

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр

Освітній рівень

Автоматизована системи розпізнавання голосових команд для керування

роботами

Назва теми

КвРАКІТ. 2022123.01.08.ПЗ

Рівень вищої освіти перший

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»

Шифр, назва

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Шифр, назва

Освітня програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Назва

Виконав:

студент III курсу, група АКІТс-22-1


Підпис

Максим МАЛЮТА

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник


Підпис

Денис МАКАРИШКІН

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер


Підпис

Людмила КОРЕЦЬКА

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:
зав. кафедри АКІТтаР


Підпис

Валерій МАРТИНЮК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

« 14 » червня 2025 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій

Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань 15 – Автоматизація та приладобудування

Спеціальність 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АКІТтаР

Валерій МАРТИНЮК

07. Лютого 2025

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Малюті Максиму Васильовичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема роботи Автоматизована системи розпізнавання голосових команд для керування роботами

Керівник роботи Макаришкін Денис Анатолійович, к.т.н., доцент

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання

Затверджено наказом ректора університету від 07.02.2025р. № 23

2 Строк подання студентом роботи на кафедру 02.06.2025р.

3 Вихідні дані до роботи Метою роботи є розробка та впровадження системи розпізнавання голосових команд для управління роботизованими пристроями

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. Огляд відомих засобів та рішень. Проектування системи автоматизації. Розробка алгоритму керування та налаштування моделі

5 Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)
презентаційні матеріали (слайди)

6 Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Антиплагіат	Федула М.В., доцент кафедри АКІТтаР		
Нормоконтроль	Корецька Л.О., доцент кафедри АКІТтаР		

7 Дата видачі завдання 07. Лютого 2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу кваліфікаційної роботи	Строк виконання	Примітка
Вступ	15.03.2025	виконано
Огляд відомих засобів та рішень	24.03.2025	виконано
Проектування системи автоматизації	15.04.2025	виконано
Розробка алгоритму керування та налаштування моделі	18.05.2025	виконано
Висновки	22.05.2025	виконано
Оформлення пояснювальної записки КРБ	01.06.2025	виконано
Оформлення презентаційних слайдів	10.06.2025	виконано

Студент

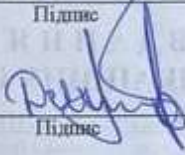


Підпис

Малюта М.В.

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник кваліфікаційної роботи



Підпис

Макаришкін Д.А.

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Автоматизована системи розпізнавання голосових команд для керування роботами».

Автор роботи: Малюта М.В.

Керівник роботи: Макаришкін Д.А.

Пояснювальна записка: 56 с., 36 рис., 4 табл., 0 дод., 41 джерел.

Графічна частина: 12 презентаційних слайдів.

ФУНКЦІОНАЛЬНА БЕЗПЕКА, НАДІЙНІСТЬ, ГОЛОСОВИЙ КОНТРОЛЬ, ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ, АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА.

Мета роботи: розробка та впровадження системи розпізнавання голосових команд для управління роботизованими пристроями. Розроблено систему розпізнавання голосових команд для реакції на нещасні випадки на виробництві чи підприємстві, яка полягає у використанні мікрофону та нейронної мережі для розпізнавання голосу. Показано, що система здатна виявляти ключові звуки відповідальні за нещасний випадок (голосові тригери) та реагувати на них шляхом керування пристроями через реле. Також показано, що застосування моделей штучного інтелекту, зокрема TensorFlow Lite, дозволило досягти високої точності розпізнавання при мінімальних обчислювальних ресурсах, та дотримання часу обробки звуку використовуючи обмеження для систем реального часу в 100 мс







Підпис студента

17.06.2029

Дата

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1 ОГЛЯД ВІДОМИХ ЗАСОБІВ ТА РІШЕНЬ.....	5
1.1 Концепція контролю приладів за допомогою звуку.....	5
1.2 Огляд способів отримання та аналізу звуку.....	7
1.3 Методи інтелектуального розпізнавання мови та звуків.....	11
1.4 Висновки до першого розділу.....	16
2 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	18
2.1 Елементи системи розпізнавання голосових команд на базі одноплатного комп'ютеру Raspberry Pi.....	18
2.2 Структурна схема.....	28
2.3 Розробка електричної принципової схеми системи розпізнавання голосових команд для управління роботизованими пристроями.....	34
2.4 Висновки до другого розділу.....	36
3 РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ КЕРУВАННЯ ТА НАЛАШТУВАННЯ МОДЕЛІ.....	38
3.1 Розробка алгоритму керування системою розпізнавання голосових команд для управління роботизованими пристроями.....	38
3.2 Налаштування та навчання моделі для розпізнавання тригерних команд.....	42
3.3 Розробка програми керування системою розпізнавання голосових команд для управління роботизованими пристроями.....	47
3.4 Висновки до третього розділу.....	57
ВИСНОВКИ.....	58
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	59

КвРАКІТ. 2022123.01.08 ПЗ				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Малюта М.В.		17.06
Перевд.		Макаришкін Д.А.		17.06
Н. Контр.		Корецька Л.О.		17.06
Затв.		Мартинюк В.В.		17.06
Автоматизована системи розпізнавання голосових команд для керування роботами. Пояснювальна записка				
		Літ.	Лист	Листів
		1	2	1
ХНУ, гр. АКІТс-22-1				

ВСТУП

Автоматизовані пристрої уже дано інтегрувалися у виробничі процеси та у звичайне людське життя, починаючи роботами маніпуляторами та закінчуючи роботами пилососами. Подібні пристрої здатні автоматизувати монотонний стандартний процес забезпечуючи надійність стабільність та дозволяючи людині уникнути морального виснаження яке спричиняє монотонна робота.

