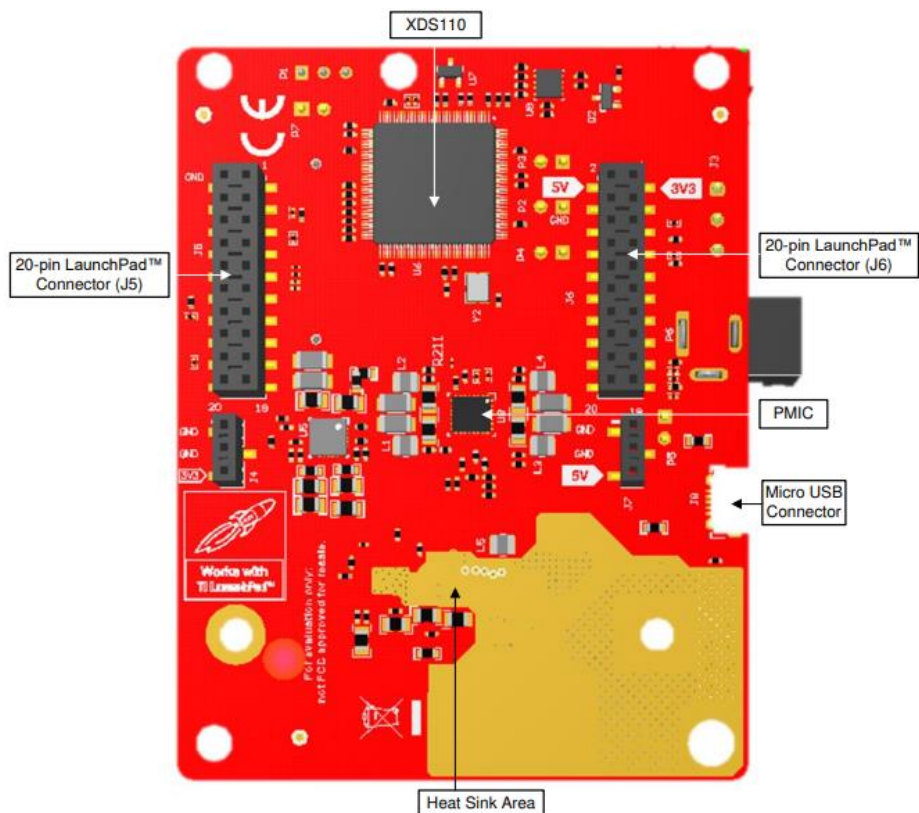


Рисунок 2.16 – Зовнішній вигляд та порти IWR1642 (тильна сторона)

Важливі властивості, якими володіє радіолокаційний пристрій, полягають в наступному:

- два 20-контактних роз'єми LaunchPad, які використовують екосистему TI LaunchPad;
- емуляція JTAG на основі XDS110 із послідовним портом для вбудованого програмування QSPI flash;
- зворотний канал UART через USB-на-ПК для цілей реєстрації;
- вбудована антена;
- 60-контактний роз'єм високої щільності (HD) для необроблених даних аналого-цифрового перетворювача (АЦП) через LVDS і можливість трасування даних;
- вбудований трансивер CAN;
- одна кнопка та два світлодіоди для базового інтерфейсу користувача;
- порт для живлення плати номіналом 5 В.

## 2.7 Радар для визначення багатьох об'єктів RadarIQ

RadarIQ представляє собою сенсор-радар для точного виявлення об'єктів у 3D-просторі. Цей датчик використовує сучасну технологію радару FMCW 60 ГГц для одночасного виявлення кількох об'єктів. Датчик вимірює координати X, Y і Z об'єктів, а також їх миттєву швидкість. Датчик може бачити крізь такі матеріали, як пластик, скло або гіпсокартон, що дозволяє його легко приховати. На рис. 2.17 показано зовнішній вигляд радару для визначення багатьох об'єктів, а на рис. 2.18 – схему його реалізації.



Рисунок 2.17 – Зовнішній вигляд RadarIQ

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КС КРБ 123.107.00.00 ПЗ</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 36   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |



Рисунок 2.18 – Схема реалізованого сенсора RadarIQ

Даний тип радара може застосовуватися у різних галузях і для різних задач, наприклад, у робототехніці, при об'єднанні різних типів сенсорів, при виявленні перешкод, для відстеження руху об'єктів та ін.

Радіолокаційний зір додає надійності роботизованим системам, які потребують забезпечення можливостей для «бачення» різних рухомих об'єктів. Хоча радар не дає стільки деталей, скільки камера, він наднадійний і працюватиме в будь-яких умовах навколишнього середовища. Радіолокаційний зір також надає інформацію про відстань і швидкість, яку важко отримати за допомогою камери.

Важливу роль RadarIQ відіграє у системах з багатьма сенсорами. Об'єднання сенсорів – це об'єднання кількох сенсорних джерел. Такий підхід використовується у випадках, коли інформації від одного датчика недостатньо для прийняття важливих рішень. Зазвичай, дані з камер і радара використовуються разом, щоб надати візуальну інформацію високої роздільної здатності з камери разом з інформацією про відстань і швидкість, які забезпечує радар. Іншим поширеним використанням об'єднання датчиків є забезпечення резервного копіювання на випадок, коли камера не працює. Датчик RadarIQ покриває зону в межах 110 градусів і може виявляти об'єкти на відстані до 10 м.

Запобігання зіткненням в автономних або напіваавтономних системах дійсно є важливим для багатьох застосувань, від дронів до роботів для збирання фруктів чи навантажувачів до сільськогосподарських транспортних засобів.

Радар може виявляти декілька об'єктів одночасно та визначати їх траєкторію та швидкість, щоб створити розумні системи виявлення об'єктів.

Виявлення наявності об'єктів різної природи також може забезпечувати RadarIQ. Сферою використання можуть бути програми спостереження для виявлення у спостережуваній зоні неочікуваних рухів. Такий тип радара застосовується в інтелектуальному управлінні об'єктами, щоб знати, коли люди знаходяться в певних зонах будівлі, або в програмах безпеки, щоб увімкнути/вимкнути обладнання, коли поблизу є люди або перешкоди.

Відстеження руху людини чи об'єкта в просторі відкриває низку нових можливостей. Від розуміння руху транспортних засобів у ситуації керування дорожнім рухом до розуміння шляхів, якими ходять люди, або навіть дозволу автономним транспортним засобам слідувати за ведучим транспортним засобом без прив'язки.

RadarIQ використовується при виконанні завдань роботами щодо виявлення рухомих перешкод в нанесеному на карту середовищі, а також роботів, які потребують надійних здібностей для визначення потенційного зіткнення з перешкодами незалежно від умов освітлення.

Специфікація RadarIQ характеризується наступними властивостями і відповідними значеннями:

- тип РЛС: FMCW;
- частота: 60-64 ГГц;
- протокол зв'язку: UART;
- направленість променя: 110 градусів за азимутом і 15 градусів за кутом підйому;
- кут огляду: програмне регулювання до 110 градусів;
- роз'єм: USB micro до USB-A ;
- напруга: 3,8-5В;
- струм: 380 - 500мА;
- частота кадрів: 0-20 кадрів в секунду;
- діапазон відстані: 40 мм – 10 000 мм;
- діапазон радіальної швидкості: 0-3 м/с;

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КС КРБ 123.107.00.00 ПЗ</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 38   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

### РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ І ТЕСТУВАННЯ СИСТЕМИ АНАЛІЗУ ПОПУЛЯЦІЇ ЛАБОРАТОРНИХ МИШЕЙ

#### 3.1 Структура та алгоритми роботи програмного забезпечення комп'ютеризованої системи аналізу популяції лабораторних мишей

Основним компонентом прототипу системи аналізу популяції лабораторних мишей є Raspberry Pi модель 4B 2 ГБ, яка виконує функції ядра опрацювання інформації

Сенсор руху та ультразвуковий сенсор підключений до Raspberry Pi за допомогою макетної плати. Радар RadarIQ і IWR1642 підключається до мінікомп'ютера через порт USB. Мікрофон також підключається до Raspberry Pi через порт USB, а камера під'єднана до відповідного порту камери мінікомп'ютера.

У проекті за допомогою наведеного вище апаратного забезпечення можна забезпечити можливість виявлення та оцінки популяції лабораторних мишей.

Сенсори руху та ультразвуковий сенсор використовуються для виявлення будь-якого руху гризунів, що, у свою чергу, активує радар. Після активації радар спостерігатиме за визначеною територією протягом п'яти хвилин, надаючи широку можливість виявити присутніх гризунів.

Три датчики руху стратегічно розташовані, щоб охоплювати всі три сторони пастки, збільшуючи ймовірність виявлення рухів гризунів і точної фіксації їх присутності.

На рис. 3.1 наведено алгоритм роботи програми, яка активує радар для вимірювання відстані та виявлення кількості гризунів поблизу пастки Шермана. Активація радарів здійснюється при спрацюванні сенсорів руху або ультразвукового сенсора на відстані до 2 м.

|                  |             |                        |               |             |                                                                                                    |                                     |             |
|------------------|-------------|------------------------|---------------|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------|
|                  |             |                        |               |             | <i>КС КРБ 123.107.00.00 ПЗ</i>                                                                     |                                     |             |
|                  |             |                        |               |             |                                                                                                    |                                     |             |
| <i>Змн.</i>      | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i>        | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |                                                                                                    |                                     |             |
| <i>Розроб.</i>   |             | <i>Антонюк В.І.</i>    |               |             | <i>Розробка програмного забезпечення і тестування системи аналізу популяції лабораторних мишей</i> | <i>Літ.</i>                         | <i>Арк.</i> |
| <i>Перевір.</i>  |             | <i>Яцишин В.В.</i>     |               |             |                                                                                                    |                                     |             |
| <i>Реценз.</i>   |             |                        |               |             |                                                                                                    |                                     |             |
| <i>Н. Контр.</i> |             | <i>Луцик Н.С.</i>      |               |             |                                                                                                    | <i>ТНТУ, каф. КС,<br/>гр. СІ-41</i> |             |
| <i>Затверд.</i>  |             | <i>Осухівська Г.М.</i> |               |             |                                                                                                    |                                     |             |
|                  |             |                        |               |             |                                                                                                    |                                     |             |



Рисунок 3.1 – Алгоритм роботи програми для активації радарів IWR1642 та Radar IQ

Згідно алгоритму роботи програми, який продемонстрований на рис. 3.1 сигнали від сенсора руху, або ультразвукового сенсора призводять до активації радарів, які фіксують відстань і кількість гризунів та записують ці дані у файл. Окрім цього, у файл записується дата і час фіксації руху, що в перспективі

дозволить проводити аналіз щодо активності гризунів в пору доби як лабораторних умовах, так і в умовах навколишнього середовища. У випадку, коли гризуни знаходяться у безпосередній близькості або у самій пастці виконується також запис їх зображень та звуків, які вони видають. Алгоритм спрацювання камери та мікрофону для фіксації гризунів показано на рис. 3.2.