Останні тенденції світового ринку показують сильну заінтересованість споживачами у штучному інтелекті як у новинці та додатковому способі спростити своє життя [1,2]. Таким чином інтеграція штучного інтелекту на перший погляд у простий пристрій дозволяє зробити його більш конкурентоздатним в очах користувача та принести переваги підприємству. Дослідження проведені IBM стверджують, що 42% великих компаній активно впроваджують технології з використанням штучного інтелекту в усі підрозділи, додатково 40% компаній зацікавлені у впровадженні технологій штучного інтелекту та активно займаються вивченням цього питання [3,4].

Розвиток технологій завжди супроводжується розвитком та створенням нових вимог до безпеки на виробництві. Не дивлячись на вимоги та захисні механізми нових технологій - виробництва, велика кількість промисловості досі використовує застаріле обладнання та не дотримується багатьох вимог щодо безпеки робітників, таким чином за дев'ять місяців 2019 року 3270 людей було травмовано внаслідок нещасних випадків на підприємствах, що дозволяє припустити що за рік цифра складає понад чотири тисячі людей [5].

Нажаль у випадках коли потерпілий працівник знаходився на самоті шанси на швидке надання медичної допомоги були низькими через відсутність свідків та стан потерпілих, через що допомога надавалася з затримкою, що є

					КвРАКІТ. 2022123.01.08 ПЗ	3
		№ докум.	Підпис			

неприпустимим оскільки своєчасного надання першої допомоги є критичним для здоров'я працівників [6].

Найкращим способом для вирішення подібної проблеми може стати інтеграція в виробництво або встановлення пристрою здатного розпізнавати звука та реагувати на нещасні випадки. Найпростішим варіантом може стати додаток розроблений для разбері пай з використанням штучного інтелекту для визначення людського крику (реакція людини на отримання травми), або заготовлених командних фраз для зупинки виробничої лінії та виклику допомоги автоматично, що в свою чергу дозволить уникнути додаткового завдання шкоди потерпілому виробничою лінією або приладом та збільшить шанси на своєчасне надання медичної допомоги.

Для виконання подібного завдання можна використовувати готові моделі або навчити власні для розпізнавання заготовлених команд та ігнорування сторонніх гучних звуків.

Метою роботи є розробка та впровадження системи розпізнавання голосових команд для управління роботизованими пристроями. Для досягнення мети необхідно розв'язати наступні завдання:

- обрати модель штучного інтелекту для розпізнавання та обробки мови;
- розробити додаток для керування та налаштування роботи системи керування;
- розробити блок-схему керування роботизованої системи з використанням отриманих даних системою розпізнавання голосу.

критичним предметом для багатьох фільмів які намагалися відтворити майбутнє чи телепередач про технології майбутнього. Згодом їх замінили сучасні рішення, голосові асистенти та розумні лампи, що працюють через Wi-Fi чи Bluetooth.

1.2 Огляд способів отримання та аналізу звуку

При розмові про отримання та зчитування звуку більшість людей одразу уявляє звичайний мікрофон приєднаний через USB порт, мікрофон у навушниках або WEB камеру з вбудованим мікрофоном, ці типи можна віднести до MEMS-мікрофонів.

MEMS-мікрофони (Micro Electro Mechanical Systems). MEMS-мікрофони (рисунок 1.3), або мікро електромеханічні мікрофони, стали невід'ємною частиною сучасної електроніки. Їх використовують у смартфонах, ноутбуках, WEB-камерах, розумних колонках, навушниках та багатьох інших пристроях.

Принцип роботи MEMS-мікрофонів ґрунтується на використанні механічної мембрани, яка вібрує під дією звукових хвиль. Коливання перетворюються в електричний сигнал за допомогою сенсорного елемента.

Електронна схема мікрофона, додатково обробляє сигнал, підсилює його або навіть перетворює у цифрову форму. У цифрових MEMS-мікрофонах це робить вбудований аналогово-цифровий перетворювач. Однією з головних переваг таких мікрофонів є їхня мініатюрність та надійність. Типовий MEMS-мікрофон має розміри у межах кількох міліметрів, що дозволяє легко інтегрувати його в будь-який мобільний або портативний пристрій. До того ж, MEMS-мікрофон забезпечує довготривалу стабільну роботу та характеристики звуку навіть при перепадах температури та вологості, що важливо для промислових або зовнішніх застосувань, зображено на рисунку 1.4.

					КвРАКІТ. 2022123.01.08 ПЗ	
		№ докум.	Підпис			7



Рисунок 1.5 - Приклад акустичної камери

Звичайні мікрофони дозволяють лише слухати, акустичні камери дають змогу бачити звук. Це особливо корисно в галузях, де потрібно точно локалізувати джерело шуму: в машинобудуванні, енергетиці, авіації а також у сфері охорони здоров'я, акустичної експертизи та архітектури.

У центрі такої камери розташовано масив з великої кількості мікрофонів у певному геометричному порядку, зазвичай від кількох десятків до кількох сотень. Сигнали обробляються спеціалізованим програмним забезпеченням або вбудованими процесорами, які аналізують час надходження сигналу до кожного мікрофона. Завдяки цій синхронізації можна визначити, з якого напрямку прийшов звук, і побудувати зображення.

В основі роботи акустичних камер є *beamforming* - формування спрямованої діаграми сприйняття. Це метод, який дозволяє направити масив мікрофонів в конкретну точку в просторі та визначити, наскільки інтенсивним був звук з обраного напрямку. Програмне забезпечення будує звукову карту яка на перший погляд схожа на карту яку будує тепловізор, але у випадку акустичних камер кольори вказують на гучність у різних зонах, як зображено на рисунку 1.6, та без накладання звукових карт зображено на рисунку 1.7.

пристрою. Пізніше програмне забезпечення було оновлене, щоб запобігти повторенню подібних ситуацій, але досі залишаються випадки хибних спрацювань [10]. Подібні випадки також фіксуються у Сірі і так само Apple робить заяви про виправлення подібних помилок [11].