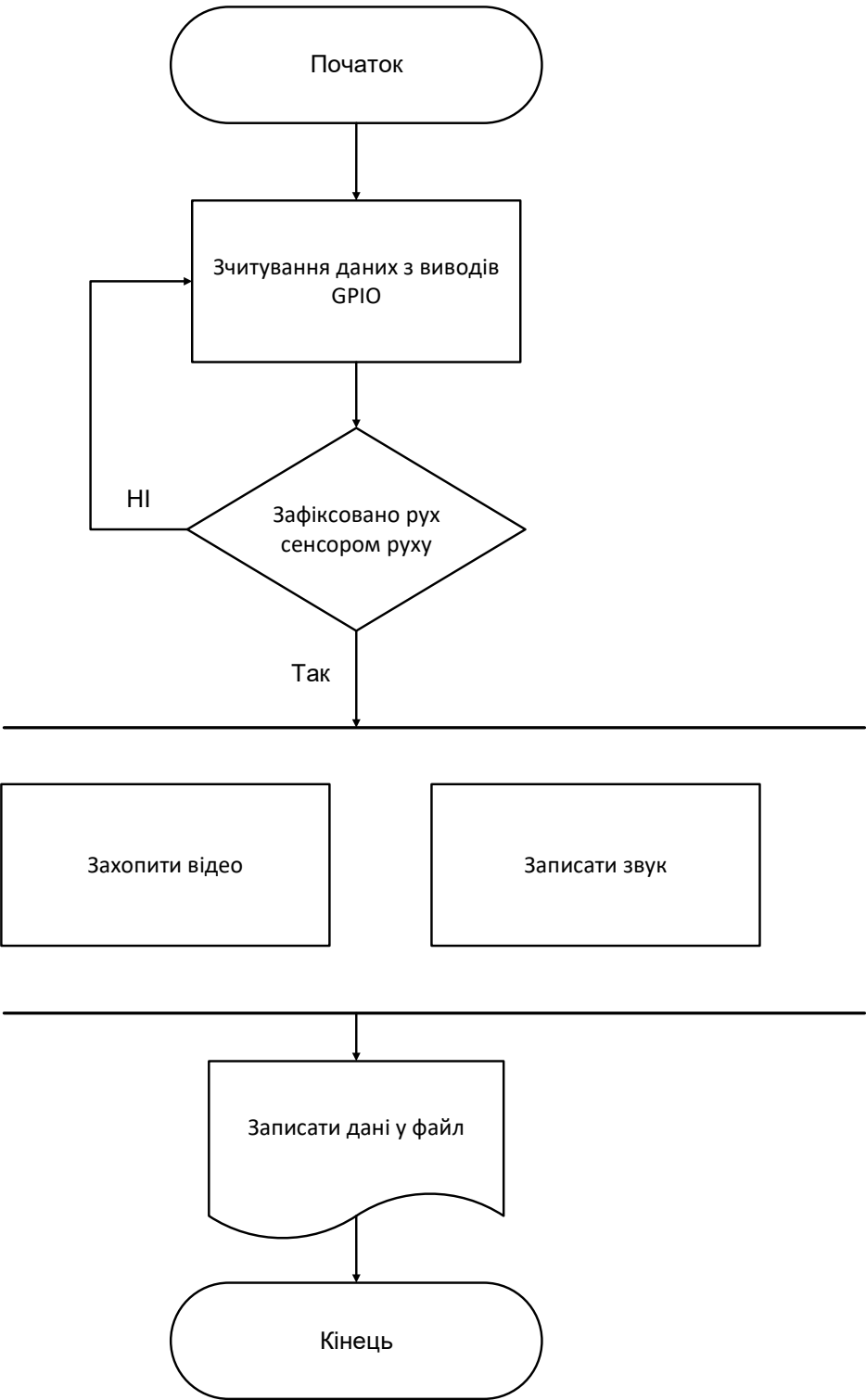


Рисунок 3.2 – Алгоритм фіксації зображень і звуків гризунів

Для зйомки зображень і звуку гризунів використовуються камера та мікрофон. Один сенсор руху спрямований вниз до приманки та налаштований на високий рівень чутливості з увімкненим режимом повторного запуску. При виявленні будь-якого руху гризуна вмикаються камера та мікрофон.

Коли виявлено рух, PIR-датчик підтримує високий вихідний сигнал протягом попередньо визначеного часу затримки. Якщо рух знову виявлено протягом цього діапазону затримки, таймер затримки скидається на нуль, що дозволяє повністю зафіксувати рух гризунів у пастці. Зображення знімаються щосекунди, а записи зберігаються з інтервалом в одну хвилину.

### 3.2 Схема підключення та програма управління сенсором руху

Люди та інші тварини постійно випромінюють радіацію. Однак це не викликає занепокоєння, оскільки тип випромінювання відповідає інфрачервоному діапазону. Усі об'єкти з температурою вище абсолютного нуля (-273,15C) випромінюють інфрачервоне випромінювання.

PIR-датчик виявляє зміни в кількості інфрачервоного випромінювання, яке він отримує. Коли відбувається значна зміна кількості інфрачервоного випромінювання, спрацьовує імпульс. Це означає, що сенсор руху може виявити, коли людина (або будь-яка тварина) рухається перед ним.

Імпульс, що випромінюється, при виявленні руху PIR-сенсором повинен бути посилений, тому його потрібно живити. Будь-який сенсор руху має три контакти з позначками позначки Vcc, Gnd і Out. Ці виводи іноді приховані під лінзою Френеля (білий ковпачок).

Типова схема безпосереднього підключення сенсора руху до Raspberry Pi показана на рис. 3.3. У випадку розробки комп'ютеризованої системи аналізу популяції лабораторних мишей використовується 7 сенсорів рухів, які підключаються через Bread Board до контролера управління.

Схема підключення таких типів сенсорів передбачає забезпечення комунікації між наступними виводами:

- Vcc приєднується до контакту 5 В на Raspberry Pi.

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КС КРБ 123.107.00.00 ПЗ</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 42   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

- Gnd сенсора руху може бути підключений до будь-якого контакту заземлення на Raspberry Pi.
- вихідний контакт (Out) можна під'єднати до будь-якого з контактів GPIO.

Більшість PIR-сенсорів мають два потенціометри. Вони можуть контролювати їх чутливість, а також керувати діапазоном часу, протягом якого сенсор буде сигналізувати про виявлення руху.

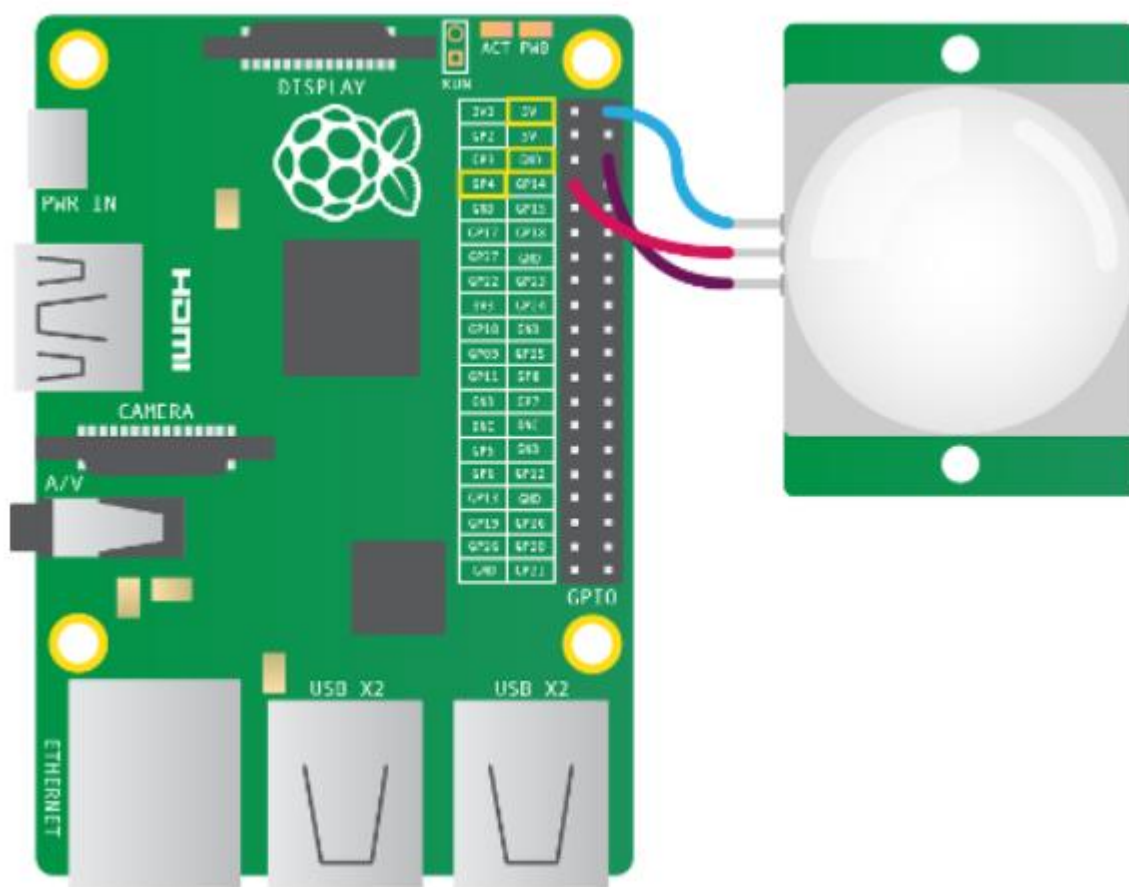


Рисунок 3.3 – Схема підключення сенсора руху

На рис. 3.4 потенціометр праворуч керує чутливістю, а потенціометр ліворуч контролює час очікування. Тут обидва повернуті повністю проти годинникової стрілки, що означає, що чутливість і час очікування є найнижчими. Коли тайм-аут повністю повернуто проти годинникової стрілки, PIR видаватиме сигнал протягом приблизно 2,5 секунд щоразу, коли буде виявлено рух. Якщо потенціометр повністю повернути за годинниковою стрілкою, вихідний сигнал

триватиме приблизно 250 секунд. Під час налаштування чутливості найкраще встановлювати якомога менший час очікування.