Інтегрування акустичних камер дозволяє обробляти зображення, накладати місце розташування звуку на відео та виділяти окремо кожні команди прив'язуючи їх до користувача, також аналізуючи звук роботи приладу з'являється можливість передбачити поломку обладнання або зреагувати на погане кріплення яке спричиняє дребезіння чи знайти втрачену деталь-кріплення яке упало та викотилося від робочого місця.

1.3 Методи інтелектуального розпізнавання мови та звуків

Розпізнавання звуку та голосу є важливою складовою штучного інтелекту і машинного навчання. Застосування подібних систем охоплює контроль якості, автоматизацію, безпеку, медицину, робототехніку, розумні пристрої та аналітику. В розглянутому випадку можливо використовувати навчений штучний інтелект для керування та реагування на команди та звуки навколишнього середовища.

Використання готових моделей для розпізнавання звуку, як і для будь-якої іншої мети має низку суттєвих переваг у порівнянні з навчанням власної моделі з нуля. По-перше, розробка власної моделі вимагає великих обсягів даних для навчання, у розглянутому прикладі це буде вимагати величезну кількість звукових записів з по секундним транскриптом. Для розпізнавання мови це означає десятки або навіть сотні годин аудіозаписів з точними транскрипціями, які складно зібрати та обробити вручну, а також потрібно враховувати акценти та можливість використання кількох мов. Готові моделі, в TensorFlow, TensorFlow Lite чи PyTorch, уже навчено на масштабних базах даних і вони

демонструють високу точність на простих задачах, за межі яких система в теорії не буде виходити під час виконання цієї роботи. По-друге, процес навчання штучного інтелекту потребує значних обчислювальних ресурсів, зокрема потужних відеокарт чи процесорів. Подібна вимога є недоцільною та частково навіть неможливою для розробленого проекту.

Готові моделі дозволяють уникнути витрат і зосередитися на інтеграції рішення у власну систему. Ще один важливий аспект - це оптимізація та сумісність. Наприклад, TensorFlow Lite пропонує моделі, спеціально адаптовані для мобільних пристроїв та вбудованих систем, з урахуванням обмежень обчислювальних потужностей. Це особливо актуально для проектів, де штучний інтелект має працювати без підключення до хмари, локально на пристрої та не на потужному комп'ютері.

Для реалізації моделі найкращим варіантом буде TensorFlow Lite - полегшена версія фреймворку TensorFlow, розроблена спеціально для мобільних пристроїв, планшетів, мікроконтролерів і вбудованих систем. Вона підтримує запуск попередньо навчених моделей, у тому числі для розпізнавання ключових слів, головною перевагою є можливість навчити модель для розпізнавання конкретних ключових слів, замінити стандартне Ок Сірі чи Алекса на Допоможіть чи крик людини який в свою чергу запустить прописаний скрипт для виклику допомоги та зупинки виробництва. TensorFlow Lite підтримує інференс у реальному часі, з мінімальною затримкою й дуже низьким енергоспоживанням та низьким навантаженням на процесор. Розмір моделей подібного типу може знаходитися у вікні від кількох сотень кілобайт до кількох мегабайт, що є ідеальним для дешевого пристрою або невеличкого контролера з обмеженою пам'яттю. Найбільшим недоліком TensorFlow Lite є його нездатність розпізнавати довгі фрази, хоча подібний недолік можна усунути шляхом розбивання команди на кілька під команд.

обчислень штучного інтелекту; використання зовнішнього пристрою Raspberry або ESP які далі взаємодіють з програмованим логічним контролером.

Siemens SIMATIC IOT2040 / IOT2050 - це індустріальний шлюз для реалізації IOT. Перевагами SIMATIC є:

- промислова надійність;
- інтеграція з програмованим логічним контролером за допомогою протоколу S-7;
- сумісність з Linux;
- підтримка MQTT.

Не дивлячись на переваги використання Siemens SIMATIC має також багато недоліків:

- слабкий процесор не здатний підтримувати роботу важких моделей штучного інтелекту;
- висока ціна;
- відсутність нової документації пов'язаної з штучним інтелектом через вузьконаправленість спільноти розробників що використовують Siemens;
- повільна обробка звуку;
- відсутність драйверів для певних мікрофонів;
- Whisper не підтримується.

Інтеграція додаткового контролера у вигляді промислового комп'ютера, для прикладу SIMATIC IPC647E, відкриває всі можливості впровадження штучного інтелекту в промислових умовах, оскільки подібний прилад не відстає за продуктивністю від звичайного комп'ютеру. IPC647E може виступати в ролі головного вузла обробки, який отримує дані з усієї системи та обробляє її, та потенційно він може бути використаний як головний контролер якщо обчислювальні можливості будуть дозволяти.

Проте основним недоліком цього підходу є висока вартість обладнання. Промислові комп'ютери такого класу коштують у кілька десятків разів дорожче, ніж типові IoT-рішення або одноплатні комп'ютери. Їх використання доцільне лише у випадках, коли він уже встановлений на підприємстві, або у випадках коли слід обробляти величезні кількості даних. До того ж, впровадження промислового комп'ютеру вимагає додаткової інтеграції, налаштування мережі та відповідної технічної підтримки, що може ускладнити обслуговування усієї системи та загальну архітектуру, що в свою чергу ще більше вплине на витрати.

Raspberry Pi 4 - це невеликий одноплатний комп'ютер, розроблений для освітніх, малих промислових проектів та хобі. Він використовує 4-ядерний процесор, та до 8 ГБ оперативної пам'яті, має вбудований порт Ethernet а також модулі Wi-Fi та Bluetooth. Завдяки своїй потужності та доступності, Pi 4 широко використовується для створення серверів, медіацентрів, реалізації робото технічних завдань, IoT рішень а також для інтеграції штучного інтелекту у системи.

До переваг Raspberry Pi 4 можна віднести:

- низька ціна;
- доступність;
- потужний процесор у порівнянні з Simons SIMATIC;
- велика спільнота та велика кількість документації пов'язаної з штучним інтелектом;
- можливість підключення до будь-якого програмованого логічного контролеру.

До недоліків Raspberry Pi 4 у порівняння з Siemens SIMATIC IOT2040 / IOT2050 можна віднести:

- відсутність промислового захисту;
- менш стабільне живлення:

					КвРАКІТ. 2022123.01.08 ПЗ	
		№ докум.	Підпис			15

- чутливість до коливань напруги;
- відсутність промислового живлення;
- можливість перевантаження при використанні кількох портів USB;
- відсутність офіційної підтримки від Siemens.

1.4 Висновки до першого розділу

Пристрої для розпізнавання звуку та голосу можуть відігравати ключову роль у сучасному виробництві, забезпечуючи ефективність, безпеку та автоматизацію процесів. Оцінюючи темпи інтеграції штучного інтелекту можна припустити що більшість майбутніх автоматизованих систем будуть враховувати мінімальні необхідні технічні вимоги для використання штучного інтелекту.

В результаті аналізу приладів було вирішено, що для реалізації запланованого проекту більш ефективним буде використання звичайного мікрофону для запису звуку та готових моделей TensorFlow Lite або Wisper для аналізу звуку, враховуючи обмежені характеристики. У порівнянні з старими методами для контролю електронікою за допомогою гучних звуків подібна зміна дозволить нам враховувати голосові команди а не просто реагувати на фільтрований звук, що в свою чергу призведе до розширення функціоналу розробленої системи та її конкурентоздатність.

Як носій для виконання завдання найкращим варіантом буде Raspberry Pi, оскільки розробляється теоретична, тестова модель, інтеграція якої на контролері Siemens за допомогою модулів SIMATIC IOT2040 / IOT2050 або промислових комп'ютерів аналогічних IPC647E не є доцільною як з цінової категорії так і з якості обробки звуку штучним інтелектом через слабкий процесор у модулях, а також обмеження однією лінійкою контролерів. Для

					КвРАКІТ. 2022123.01.08 ПЗ	
		№ докум.	Підпис			16

реалізації модульної системи найкращим вибором є Raspberry Pi але потенційно дану систему можливо реалізувати на SIMATIC IOT2040 / IOT2050 та на IPC647E якщо на підприємстві чи виробництві уже існує необхідне обладнання.

Таким чином, використання готових рішень та модульності Raspberry Pi дозволяє швидко реалізувати проект, зменшити ризики та забезпечити надійність та сумісність.

					КвРАКІТ. 2022123.01.08 ПЗ	
		№ докум.	Підпис			17

2 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

2.1 Елементи системи розпізнавання голосових команд на базі одноплатного комп'ютеру Raspberry Pi

У кваліфікаційній роботі виконується автоматизація процесу із використанням в якості основи одноплатного комп'ютера Raspberry Pi, який має всі необхідні роз'єми (рисунок 2.1) [12,13,14,15]. Raspberry Pi має сорок пінів для підключень серед яких є GPIO (General-purpose input/output, універсальний вхід/вихід), перелік пінів та їх розташування на платі зображено на рисунку 2.2. Назви та кількість пінів у Raspberry Pi:

- універсальний вхід/вихід (GPIO які мають кілька призначень);
- 3.3 В (на 2 контактах);
- 5 В (на 2 контактах);
- земля (на 8 контактах);
- широтно-імпульсна модуляція;
- I2C;
- PCM;
- SPI;
- UART.

Потрібно враховувати, що універсальні вхід/вихід піни підтримують 3.3В, більший вольтаж може пошкодити як самі піни так і повністю плату. Характеристики одноплатного комп'ютеру Raspberry зображено в таблиці 2.1. Головною перевагою Raspberry є стандартні для більшості приладів 3.3 В та 5 В роз'єми які система може використати. При розробці було надано перевагу дотриманню використання приладів які потребують для живлення 3.3В, яке буде подавати з пину 1 або 17, а також це дозволить використовувати піни стандартного призначення для зчитування та передачі інформації. У випадку

затримку в кілька десятків мілісекунд, але для подібного проекту така затримка є незначною.



Рис. 2.4 - Мікрофон Defender MIC-111

Найкращим варіантом у ситуації середньої відстані та найкращої якості звуку є використання звичайних дровових мікрофонів які розраховані на роз'єм USB 3.0 або підтримують стандартний аудіо штекер 3.5мм(mini-jack).

У пробній системі обрано для використання один з найдешевших мікрофонів, Defender MIC-111 (рисунок 2.4) його характеристики наведені в таблиці 2.2. Якщо буде вирішено використати мінімальний за розміром мікрофон, то для нас підійде міні USB мікрофон MI-305 для Raspberry PI, він має невеликі розміри(схожий на флеш накопичувач) та живиться від порту USB 3.0.

Для контролю живлення буде використовуватися реле, вибір реле залежить від необхідного навантаження, чим більше амперів повинна використовувати система тим потужніше та дорожче реле нам необхідно.

чином: ніжка 1 - контроль реле IN; ніжка 2 - вихід GPIO-резистор; ніжка 3 - земля плати [23].