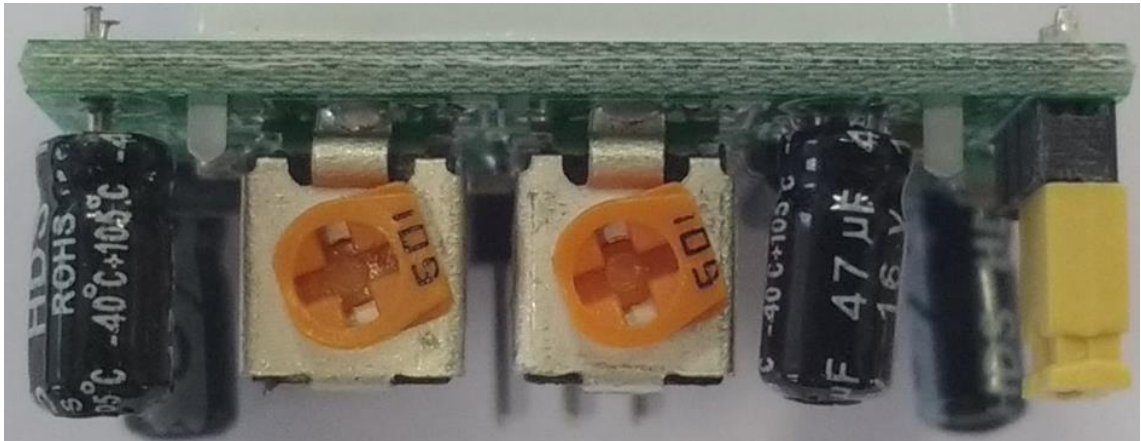


Рисунок 3.4 – Потенціометри для налаштування чутливості і часу спрацювання сенсора руху

Програмний код для виявлення руху гризунів може мати вигляд, як показано на рис. 3.5.

```
from gpiozero import MotionSensor

pir = MotionSensor(4)

while True:
    pir.wait_for_motion()
    print("There is moving")
    pir.wait_for_no_motion()
```

Рисунок 3.5 – Програмний код для виявлення руху гризунів

Наступний крок полягає у налаштуванні з'єднання та програмуванні ультразвукового сенсора.

### 3.3 Налаштування ультразвукового сенсора

Швидкість поширення звуку у повітрі відбувається зі швидкістю 343 м/с. Ультразвуковий сенсор відстані надсилає ультразвукові імпульси, які люди не чують, і виявляє відбитий сигнал від об'єктів.

Після цього сенсор, знаючи швидкість поширення звукової хвилі обчислює відстань до об'єкта.

Схема підключення ультразвукового сенсора передбачає використання двох виводів GPIO (один для відбитого сигналу та один для запуску), контакту заземлення та живлення 5 В. Окрім цього, ультразвуковий сенсор потребує використання пари резисторів (330 Ом і 470 Ом) як дільників напруги. На рис. 3.6 показано схему підключення, яка використовується при підключенні ультразвукового сенсора до Raspberry PI в системі аналізу популяції лабораторних мишей.

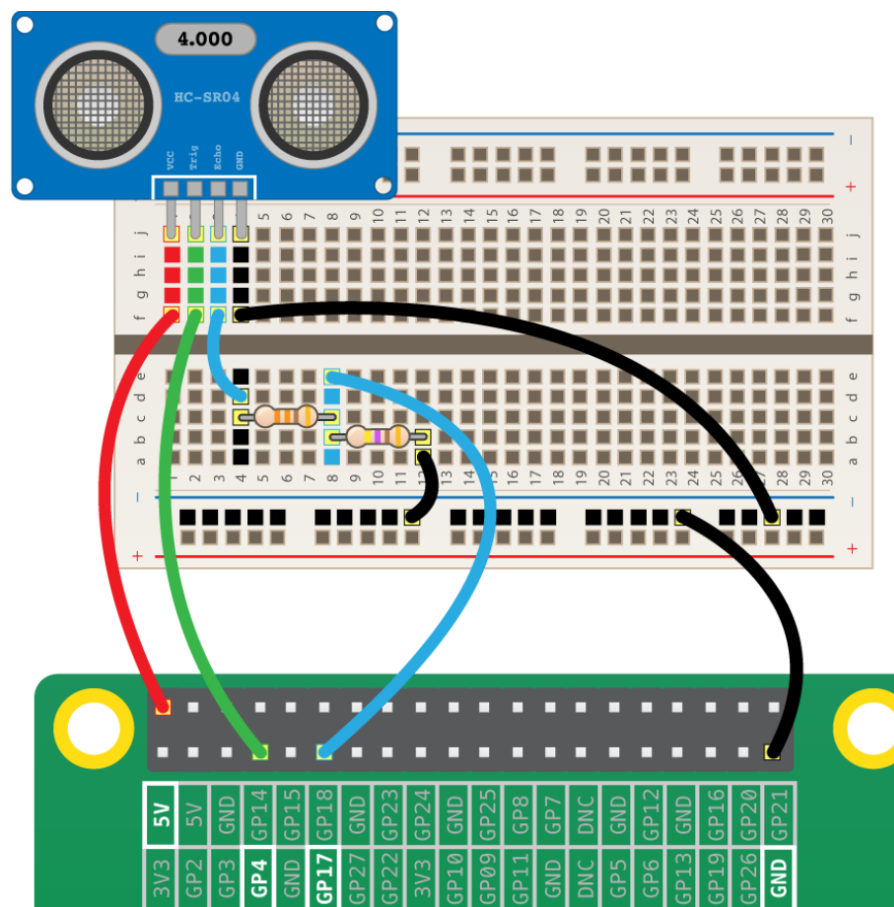


Рисунок 3.6 – Схема підключення ультразвукового сенсора

Щоб використовувати ультразвуковий сенсор, для визначення відстані до гризунів, потрібно знати, до яких контактів GPIO підключено виводи, які сигналізують про відбитий сигнал та тригер запуску. Для зчитуванні відстані до мишей використовується наступний фрагмент коду (рис. 3.7).

```
from gpiozero import DistanceSensor
ultrasonic = DistanceSensor(echo=17, trigger=4)
while True:
    print(ultrasonic.distance)
```

Рисунок 3.7 – Фрагмент коду зчитування відстані ультразвуковим сенсором

У даному випадку контакт «echo» підключено до 17 виводу Raspberry PI, а тригер запуску сенсора – до 4. Значення відстані, яке відображається користувачу і записується у файл повинно ставати меншим, чим ближче гризун до датчика.

Крім того, що за допомогою ультразвукового сенсора можна визначати відстань до об'єкта, також можна ще й налаштувати сенсор таким чином, щоб він спрацьовував у певному діапазоні відстаней або поза ним (рис. 3.8).

```
while True:
    ultrasonic.wait_for_in_range()
    print("In range")
    ultrasonic.wait_for_out_of_range()
    print("Out of range")
```

Рисунок 3.8 – Налаштування повідомлень про приближення та віддалення гризунів

Стандартний поріг діапазону спрацювання ультразвукового сенсора становить 0,3 м. Цей параметр можна налаштувати при його програмній ініціалізації, як показано на рис. 3.9.

```
ultrasonic = DistanceSensor(echo=17, trigger=4, threshold_distance=0.5)
```

Рисунок 3.9 – Налаштування порогу діапазону спрацювання ультразвукового сенсора

Окрім налаштування параметра порогу спрацювання сенсора, можна налаштувати максимальну відстань, на яку буде спрацьовувати сенсор у відповідності до його технічних характеристик. Для цього використовується атрибут – `max_distance`.

### 3.4 Тестування функціональності компонентів комп'ютеризованої системи виявлення гризунів

#### 3.4.1 Тестування сенсора руху

Перевірка ефективності функціонування сенсора руху в денному і нічному режимах потребує різних його налаштувань. Кожен сценарій повинен бути перевірений щонайменше десять разів, щоб забезпечити точні результати. Окрім цього, доцільно провести тести для оцінки продуктивності PIR-датчика, що дозволило б всебічно оцінити його можливості в кожному сценарії.

При тестуванні сенсора руху проводиться багато діагностичних дій. Для перевірки максимальної чутливості PIR-сенсора потенціометр повністю повертається за годинниковою стрілкою. Він контролює затримку, визначаючи, як довго вихідний сигнал залишатиметься на рівні Н після виявлення руху. Затримку можна змінювати від 1 секунди до 3 хвилин шляхом регулювання повороту потенціометра – обертання за годинниковою стрілкою подовжує затримку, а обертання проти годинникової стрілки скорочує її тривалість.

Для забезпечення ефективності застосування комп'ютеризованої системи виявлення та аналізу популяції гризунів тестування потрібно проводити на відстані від 1 до 5 метрів. У табл. 3.1 наведено результати тестування PIR-сенсора.

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КС КРБ 123.107.00.00 ПЗ</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 47   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

Таблиця 3.1 – Результати тестування сенсора руху

| Відстань | Виявлення | Точність |
|----------|-----------|----------|
| 1 м      | так       | 1        |
| 2 м      | так       | 0.95     |
| 3 м      | так       | 0.7      |
| 4 м      | так       | 0.4      |

Під час тестування було помічено, що продуктивність PIR-датчика змінюється залежно від рівня денного освітлення або нічних умов. Результати показали, що точність і діапазон виявлення були вищими вдень. Зокрема, PIR-датчик міг зафіксувати рух на відстані до 4 метрів за денного світла. Однак із збільшенням відстані від датчика кількість успішних виявлень зменшувалася.

Крім того, було виявлено, що продуктивність успішних виявлень була знижена порівняно з результатами, отриманими під час нічних сценаріїв тестування. На підставі цих тестів можна зробити висновок, що датчик PIR найкраще підходить для виявлення руху на відстані від 3 до 4 метрів, враховуючи зовнішні фактори.

#### 3.4.2 Тестування камери для фіксації гризунів

Для перевірки ефективності фіксації гризунів, камера Raspberry Pi використовується для зйомки зображень усередині пастки. Цей тест повинен проводитися як у світлу, так і в темну пору доби.

Зняті камерою зображення зберігаються щосекунди у форматі назви файлу, який включає дату й позначку часу. Цей підхід дозволяє створити повний набір даних, який можна використовувати для класифікації гризунів.

Для проведення тесту камеру встановлюють у коробку з компонентами та розташовують лицьовою стороною донизу в бік приманки для гризунів. Коли PIR-датчик, який також спрямований вниз до приманки, виявляє присутність гризунів, камера активується.

Щоб імітувати реальні умови тестування, у тестовому сценарії можна використати штучних гризунів. Для перевірки продуктивності камери, виконується кілька тестів при яких мишей пропускають у пастку з різною швидкістю. Обчислюється сукупна точність. Коли зображення зроблено чітко, воно вважається справжнім. Якщо зображення не зафіксоване, воно вважається помилковим.

Для врахування впливу освітлення, тестування необхідно проводити вдень і вночі. На рис. 3.10 наведено зображення, виконані при тестуванні камери.

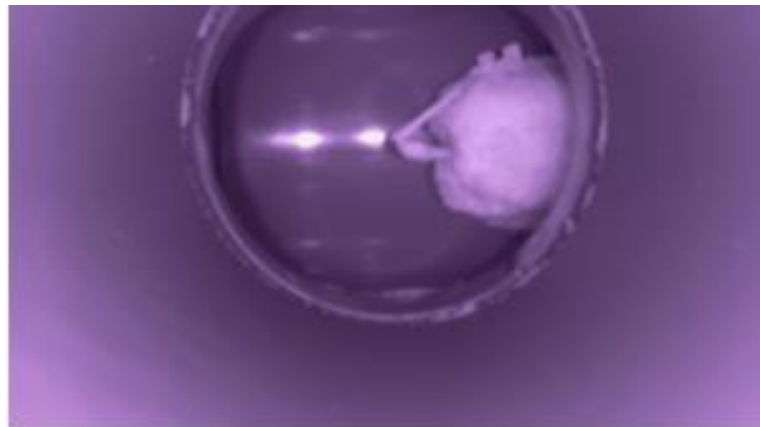


Рисунок 3.10 – Захоплене зображення миші з камери у світлу пору доби

На рис. 3.11 показано зображення, зроблене у нічну пору доби при спрацюванні сенсорів руху та ультразвукового сенсорів.



Рисунок 3.11 – Захоплене зображення миші з камери в нічний час

Точність фіксації лабораторних мишей у темну і світлу пору доби показано у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Точність фіксації гризунів в залежності від освітлення

| Освітлення       | Точність |
|------------------|----------|
| Світла пора доби | 1        |
| Темна пора доби  | 0.95     |

### 3.4.3 Тестування мікрофона при виявленні гризунів

При розробці комп'ютеризованої системи аналізу популяції лабораторних мишей мікрофон служить для запису ультразвукового діапазону. Для забезпечення належної роботи мікрофона використовується ультразвуковий датчик. Ультразвуковий датчик випромінює хвилі в діапазоні, який може сприймати мікрофон. Для візуалізації записаних даних будується графік. Під час налаштування проекту мікрофон зберігає записи тривалістю одну хвилину з назвою файлу, що вказує на дату й час.

### 3.4.4 Тестування радару IWR1642

Тестування радару IWR1642 можна поділити на два тестові сценарії:

Тестовий сценарій №1 – виявлення об'єктів: щоб оцінити роздільну здатність радару, його потрібно розташувати у стаціонарному місці у відкритій зоні без перешкод. Потім іграшковий автомобіль вручну переміщується на відстані від 1 до 10 метрів від радару. Радар створює хмару точок, яка наноситься на двовимірний графік. Отримана візуалізація фіксується за допомогою інструменту Demo Visualiser від Texas Instruments. Це допомагає при виявленні об'єктів і встановленні відстані до об'єкта, що знаходиться перед радаром.

На основі виміряного значення розраховується абсолютна похибка радару. Це також дозволяє прийняти рішення щодо точності радару. Нижче на рис. 3.13 наведено графік абсолютної похибки по відношенню до реальної.

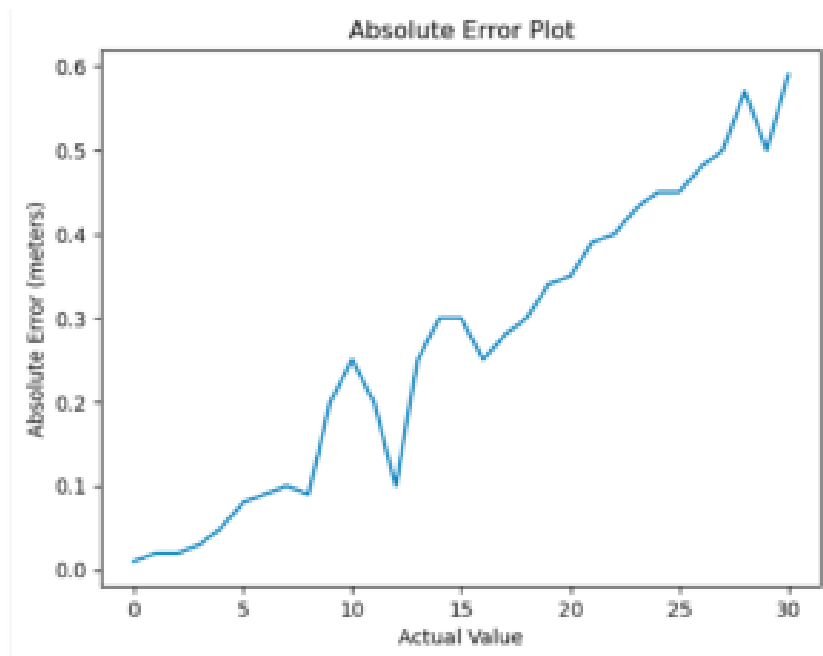


Рисунок 3.13 – Абсолютна похибка радару при зміні відстані до об'єкта радару IWR 1642.

Виходячи з графіка похибок, необхідно налаштувати параметри радару для виявлення гризунів в зоні його досяжності. Зміна параметра поперечного перерізу радару є показником того, скільки радіолокаційної енергії відбивається об'єктом назад до радарної системи, коли він освітлюється електромагнітними хвилями радару. Іншими словами, цей параметр є мірою здатності об'єкта відбивати сигнали радару. Очікується, що значення параметра поперечного перерізу радару при виявленні мишей, які будучи невеликими тваринами зі складною та неправильною формою, буде відносно малою порівняно з більшими об'єктами. Миші складаються з комбінації біологічних тканин хутра та інших особливостей. У результаті, відбитий радіолокаційний сигнал від мишей може змінюватися залежно від розміру, орієнтації, частоти радіолокаційної системи та пози мишей. Тестове значення RCS встановлено як 0,25, що є доволі малим значенням. Роздільна здатність радару за дальністю відповідає здатності радіолокаційної системи розрізняти два, близько розташовані об'єкти, в радіальному напрямку (лінії видимості). Визначається тривалістю переданого радіочастотного імпульсу. Роздільна здатність за дальністю в радіолокаційній системі може залежати від інших факторів, таких як співвідношення сигнал/шум

системи, характеристики антени та методів обробки. Метою тестування є виявлення з роздільної здатності з найкращим діапазоном. Значення роздільної здатності діапазону визначено в демонстраційному візуалізаторі як 0,244.

Максимальна дальність означає те, на якій максимальній відстані радарна система може точно виміряти відстань до цілі, не зустрічаючи перешкод. «Неоднозначність дальності» може виникнути в радарі, коли кілька цілей розташовані на різних відстанях від радара, але здаються на однаковій відстані через кінцеву ширину імпульсу сигналу радара.

Якщо присутні цілі за межами цього діапазону, їх відстані можуть бути неточно виміряні через накладання радіолокаційних сигналів від різних діапазонів в межах одного радіоімпульсу. Під час тестування значення визначається як 5.

Тестовий сценарій, який розглядається для тестування, включає виявлення кількох об'єктів. Для реалістичного тестування сценарію до експерименту включені різні форми предметів/гризунів. Тестування також включає зміну швидкості об'єкта. Цю вимогу задовольняє іграшковий автомобіль. На рис. 3.14 наведено двовимірний графік із виявленням іграшкового автомобіля на відстані 8 м.

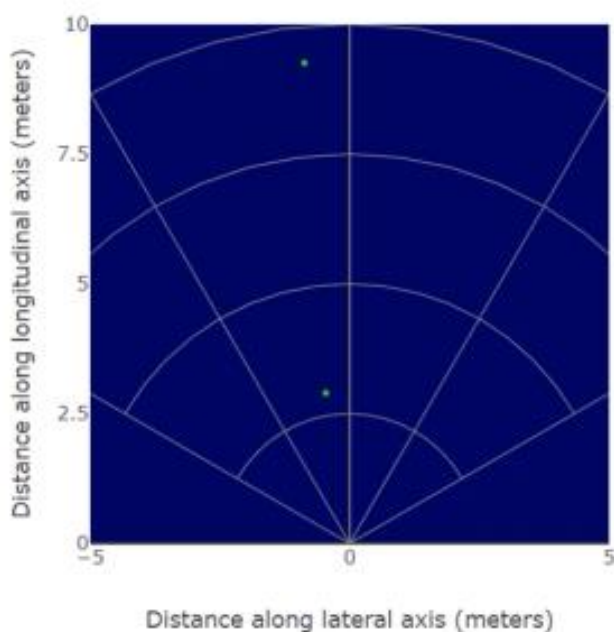


Рисунок 3.14 – Результати спрацювання радару IWR 1642

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.107.00.00 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         | 52   |

### 3.4.5 Тестування RadarIQ

Параметр радара RadarIQ для виявлення об'єктів використовується з метою налаштування та оцінювання роздільної здатності і дальності виявлення об'єктів. Сам радар розміщують у нерухомому положенні на відкритому місці. В якості тесту можна використати іграшковий автомобіль, який вручну переміщується на відстані від 1 до 10 метрів від радара.