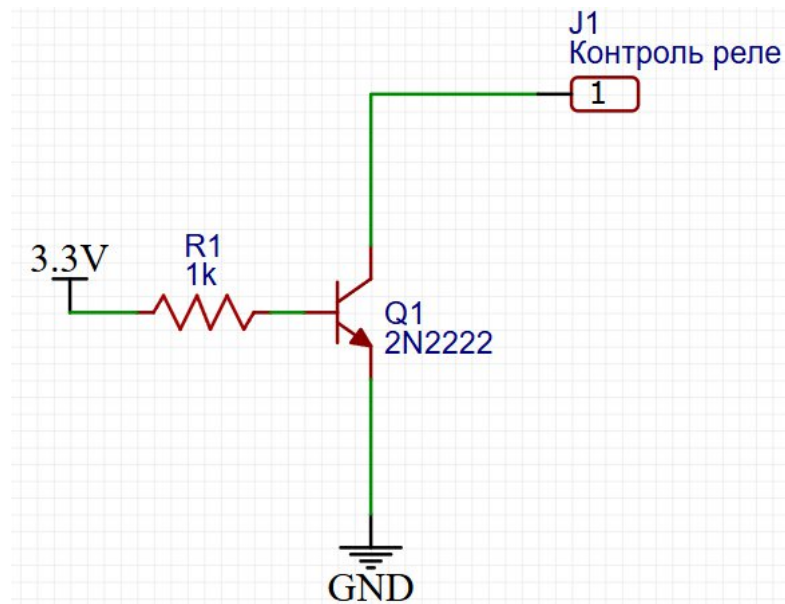


Рисунок 2.6 - Схема підключення реле до GPIO 3.3В

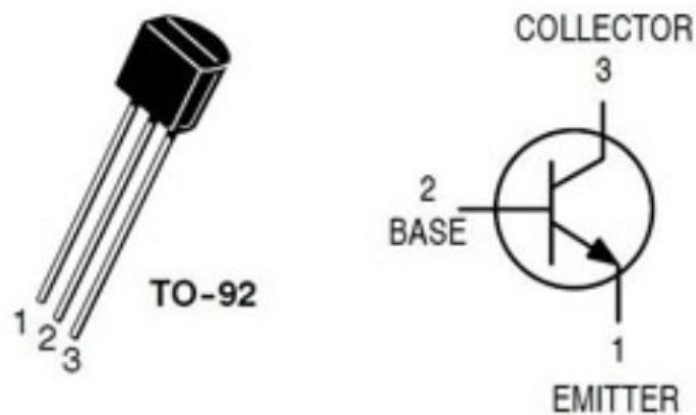


Рисунок 2.7 - NPN-транзистор 2N2222

При використанні реле яке підтримує 3.3В можливо уникнути необхідності в подібній модифікації, так для прикладу реле SSR-100DA працює при напрузі керування 3 - 32 В, що дозволить нам напряму використовувати пін

Завдяки високому максимальному струму реле, подібне реле можливо використовувати на виробництвах, оскільки без радіатора воно здатне витримати до 5 кВт (рисунок 2.8), з середнім радіатором до 20 кВт, та з потужним радіатором це реле здатне працювати при 40 кВт воно зображене на рисунку 2.9, але протягом короткого періоду часу тому стандартом для нього є 20 кВт з простим радіатором [26,27].



Рисунок 2.9 - Реле SSR-100DA встановлене на радіатор

2.2 Структурна схема

На рисунку 2.10 представлено структурну схему системи розпізнавання голосових команд для управління роботизованими пристроями. Живлення подається від мережі 220В, стандартний блок живлення Raspberry Pi забезпечує стабільну напругу в 5В для безперебійної роботи одноплатного комп'ютеру Raspberry що критично при підключенні пристроїв по USB та при виконанні важких обчислень які завантажують процесор.

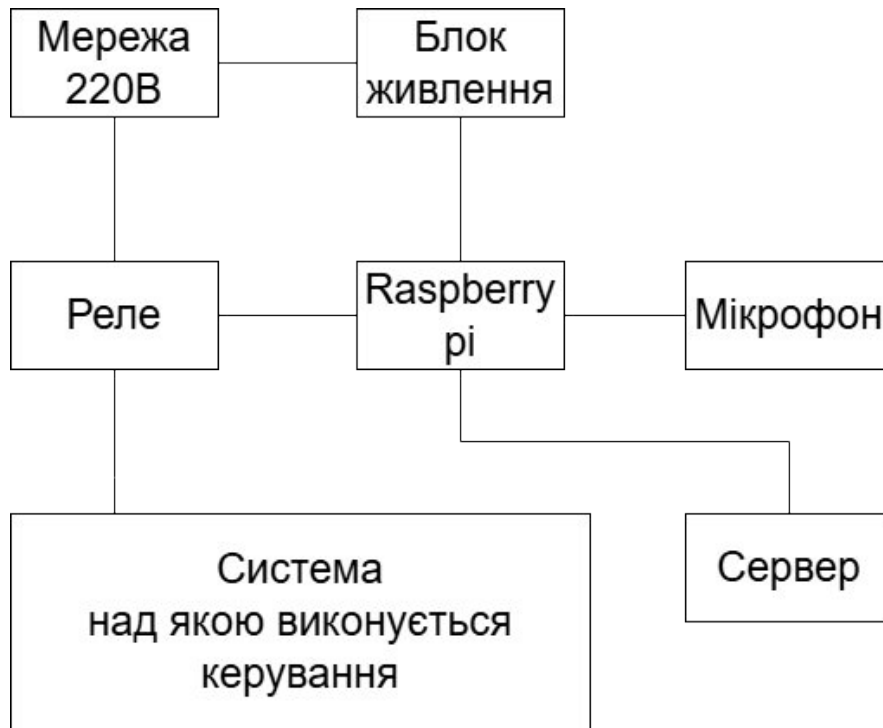


Рисунок 2.10 - Структурна схема системи розпізнавання голосових команд для управління роботизованими пристроями

Мікрофон під'єднаний до комп'ютеру за допомогою роз'єму USB, для простоти роботи бажано підключатися до першого роз'єму, оскільки оновлення алгоритму або бібліотеки для виконання розпізнавання голосу може призвести до втрати збереженого роз'єму або помилки в процесі автовизначення роз'єму мікрофону. Обраний мікрофон не потребує додаткового налаштування драйверів або підсилювачів.

Для керування живленням системи над якою виконується керування, люба система в яку буде імплементовано розглянутий пристрій розпізнавання голосових команд для управління роботизованими пристроями, повинна містити реле розраховане для її вимог та не перевищувати кількість доступних амперів.

характеристики одноплатного комп'ютеру як результат заміни процесорів та зміни кількості оперативної пам'яті, зображено на рисунку 2.12.