Радар створює хмару точок, яка наноситься на двовимірний графік. Код Python розроблено для полегшення створення двовимірного графіка. Щоб спостерігати зміни роздільної здатності на різних відстанях, записується відео під час переміщення об'єкта в межах діапазону 1-10 м. Крім того, існує можливість регулювання чутливості радара для перевірки різниці в хмарі точок. Щоб забезпечити точне захоплення об'єктів, щільність хмари точок встановлено на високому рівні. Щоб включити варіацію в сценарій тестування, також включено різні форми об'єктів і варіації швидкості. Нижче наведена табл. 3.3, яка містить список параметрів, які змінюються під час експерименту.

Таблиця 3.3 – Параметри налаштування RadarIQ

| Параметри                | Значення                                   |
|--------------------------|--------------------------------------------|
| Фільтр руху              | Рухомий або нерухомий об'єкт               |
| Щільність точок          | Дуже щільна                                |
| Чутливість               | Нормальна або висока                       |
| Калібрування             | TRUE                                       |
| Режим захоплення об'єкта | Відстеження і хмара точок<br>(Point Cloud) |

Призначення основних параметрів, які можна налаштувати у RadarIQ:

– калібрування – це властивість, яка використовується для налаштування сенсора з метою видалення зі сцени будь-яких об'єктів ближнього поля і корисно при усуненні ефектів огороження та приховуванні статичних об'єктів безпосередньо перед датчиком.

- фільтр руху – використовується для визначення руху об'єкта, включає як рухомий, так і нерухомий рух об'єкта.
- щільність точок – для щільності хмари точок встановлено висока щільність, що забезпечує агрегацію точок
- режим захоплення – для радару визначено два режими: режим хмари точок використовується для побудови об'єкта, а режим стеження використовується для підрахунку об'єктів.
- чутливість – налаштування чутливості радару в діапазоні від 0, що є найбільш чутливим до 9 – відповідає найнижчому рівню чутливості, за замовчуванням встановлено рівень чутливості на рівні 5.

У випадку, коли чутливість встановлена на рівень нормальний (5) візуалізація (рис. 3.15) описується наступним чином:

- хмара точок відображається по осі Y, яка дає інформацію про відстань об'єкта до датчика;
- по осі X надається інформація про розташування об'єкта праворуч або ліворуч від початку координат датчика;
- хмара точок видима до 6м;
- щільність хмари точок є більш концентрованою та круглою для іграшкового автомобіля;
- хмара точок точно фіксує рух у напрямку осі абсцис до 6 м.

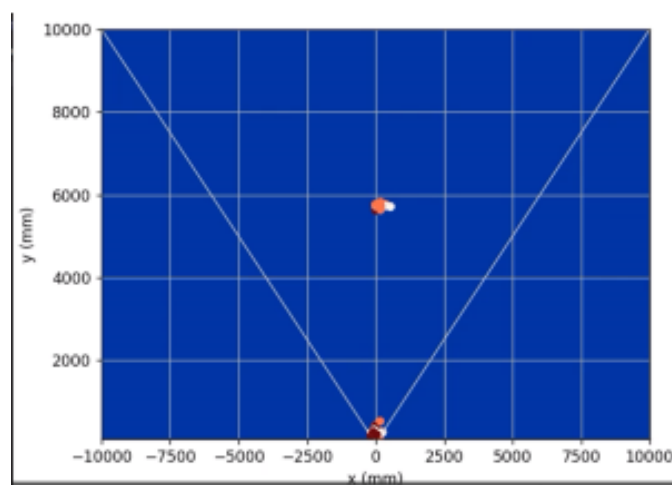


Рисунок 3.15 – Відображення об'єктів на радарі RadarIQ за стандартними параметрами

Метою проведення тестів радарів є перевірка точного виявлення та підрахунку кількох об'єктів. Тест передбачає використання режиму відстеження датчика RadarIQ і використання десяти штучних гризунів як об'єктів.

Сценарій тестування включає імітацію гризунів, які перетинають поле зору з лівого або правого боку датчика та виходять з протилежного боку. Щоб імітувати реальний сценарій, кілька гризунів змушені переходити з обох сторін.

Тестування проводиться за різними сценаріями. Перший сценарій передбачає перетин гризунами межі радару, вхід з одного боку та вихід з іншого. Цей сценарій створено для максимального виявлення та підрахунку гризунів, оскільки він фіксує їхній повний рух. Це також показує, що в позитивних сценаріях гризуни підраховуються на максимальній відстані від 9 до 10 метрів до радара.

Другий сценарій – це коли гризуни рухаються прямолінійно, не перетинаючи межу радара. Цей сценарій включено як негативний тест, оскільки навряд чи він часто траплятиметься в сценаріях реального часу через випадкову поведінку гризунів у відкритому полі. Межа радара вузька, і оскільки гризуни рухаються поблизу радара, шанси, що вони не перетнуть межу, мінімальні.

Третій сценарій полягає в тому, що гризуни входять з одного боку та виходять з того самого боку, що призводить до їх виявлення і запису їх як «виявленого гризуна» на лівій межі. Однак існує ймовірність того, що гризуни не будуть включені в підрахунок у цьому сценарії. Тестування дає ТР, коли гризун підраховується на сцені. При негативному тестуванні гризун не враховується. Цей випадок підрахунку гризунів не включено, і він вважається помилковим.

Таким чином, застосування запропонованого апаратного і програмного забезпечення дає змогу виявляти гризунів та проводити аналіз їх популяції в лабораторних умовах. Для застосування комп'ютеризованої системи аналізу популяції лабораторних мишей та гризунів на відкритій місцевості потрібно змінювати налаштування радарів та сенсорів руху й ультразвуку для забезпечення найбільшої ефективності їх функціонування.

## РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 4.1 Вимоги до режимів праці і відпочинку при використанні комп'ютеризованої системи аналізу лабораторних мишей

При організації праці, пов'язаної з використанням ВДТ ЕОМ і ПЕОМ, для збереження здоров'я працюючих, запобігання професійним захворюванням і підтримки працездатності передбачаються внутрішньозмінні регламентовані перерви для відпочинку.

Внутрішньозмінні режими праці і відпочинку містять додаткові нетривалі перерви в періоди, що передують появі об'єктивних і суб'єктивних ознак стомлення і зниження працездатності.

При виконанні робіт, що належать до різних видів трудової діяльності, за основну роботу з ВДТ вважається така, що займає не менше 50% робочого часу. Впродовж робочої зміни мають передбачатися:

- перерви для відпочинку і вживання їжі (обідні перерви);
- перерви для відпочинку і особистих потреб (згідно з трудовими нормами);
- додаткові перерви, що вводяться для окремих професій з урахуванням особливостей трудової діяльності.

За характером трудової діяльності розрізняють три професійні групи, згідно з діючим класифікатором професій:

- розробники програм (інженери-програмісти) виконують роботу переважно з відеотерміналом та документацією при необхідності інтенсивного обміну інформацією з ЕОМ і високою частотою прийняття рішень. Робота характеризується інтенсивною розумовою творчою працею з підвищеним напруженням зору, концентрацією уваги на фоні нервово-емоційного

|                   |             |                        |               |             |                                                      |             |                |
|-------------------|-------------|------------------------|---------------|-------------|------------------------------------------------------|-------------|----------------|
|                   |             |                        |               |             | <i>КС КРБ 123.107.00.00 ПЗ</i>                       |             |                |
|                   |             |                        |               |             |                                                      |             |                |
| <i>Змн.</i>       | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i>        | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |                                                      |             |                |
| <i>Розроб.</i>    |             | <i>Антонюк В.І.</i>    |               |             | <i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i> |             |                |
| <i>Перевірив.</i> |             | <i>Яцишин В.В.</i>     |               |             |                                                      |             |                |
| <i>Консульт.</i>  |             | <i>Пилипець М.І.</i>   |               |             |                                                      |             |                |
| <i>Н. Контр.</i>  |             | <i>Луцик Н.С.</i>      |               |             |                                                      |             |                |
| <i>Затверд.</i>   |             | <i>Осухівська Г.М.</i> |               |             |                                                      |             |                |
|                   |             |                        |               |             | <i>Літ.</i>                                          | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
|                   |             |                        |               |             |                                                      | 56          |                |
|                   |             |                        |               |             | <i>ТНТУ, каф. КС,<br/>гр. СІ-41</i>                  |             |                |

напруження, вимушеною робочою позою, загальною гіподинамією, періодичним навантаженням на кисті верхніх кінцівок. Робота виконується в режимі діалогу з ЕОМ у вільному темпі з періодичним пошуком помилок в умовах дефіциту часу;

– оператори електронно-обчислювальних машин виконують роботу, пов'язану з обліком інформації, одержаної з ВДТ за попереднім запитом, або тієї, що надходить з нього, супроводжується перервами різної тривалості, пов'язана з виконанням іншої роботи і характеризується напруженням зору, невеликими фізичними зусиллями, нервовим напруженням середнього ступеня та виконується у вільному темпі;

– оператор комп'ютерного набору виконує одноманітні за характером роботи з документацією та клавіатурою і нечастими нетривалими переключеннями погляду на екран дисплея, з введенням даних з високою швидкістю. Робота характеризується як фізична праця з підвищеним навантаженням на кисті верхніх кінцівок на фоні загальної гіподинамії з напруженням зору (фіксація зору переважно на документи), нервово-емоційним напруженням.

ДСанПін 3.3.2.007-98 „Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами (ВДП) електронно-обчислювальних машин” встановлюються такі внутрішньозмінні режими праці та відпочинку при роботі з ЕОМ при 8-годинній денній робочій зміні в залежності від характеру праці:

– для розробників програм із застосуванням ЕОМ слід призначати регламентовану перерву для відпочинку тривалістю 15 хвилин через кожну годину роботи за ВДТ;

– для операторів із застосуванням ЕОМ слід призначати регламентовані перерви для відпочинку тривалістю 15 хвилин через кожні дві години;

– для операторів комп'ютерного набору слід призначати регламентовані перерви для відпочинку тривалістю 10 хвилин після кожної години роботи за ВДТ.

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КС КРБ 123.107.00.00 ПЗ</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 57   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

У всіх випадках, коли виробничі обставини не дозволяють застосувати регламентовані перерви, тривалість безперервної роботи з ВДТ не повинна перевищувати 4 години.

При 12-годинній робочій зміні регламентовані перерви повинні встановлюватися в перші 8 годин роботи аналогічно перервам при 8-годинній робочій зміні, а протягом останніх 4-х годин роботи, незалежно від характеру трудової діяльності, через кожну годину тривалістю 15 хвилин.

Для зниження нервово-емоційного напруження, втомлення зорового аналізатора, поліпшення мозкового кровообігу, подолання несприятливих наслідків гіподинамії, запобігання втомі деякі перерви використовувати для виконання комплексу вправ, згідно ДСанПІН 3.3.2.007-98 „Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами (ВДП) електронно-обчислювальних машин”.

#### 4.2 Вплив електромагнітних полів (ЕМП) на людину та заходи щодо зменшення їх впливу на персонал

Сучасний рівень розвитку техніки означає високий рівень використання різноманітної радіоелектронної апаратури. В основному всю радіоапаратуру можна розділити на дві великі групи: засоби зв'язку і засоби обробки та зберігання даних в найрізноманітнішому вигляді.

Основну небезпеку для людини становить високочастотне електромагнітне випромінювання. Вплив випромінювання низької частоти вважається безпечним, хоча існують версії, що вплив випромінювання низької частоти проявляється через значно довший період, співрозмірний із тривалістю життя людини.

Основними джерелами електромагнітного випромінювання в електронно-обчислювальній техніці є генератори тактової частоти, сигнали яких використовуються для синхронізації роботи електронних схем обчислювальної техніки. Випромінювання цих пристроїв є малопотужним, хоча і високочастотним. Низький рівень випромінювання диктується тим, щоби

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.107.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 58   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

мінімізувати взаємний вплив сигналів одних кіл на інші, а, отже, і мінімізувати спотворення.

Більш потужний електромагнітний фон випромінюють блоки живлення обчислювальної техніки, оскільки більшість з них – імпульсні. Але, як правило, блоки живлення не розміщені в безпосередній близькості до користувача і тому не становлять особливої небезпеки для людини.

Системний блок комп'ютера не несе особливої небезпеки для життя та здоров'я користувача. Найбільшу небезпеку несе підвищене значення напруги, що подається з електромережі на блок живлення системного блоку. Неприятливий вплив на користувача може здійснювати шум, що створюється при роботі вентиляторів та накопичувачів системного блоку.

Електромагнітні випромінювання, які виникають при роботі електронних компонентів блоку мають незначні рівні, тому можуть створювати хіба що радіочастотні перешкоди.

Більшість електронних компонентів комп'ютера живляться напругою "+5 В", двигуни накопичувачів "+12 В", деякі пристрої "- 5 В" та "- 12 В". Такі значення напруги не несуть небезпеки для людини. В той же час на вхід блоку живлення подається напруга електромережі (220 В), яка є небезпечною для людини, з точки зору її можливого ураження. Тому до блоку живлення висувається низка вимог електробезпеки. Зокрема, електропроводи та кабелі повинні мати надійну ізоляцію, а на випадок короткого замикання чи інших аварійних режимів в електричній схемі блоку живлення повинні бути передбачені елементи захисту. Сам же він знаходиться в корпусі, який перекриває доступ до струмоведучих елементів блоку.

Дисплей є одним з основних блоків комп'ютера, що призначений для візуалізації інформації. Від його характеристик в значній мірі залежить працездатність та стан здоров'я користувача комп'ютера.

Концепція нормування електромагнітних полів і випромінювань передбачає:

– вироблення єдиної системи нормативних значень гранично допустимих рівнів електромагнітних полів і випромінювань;

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КС КРБ 123.107.00.00 ПЗ</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 59   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

- захист природних ресурсів від втрат, обумовлених дією цих полів на різні компоненти природного середовища;
- запобігання значним функціональним порушенням екосистем в результаті прямої або непрямої дії полів на ті або інші компоненти цих систем.

Монітор і ПЕОМ повинні забезпечувати потужність експозиційної дози рентгенівського випромінювання в будь-якій точці на відстані 0,05м від екрана і корпусу монітора при будь-яких положеннях регулювальних пристроїв не вище  $7,74 \times 10$  А/кг, що відповідає еквівалентній дозі, рівної 0,1 мбер/година (100 мкр/годину).

Дисплеї, сконструйовані на основі ЕПТ, є джерелом кількох видів електромагнітного випромінювання та полів, а саме:

- іонізуючого (рентгенівського) випромінювання;
- оптичного випромінювання;
- електромагнітних випромінювань та полів.

Джерелом рентгенівського випромінювання дисплею є ЕПТ, зокрема люмінофорне покриття екрана. Електрони, які летять з великою швидкістю, різко сповільнюються шаром люмінофора. Це й спричинює рентгенівське випромінювання, енергія якого обмежується потенціалом розгону електронів. При цьому можлива поява лише, так званого "м'якого" рентгенівського випромінювання з довжиною хвилі 2 - 5 нм, яке ефективно поглинається скляним екраном.

Оптичне випромінювання виникає в результаті взаємодії електронів з шаром люмінофору. Дослідження показали, що в процесі роботи дисплея, окрім видимого випромінювання, мають місце і інші види оптичного-випромінювання (ультрафіолетове та інфрачервоне).

Електромагнітні випромінювання та поля різних діапазонів частот (високих, низьких та вкрай низьких) виникають в системах горизонтальної та вертикальної розгортки та в результаті дії електронного променя.

Основним джерелом статичних електричних полів є висока напруга (6 - 15 кВ), яка подається на блок анодів та внутрішню поверхню екрана ЕПТ.

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КС КРБ 123.107.00.00 ПЗ</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 60   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

Реальна інтенсивність, напруженість, рівень та інші параметри кожного виду електромагнітного випромінювання залежить від технічної конструкції конкретного дисплея, режимів його роботи, екранування та інших факторів.

Центральним елементом лазерного принтера є експонуючий барабан. Його поверхня покрита, як правило, органічним світлочутливим непровідним матеріалом. Спочатку поверхня експонуючого барабана заряджається від'ємним зарядом. Далі в дію вступає лазерний промінь, що відтворює інформацію, отриману принтером з комп'ютера. В місцях, на які потрапив промінь лазера, відбувається зміна знаку електричного заряду. За допомогою валиків подачі і перенесення тонера, останній потрапляє на експонуючий барабан. Тонер прилипає лише в місцях, що були опромінені лазером. З касети до барабану подається папір. Транспортуючий валик притискає його до барабана, при цьому тонер переходить на папір.

Вузол фіксування складається, частіше за все, з двох барабанів, один із яких нагрівається лампою до температури близько 200 °С. Під дією температури тонер розплавляється і назавжди зв'язується з папером. Далі віддрукований аркуш подається у приймальний відділ принтера. Надлишковий тонер, що не перейшов на папір, забирається з барабана у вузлі очистки. В кінці циклу світлочутливе покриття барабана розряджається за допомогою лампи.

При роботі лазерного принтера виділяються шкідливі та небезпечні фактори за порядком їх проявлення в процесі друкування:

- електростатичні заряди;
- лазерний промінь;
- висока температура.

Для захисту людини від шкідливого впливу електромагнітних полів існують нормативи, стандарти та норми, які пов'язані із захистом людини від небезпечного впливу. Вони завжди представляють собою компроміс між перевагами використання нових технологій і техніки та можливим ризиком, спричиненим їхнім використанням.

ДСНІП 3.3.6.096-2002 при роботі з джерелами електромагнітних полів охоплюють діапазон частот 60 кГц-300МГц. Він встановлює, що оцінка ЕМП в

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КС КРБ 123.107.00.00 ПЗ</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 61   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

діапазоні 60 кГц-300 МГц проводиться окремо з електричних і магнітних складових поля. Допустимі рівні протягом робочого дня по електричній складовій не повинні перевищувати 50 В/м знижуючись ступенями 5 В/м на міру підвищення частоти. По магнітній складовій встановлені рівні тільки для окремих ділянок діапазону: 5 А/м для частот 60 кГц-1.5 МГц та 0,3 А для частот 30-50 МГц. Згідно ДСНіП 3.3.6.096-2002 Допускається перевищення цих стандартів, але не більше ніж двократне, при скороченні робочого дня не менш як на 50%.

Для частот 300 МГц-30 ГГц гранично допустимі значення щільності визначаються як результат ділення нормованої величини енергетичного навантаження за робочий день на час впливу. Енергетичне навантаження протягом робочого дня не повинно перевищувати 200 мкВт год./ см<sup>2</sup>.

Електромагнітні поля сильно впливають на людський організм. Вони негативно впливають майже на усі системи організму. Тому треба створювати певні методи захисту від їх дії. Найпоширенішими методами, згідно, ДСНіП 3.3.6.096-2002 є:

- зменшення щільності потоку енергії, якщо дозволяє даний технологічний процес або обладнання;
- захист часом (тобто обмеження часу знаходження у зоні джерела ЕМП);
- захист відстанню;
- екранування робочого місця чи джерела;
- раціональне планування робочого місця;
- застосування засобів попереджувальної сигналізації;
- застосування засобів особистого захисту.

Для зменшення впливу електромагнітних полів на персонал, який знаходиться у зоні дії деяких радіоелектронних засобів необхідним є ряд захисних заходів: організаційні, інженерно-технічні та лікувально-профілактичні.

На етапі проектування системи взаємне розміщення об'єктів має бути забезпечено таким чином, щоб інтенсивність опромінення була мінімальною.

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КС КРБ 123.107.00.00 ПЗ</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 62   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розроблено проект комп'ютеризованої системи аналізу популяції лабораторних мишей на основі Raspberry PI 4, як центрального пристрою керування та набору сенсорів для визначення руху гризунів і відстані до пастки.

Сенсор руху використовуються у системі як тригер сповіщення про переміщення гризунів на різній відстані від пастки з приманкою для мишей. При спрацюванні цього сенсора активується інфрачервона відеокамера, яка виконує захоплення зображень лабораторних мишей, які перебувають у пастці.