Словесний алгоритм роботи системи:

1. Увімкнення живлення Raspberry;
2. Запуск алгоритму аналізу звуку;
3. У випадку відсутності звукових тригерів та інших команд - переведення піну в положення HIGH для робочого стану реле;
4. У випадку присутності звукових тригерів та інших команд - переведення піну в положення LOW для переведення реле в замкнутий стан для зупинки системи та виконання функції Alert_Found для повідомлення працівників поблизу та працівників відповідальних за перевірку результату аналізу про можливий нещасний випадок;
5. Передача інформації станів на сервер, у випадку відсутності з'єднання збереження інформації та повторні запити для передачі інформації через заданий час;
6. Перевірка файлу збереження для визначення останнього положення сигнального піну;
7. Переведення стану сигнального піну в відповідний останньому збереженому;
8. У випадку HIGH реле активується та система переводиться в активний стан, дозволяючи подачу живлення автоматизованій системі - прилад.

Оскільки розроблена система передбачає ручне автоматизоване керування з використанням нейронних мереж нам необхідно використовувати перемикачі або кнопки для контролю певних функцій та вмикання та вимикання частини функціоналу програми (рисунок 2.13).

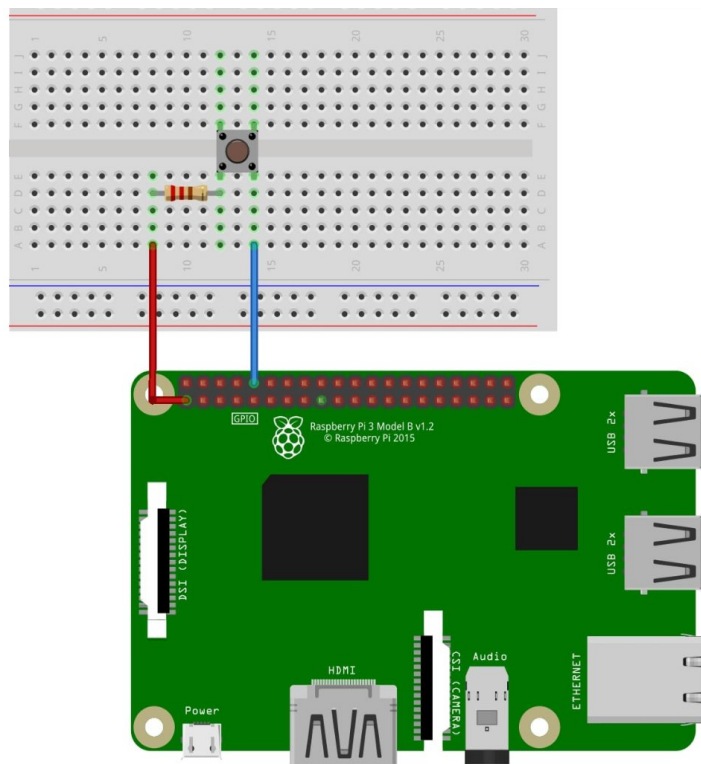


Рисунок 2.13 – Підключення кнопки до Raspberry 3В

Підключення універсальних портів GPIO Raspberry до стандартної тактової кнопки виконуються за допомогою досить простої схеми. У системі підключено одну сторону кнопки до пін GPIO на Raspberry, в прикладі на рисунку 2.13 використовується десятий пін. Іншу сторону перемикача підключено до 3,3 В на першому піні за допомогою резистора. Резистор використовується як струмообмежувальний резистор для захисту плати, обмежуючи силу струму, та використовується стандартний 1 кОм або можна використовувати діод, який додатково буде повідомляти та служити індикатором стану кнопки.

Розроблена система буде вимагати кілька кнопок для:

- активація та вимкнення ручного контролю;
- ручне підтвердження завершення ситуації яка провокує систему розпізнаванню звуку;
- запуск функції reset яка відповідає за скидання змінних.

стандартні виходи в які вставляється плюсовий кабель мережі вхід та вихід для його переривання.