Ультразвуковий сенсор вмонтований у мікрофон і дає можливість визначити відстань від пастки до гризунів, які видають звуки в ультракороткому діапазоні частот.

Радари використовуються для моніторингу кількості гризунів на відстані від 2 до 10 м від встановленої пастки і дають можливість аналізувати їх популяцію.

Зображення з камери та мікрофона записуються на SD-картку у вигляді файлів, які в подальшому можуть бути використані для реалізації алгоритмів машинного навчання. Це дозволить більш точно та ефективно виявляти типи гризунів та приймати рішення щодо керування їхньою популяцією.

Запропонована пастка для мишей відповідає структурі пастки Шермана, яка складається з трьох пластикових труб. На пастку монтується апаратне забезпечення розробленої комп'ютеризованої системи, що дає можливість проводити аналіз безпосередньо у пастці та на певній відстані від неї.

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КС КРБ 123.107.00.00 ПЗ</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 63   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Agranat I. Detecting Bats with Ultrasonic Microphones. Multidisciplinary Digital Publishing Institute. p. 14.
2. Agrawal S. Raspberry Pi Camera and its Variety. URL: <https://iot4beginners.com/raspberrypi-camera-and-its-variety/> (дата звернення: 05.04.2024 р.
3. Pastukh O., Yatsyshyn V. Development of software for neuromarketing based on artificial intelligence and data science using high-performance computing and parallel programming technologies. Scientific Journal of TNTU. Vol 113. No 1. 2024. pp. 143–149.
4. Akhter F. IoT Enabled Intelligent Sensor Node for Smart City: Pedestrian Counting and Ambient Monitoring. Sensors. Multidisciplinary Digital Publishing Institute. 2022. p. 3374. URL: <https://www.mdpi.com/1424-8220/19/15/3374> (дата звернення 11/04/2024).
5. Yatsyshyn V., Pastukh O., Palamar A., Zharovskyi R. Technology of relational database management systems performance evaluation during computer systems design. Scientific Journal of TNTU.Tern.: TNTU. 2023. Vol 109. No 1. P. 54–65.
6. Anthony N. Comparative effectiveness of Longworth and Sherman live traps. Wildlife Society Bulletin. 2021. pp. 1018–1026.
7. Vikhram B. Animal Detection System in Farm Areas. IJARCCCE 6.3. 2017. pp. 3321-3327.
8. Beason R., Riesch R., Koricheva J. AURITA: an affordable, autonomous recording device for acoustic monitoring of audible and ultrasonic frequencies. Bioacoustics. 2019. pp. 381–396.
9. Best I. Farmers' Knowledge, Attitudes, and Control Practices of Rodents in an Agricultural Area of Taiwan. Agronomy 12.5. Multidisciplinary Digital Publishing Institute. 2022. p. 1169.
10. Burgin C. How many species of mammals are there? Journal of Mammalogy. 99.1. 2018.pp. 1–14.

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КС КРБ 123.107.00.00 ПЗ</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 64   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

11. Python 3.9.2 documentation. URL: <https://docs.python.org/3/> (дата звернення 08.05.2024 р.)
12. Паламар М.І., Стрембіцький М.О., Паламар А.М. Проектування комп'ютеризованих вимірjuвальних систем і комплексів. Навчальний посібник. Тернопіль: ТНТУ. 2019. 150 с.
13. Raspberry Pi Computer Boards. URL: <https://www.okdo.com/c/pi-shop/the-raspberry-pi/> (дата звернення 15.05.2024 р.).
14. Yatsyshyn V., Pastukh O., Zharovskyi R., Shabliy N. Software tool for productivity metrics measure of relational database management system. Mathematical Modeling. No 1 (48). 2023. P. 7-17.
15. Yatsyshyn V., Kharchenko O., Lutsiv A. Maturity Requirements Model for Software Requirements with the Implementation of ISO/IEC 25010 Recommendations. International Journal "Information Models and Analyses" Volume 9, Number 2, 2020 p. 126-143.
16. Yatsyshyn V. Kharchenko A., Bodnarchuk I., Galay I. An Optimal Trade-off Solution of the Software Architecture Choice Problem.// Journal of Information and Computing Science. 2016. Vol 11. No 4. P. 281-290.
17. Pastukh O., Yatsyshyn V. Brain-computer interaction neurointerface based on artificial intelligence and its parallel programming using high-performance calculation on cluster mobile devices. Scientific Journal of TNTU. Tern.: TNTU. 2023. Vol 112. No 4. P. 26–31.
18. Осухівська Г.М., Луцик Н.С., Луцик Н.С., Паламар А.М. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційних робіт здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» усіх форм навчання. Тернопіль, ТНТУ. 2022. 28 с.
19. НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями». Київ. 2018.
20. Катренко Л.А., Катренко А.В. Охорона праці в галузі комп'ютингу. Львів: Магнолія-2006. 2012. 544 с.

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КС КРБ 123.107.00.00 ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                | 65   |

21. Бедрій Я. Основи охорони праці користувачів персональних комп'ютерів: навчальний посібник для студентів ВНЗ та інженерів-практиків. Навчальна книга-Богдан. 2014. 144 с.

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КС КРБ 123.107.00.00 ПЗ</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 66   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

Додаток А

Технічне завдання

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії

Кафедра комп'ютерних систем та мереж

**“Затверджую”**

Завідувач кафедри КС

\_\_\_\_\_ Осухівська Г.М.

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 р

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА АНАЛІЗУ ПОПУЛЯЦІЇ ЛАБОРАТОРНИХ  
МИШЕЙ

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

на 11 листках

**Вид робіт:**

Кваліфікаційна робота

**На здобуття освітнього ступеня «Бакалавр»**

**Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»**

**«УЗГОДЖЕНО»**

Керівник кваліфікаційної роботи

\_\_\_\_\_ к.т.н., доц. Яцишин В.В.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

**«ВИКОНАВЕЦЬ»**

Студент групи СІ-41

\_\_\_\_\_ Антонюк В.І.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

**Тернопіль 2024**

## 1 Загальні відомості

### 1.1 Повна назва та її умовне позначення

Повна назва теми кваліфікаційної роботи: «Комп'ютеризована система аналізу популяції лабораторних мишей».

Умовне позначення кваліфікаційної роботи: КС КРБ 123.107.00.00

### 1.2 Виконавець

Студент групи СІ-41, факультету комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедри комп'ютерних систем та мереж, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Антонюк Віталій Іванович.

### 1.3 Підстава для виконання роботи

Підставою для виконання кваліфікаційної роботи є наказ по університету (№ 4.7-408 від 24.04.2024 р.)

### 1.4 Планові терміни початку та завершення роботи

Плановий термін початку виконання кваліфікаційної роботи – 24.04.2024 р.

Плановий термін завершення виконання кваліфікаційної роботи – 24.06.2024 р.

## 1.5 Порядок оформлення та пред'явлення результатів роботи

Порядок оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу здійснюється у відповідності до чинних норм та правил ISO, ЕСКД, ЕСПД та ДСТУ.

Пред'явлення проміжних результатів роботи з виконання кваліфікаційної роботи здійснюється у відповідності до графіку, затвердженого керівником роботи.

Попередній захист кваліфікаційної роботи відбувається при готовності роботи на 90% , наявності пояснювальної записки та графічного матеріалу.

Пред'явлення результатів кваліфікаційної роботи відбувається шляхом захисту на відповідному засіданні ЕК, ілюстрацією основних досягнень за допомогою графічного матеріалу.

## 2 Призначення і цілі створення системи

### 2.1 Призначення системи

Комп'ютеризована система аналізу популяції лабораторних мишей призначена для виявлення та встановлення кількості гризунів, які проживають на певній обмеженій території. Ідея створення такої системи полягає в тому, щоб забезпечити, на основі застосування комп'ютеризованих засобів, можливість збору та зберігання інформації щодо кількості особин певного виду.

Комп'ютеризована система розробляється в якості прототипу системи, яка може використовуватися в агросекторі, зокрема, для виявлення та розвитку популяції гризунів у полях із зерновими та іншими культурами. Це дозволить приймати рішення щодо вживання заходів по зменшенню шкідливого впливу на майбутній урожай, а також фіксувати міграцію мишей та інших гризунів на певні локації поля.

Прототип системи аналізу популяції лабораторних мишей пропонується реалізувати за допомогою IoT пристроїв, центрального пристрою опрацювання

інформації у вигляді мікроконтролера та пастки, у якій будуть розміщені вище перелічені засоби.

## 2.2 Мета створення системи

Метою створення комп'ютеризованої системи аналізу популяції лабораторних мишей є реалізація засобу автоматизованого виявлення, фіксації та аналізу кількості гризунів, які одночасно перебувають в одному локальному просторі.

Досягнути мети щодо створення системи аналізу популяції лабораторних мишей можна, розв'язавши множину наступних задач:

- дослідження методів і способів виявлення живих об'єктів у просторі та в часі;
- аналіз існуючих подібних систем для виявлення тварин;
- обґрунтування вибору апаратних пристроїв для виявлення та визначення кількості гризунів, які одночасно перебувають в одній локації;
- проектування схем підключення пристроїв та сенсорів для аналізу наявності мишей;
- аналіз сумісності та синхронізації роботи обраних пристроїв;
- розробка алгоритмів та програмного забезпечення для керування сенсорами виявлення гризунів, їх фіксації та записом відповідної інформації у файли ;
- реалізація програмного забезпечення керування зарядною станцією на локальному рівні в домашніх умовах;
- налаштування з подальшим тестуванням апаратного і програмного забезпечення комп'ютеризованої системи аналізу популяції лабораторних мишей.

## 2.3 Характеристика об'єкту

Основною функцією комп'ютеризованої системи аналізу популяції лабораторних мишей є виявлення, в межах від 10 м до пастки, гризунів, аналіз їх

поведінки при потраплянні у пастку, визначення кількості особин, а також аналіз звуків, які видають миші в ультразвуковому хвильовому діапазоні.

Функції, які повинна забезпечувати система аналізу популяції лабораторних мишей стосуються:

- інтеграції різних типів сенсорів, які забезпечують виявлення гризунів на короткій відстані;
- налаштування параметрів апаратних пристроїв для точного та надійного виявлення кількості особин лабораторних мишей в одному місці.
- забезпечення ідентифікації та класифікації гризунів.