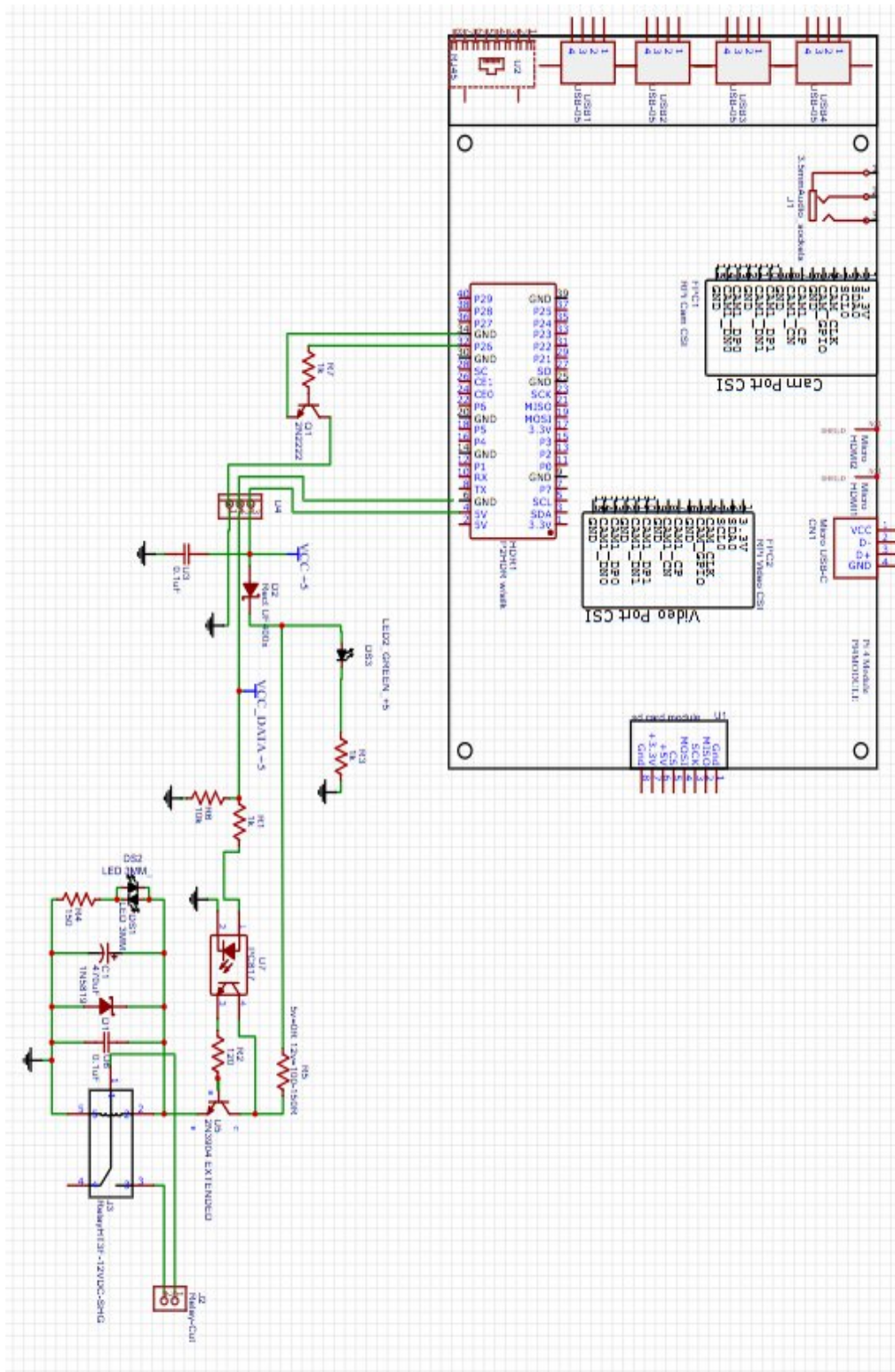


Рисунок 2.15 – Електрична схема підключення реле до Raspberry

Електрична схема підключення реле до Raspberry зображено на рисунку 2.15, під'єднаємо піни GPIO до реле використовуючи резистор на 1кОм та стандартний транзистор 2N2222 для уникнення зворотного сигналу, оскільки система не отримуємо відповіді від резисторів про його стани а лише керуємося станом піна для визначення стану реле.

Якщо система буде використовувати кнопки для керування, можливо виконати їх під'єднання таким самим способом що і реле, використовуючи резистор, або лише діод. Одна ніжка кнопки під'єднується до піна відповідального за виконання функції, або до любого піна GPIO, а функціонал прописується далі у програмі під час реалізації.

2.4 Висновки до другого розділу

У цьому розділі було детально розглянуто елементи системи розпізнавання голосових команд для управління роботизованими пристроями, що реалізується на базі одноплатного комп'ютера Raspberry. Основна увага приділена технічним характеристикам, можливостям підключення та обґрунтуванню вибору компонентів для забезпечення коректної і безпечної роботи системи.

Raspberry Pi обрано через його широкі функціональні можливості, зокрема наявність великої кількості GPIO-пінів, підтримку живлення 3.3 В та 5 В, сумісність із багатьма пристроями, а також через порівняно потужний процесор який дозволяє виконувати обчислення для роботи нейронної мережі відповідальної за обробку звуку.

Опрацьовано обмеження за напругою і струмом які має обраний одноплатний комп'ютер для збереження працездатності плати та пінів. Розглянуто переваги та недоліки кількох варіантів: мікрофон MAX4466, USB-

мікрофонів та бездротових моделей. Враховано параметри якості запису, дальність роботи, чутливість і тип підключення.

Ще однією критично важливою складовою який було приділено увагу є вибір реле, що забезпечує замикання або розмикання живлення зовнішніх пристроїв. У роботі розглянуто як класичне реле Tongling JQC-3FF-S-Z 5VDC з опторозв'язкою, так і твердотільне реле SSR-100DA. Подано схеми підключення кожного типу до Raspberry Pi з урахуванням їх технічних характеристик. Вказано на доцільність використання транзисторів і резисторів для безпечного керування реле, з урахуванням обмежень GPIO-пінів щодо максимального струму.

Таким чином, проведено глибокий аналіз апаратної частини системи розпізнавання голосових команд. Запропоновані технічні рішення дозволяють досягти стабільної, надійної і безпечної роботи системи у рамках поставленого завдання.

При запуску функції розпізнавання звуку програма в першу чергу перевіряє стан кнопок та їх збережені положення. У випадку якщо кнопка один була нажатою чи збережено у змінних, високий сигнал 3.3В подаються на пін шість або інший пін відповідальний за керування реле, що переводить реле в активний стан, після чого програма переходить в режим очікування до повторного натискання на кнопку, виконуючи ручне керування без перевірки звуків на тригери алгоритмом розпізнавання.

Друга кнопка Button_2 при натисканні переписує стан змінної Human_control на 0 та запускає продовження алгоритму. Ця функція добавлена для завершення запобіжних заходів при ситуації коли стався нещасний випадок або помилкове спрацювання системи на сторонні звуки, таким чином оператор підтверджує завершення ситуації або її відсутність.

Третя кнопка добавлена для ручного очищення бази даних яка відповідає за збереження змінних, якщо вона не натиснута - зажата програма запускає нейронну мережу відповідальну за розпізнавання голосу.

При проходженні перевірок усіх кнопок алгоритм переходить в моделювання навченої моделі TensorFlow Lite для реакції на тригерні звукові команди та звуки, такі як:

- крик людини;
- слово допоможіть;
- скорочені версії слова допоможіть, допомож, допоможі, допоможіт, допомо, які також повинні викликати реакцію, незавершені версії слова допоможіть без кількох символів але більше п'яти.