### 3 Вимоги до системи

#### 3.1 Вимоги до системи в цілому

Комп'ютеризована система аналізу популяції лабораторних мишей повинна забезпечувати визначену функціональність, яка стосується:

- можливості виявлення гризунів при їх переміщенні недалеко від встановленої пастки;
- можливості аналізу на певній відстані звуків, які видають миші в ультракороткому діапазоні частот;
- можливості фіксації зображень гризунів, які потрапляють у пастку;
- здатності визначати відстань і відображати рух мишей на визначеній площі;
- можливості централізованого управління сенсорами;
- можливості запису та зберігання інформації із сенсорів на карту пам'яті.

Враховуючи загальні вимоги до комп'ютеризованої системи аналізу популяції лабораторних мишей, перш за все варто деталізувати вимоги до апаратного забезпечення.

Серед найбільш важливих вимог, які висувають до апаратних пристроїв при організації такого типу систем є:

- забезпечення можливості виявляти гризунів у певній локації на відстані від 5 до 50 метрів;
- здатність виявлення і фіксації фото гризунів, які потрапляють у пастку;
- здатність зафіксувати, чи деякі з гризунів їдять приманку всередині пастки
- можливість визначити інстинкт гризуна;
- здатність запису переміщення мишей у просторі та часі;
- на основі даних з сенсорів повинна бути забезпечена можливість оцінки популяції гризунів у прилеглий території, напр. підраховувати до 5-10 гризунів одночасно;
- забезпечення можливості поєднання кількох технологій зондування для підвищення точності аналізу популяції гризунів.

### 3.1.1 Вимоги до способів та засобів зв'язку між компонентами системи

В залежності від типу структурного компоненту системи аналізу популяції лабораторних мишей тип підключення може бути різний. Сенсор ультразвуку, який може бути вмонтований в мікрофон та сенсор руху підключаються до Raspberry PI за допомогою з'єднання через відповідні виводи GPIO та власні контакти. Оскільки, у системі передбачено використання кількох сенсорів руху, то підключення до мікроконтролера відбувається через Bread Board.

Підключення інфрачервоної камери повинно здійснюватися через визначений порт Raspberry PI. Радари, які зазвичай, виконані як окремі модулі, комунікують з центральним пристроєм керування системи аналізу популяції лабораторних мишей через USB інтерфейс.

Оскільки, інформація із сенсорів та радарів записується на SD-карту у вигляді файлу, то передача даних на комп'ютер для виконання операцій безпосереднього аналізу даних може використовувати безпроводну технологію WIFI. Копіювання даних з файлів, або безпосередньо файлів, може відбуватися локально з Raspberry PI, а потім вставлятися у сховище на сервері, або іншій машині, яка виконує його функції.

### 3.1.2 Вимоги по діагностуванню системи

Діагностика функціональності та коректності функціонування системи передбачає проведення процедур перевірки і тестування кожного окремо взятого компоненту. Такі заходи проводять у випадках, коли виявлено порушення у нормальному функціонуванні сенсорів, радарів чи відеокамери, або самого мінікомп'ютера.

Окрім діагностики системи у випадку нештатних ситуацій, повинні проводитися діагностичні дії з обслуговування компонентів за визначеним розкладом. Це дозволяє мінімізувати виникнення ситуацій виходу з ладу обладнання системи аналізу популяцій гризунів та запобігти збоєм у її роботі.

### 3.1.3 Перспективи розвитку, модернізація системи

Перспективами розвитку та модернізації системи аналізу популяції лабораторних мишей є подальша розробка інтелектуальних агентів, які забезпечують функції розпізнавання тварин за зображеннями, одержаними з камери та даними, отриманими з мікрофона з ультразвуковим сенсором. Окрім цього, для виявлення та дослідження популяції гризунів в перспективі пропонується використати сенсори більшого радіусу дії та більшої точності. Також можна масштабувати систему шляхом додавання більшої кількості сенсорів руху з метою більш детального вивчення поведінки мишей.

### 3.1.4 Вимоги до надійності системи

Надійність функціонування системи аналізу популяції лабораторних мишей визначається сукупністю показників надійності апаратних і програмних компонентів, які входять до її складу. На системному рівні показники надійності повинні характеризуватися високим рівнем відмовостійкості, доступності та безперебійного функціонування. Система повинна бути захищена від факторів агресивного середовища, у випадку застосування на відкритій місцевості, а також від неавторизованого доступу до апаратних і програмних компонентів.

### 3.1.5 Вимоги до функцій та задач, які виконує система

Функції, які висуваються до системи забезпечують сенсори руху, ультразвукові сенсори, камера та радар. Управління всіма цими пристроями повинен забезпечувати однокристальний мінікомп'ютер на базі Raspberry PI.

Вимоги, які висуваються до сенсорів руху:

- можливість виявити факт того, що деякі з гризунів потрапляють у пастку;
- здатність виявити, коли гризун знаходиться поблизу пастки;
- оцінка кількості гризунів біля пастки.

Вимоги до ультразвукового сенсора такі ж як і до сенсора руху, однак повинні додатково дозволяти фіксувати звуки, які видають лабораторні миші. Розміщення ультразвукового датчика повинно бути всередині пастки.

Камера, яка використовується у системі аналізу популяції гризунів повинна спрацьовувати і фіксувати зображення та відео незалежно від часу доби у хорошій роздільній здатності. Тому варто в проекті системи застосувати інфрачервону камеру. Даний тип камери повинен забезпечувати:

- здатність виявлення і фіксації інстинктів гризуна;
- можливість записати рух мишей у просторі та часі.

Вимоги до мікрофона, в який може бути інтегрований ультразвуковий сенсор, повинні забезпечувати:

- можливість запису звуку з можливістю визначення гризунів у просторі та часі;
- можливість моніторингу положення гризунів.

Запис руху гризунів доцільно виконувати шляхом фіксації звуків, які вони видають для розуміння їх поведінки.

Вимоги до радіолокатора, які використовують в системі аналізу популяції гризунів:

- здатність виявляти лабораторних мишей на певній території на віддалі 5-50 м;
- можливість оцінити популяцію гризунів у прилеглій території.

Радари збільшують дальність виявлення гризунів, а також не потребує нанесення міток на тварин.

Радар широко використовується в різних сферах, включаючи авіацію, навігацію, метеорологію, військові та наукові дослідження, для широкого спектру застосувань, включаючи моніторинг і відстеження об'єктів або явищ, що представляють інтерес. Радар працює без впливу навколишнього середовища та погодних умов.

### 3.1.6 Вимоги до апаратного забезпечення

Апаратні компоненти системи аналізу популяції лабораторних мишей включають в себе набір сенсорів, радарів і пристрою керування. У відповідності до функціональних задач, які виконує система, необхідно використати мікроконтролер за наступними характеристиками:

- процесор: 1.5 ГГц 64-бітовий чотириядерний процесор ARM Cortex-A72;
- об'єм оперативної пам'яті: 4 ГБ LPDDR4 SDRAM;
- мережевий інтерфейс: Гігабітний Ethernet з повною пропускною здатністю інтерфейсу;
- двохдіапазонна бездротова мережа 802.11ac;
- Bluetooth 5.0
- USB порти: Два порти USB 3.0 Два порти USB 2.0;
- відеовихід: два micro-HDMI з підтримкою двох моніторів з роздільною здатністю до 4К;
- графічний інтерфейс: VideoCore VI, який підтримує OpenGL ES 3.x;
- апаратне декодування 4Kp60 відео HEVC;
- роз'єм живлення: USB-C;
- напруга живлення: 5В;
- додаткове живлення: Ethernet PoE Hat;
- максимальний струм: 3А.

Сенсори і радари, які використовуються при побудові системи аналізу популяції лабораторних мишей:

- сенсор руху HC-SR501;
- ультразвуковий сенсор HCSR04;
- радар IWR 1642;
- радар RADARIQ;
- відеокамера Raspberry PI IR-CUT;
- мікрофон.

### 3.1.7 Вимоги до програмного забезпечення

Програмне забезпечення для керування сенсорами повинно бути розроблено мовою програмування Python, яка сумісна з операційною системою Raspbian. Радари використовують програмне забезпечення виробника Texas Instruments.

## 4 Вимоги до документації

Документація повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ

Комплект документації повинен складатись з:

- пояснювальної записки;
- графічного матеріалу:

1 Архітектура комп'ютеризованої системи аналізу популяції лабораторних мишей.

2 Структурна схема Raspberry PI 4 Model B

3 Схема підключення сенсорів руху до Raspberry PI .

4 Схема підключення ультразвукового сенсора до Raspberry PI.

5 Результати виявлення та визначення кількості гризунів.

\*Примітка: У комплект документації можуть вноситися міни та доповнення в процесі розробки.

## 5 Стадії та етапи проектування

Таблиця 1 – Стадії та етапи виконання кваліфікаційної роботи бакалавра

| № етапу | Назва етапу виконання кваліфікаційної роботи                                                | Термін виконання |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 1       | Розробка і затвердження технічного завдання                                                 | 24.04-27.04.2024 |
| 2       | Аналіз технічного завдання                                                                  | 28.04-03.05.2024 |
| 3       | Аналіз вимог та існуючих систем виявлення та аналізу популяції тварин                       | 05.05-08.05.2024 |
| 4       | Проектування комп'ютеризованої системи аналізу популяції лабораторних мишей                 | 08.05-18.05.2024 |
| 5       | Розробка програмного забезпечення і тестування системи аналізу популяції лабораторних мишей | 18.05-25.05.2024 |
| 6       | Розробка інструкцій щодо підключення та використання пристроїв комп'ютеризованої системи    | 26.05-05.06.2024 |
| 7       | Безпека життєдіяльності, основи охорони праці                                               | 05.06-10.06.2024 |
| 8       | Оформлення кваліфікаційної роботи                                                           | 10.06-14.06.2024 |
| 9       | Попередній захист кваліфікаційної роботи                                                    | 14.06-19.06.2024 |
| 10      | Захист кваліфікаційної роботи                                                               | 24.06-27.06.2024 |

## 6 Додаткові умови виконання кваліфікаційної роботи

Під час виконання кваліфікаційної роботи у дане технічне завдання можуть вноситися зміни та доповнення.