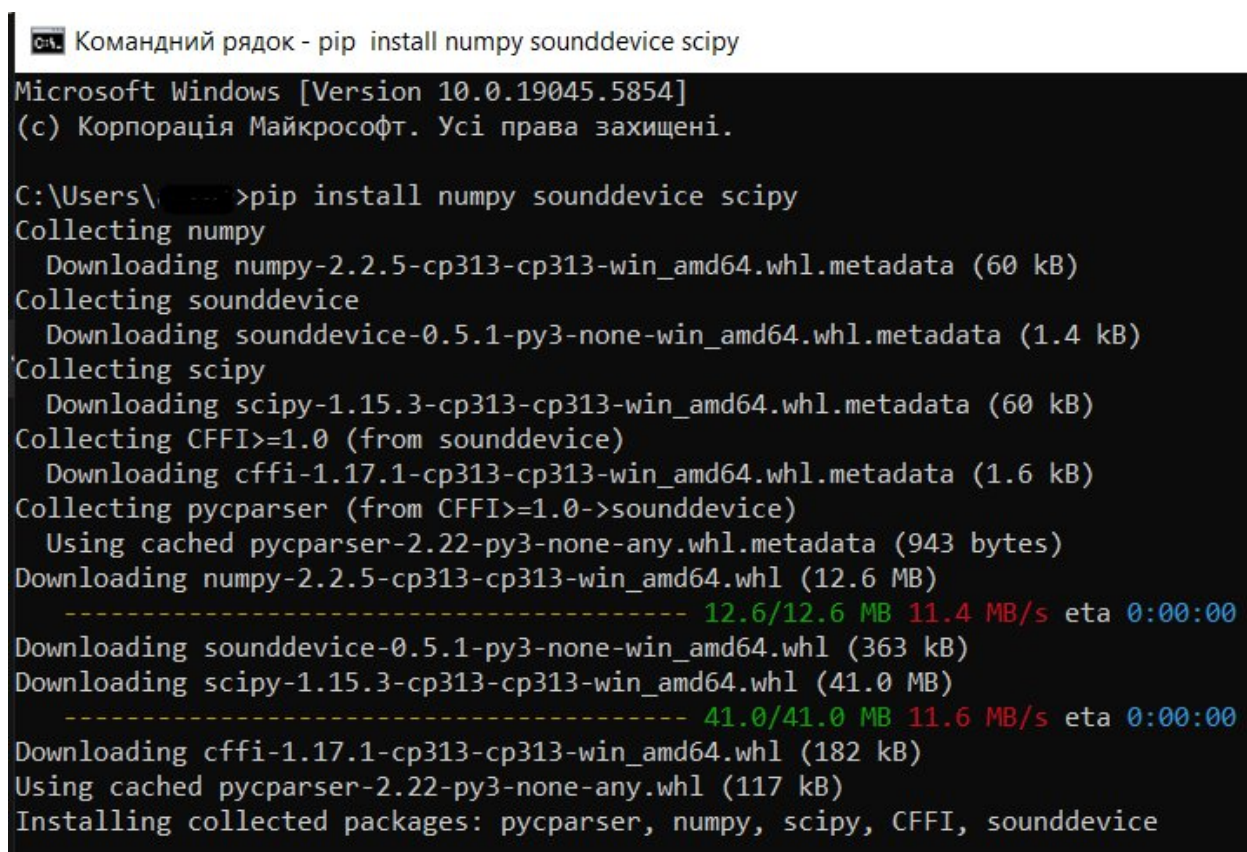
Після запуску моделі програма вмикає реле та переходить в режим перевірки до завершення роботи, при зчитуванні тригерних слів або звуків система змінює параметр Allert на 1, вимикає реле та повідомляє про помилку

за допомогою вбудованого wi-fi модулю або за допомогою іншого способу доданого при реалізації приладу.

3.2 Налаштування та навчання моделі для розпізнавання тригерних команд

Процес встановлення та навчання буде розглянуто для системи windows оскільки модель легко можна встановити та навчити на Raspberry, а також вона буде найбільш зрозуміла для звичайного користувача. Надалі вважаємо що на комп'ютері встановлено операційну систему та python останньої версії [28,29].

В першу чергу необхідно оновити систему та встановити необхідні файли виконавши код для встановлення зображений на рисунку 3.3.



```
Командний рядок - pip install numpy sounddevice scipy
Microsoft Windows [Version 10.0.19045.5854]
(c) Корпорація Майкрософт. Усі права захищені.

C:\Users\... >pip install numpy sounddevice scipy
Collecting numpy
  Downloading numpy-2.2.5-cp313-cp313-win_amd64.whl.metadata (60 kB)
Collecting sounddevice
  Downloading sounddevice-0.5.1-py3-none-win_amd64.whl.metadata (1.4 kB)
Collecting scipy
  Downloading scipy-1.15.3-cp313-cp313-win_amd64.whl.metadata (60 kB)
Collecting CFFI>=1.0 (from sounddevice)
  Downloading cffi-1.17.1-cp313-cp313-win_amd64.whl.metadata (1.6 kB)
Collecting pycparser (from CFFI>=1.0->sounddevice)
  Using cached pycparser-2.22-py3-none-any.whl.metadata (943 bytes)
Downloading numpy-2.2.5-cp313-cp313-win_amd64.whl (12.6 MB)
----- 12.6/12.6 MB 11.4 MB/s eta 0:00:00
Downloading sounddevice-0.5.1-py3-none-win_amd64.whl (363 kB)
Downloading scipy-1.15.3-cp313-cp313-win_amd64.whl (41.0 MB)
----- 41.0/41.0 MB 11.6 MB/s eta 0:00:00
Downloading cffi-1.17.1-cp313-cp313-win_amd64.whl (182 kB)
Using cached pycparser-2.22-py3-none-any.whl (117 kB)
Installing collected packages: pycparser, numpy, scipy, CFFI, sounddevice
```

Рисунок 3.3 – Код для оновлення та встановлення необхідних бібліотек в командному рядку

Numpy - це бібліотека яка використовується для роботи з матрицями та масивами, її буде використано для зберігання аудіозаписів як числовий масив та для обробки аудіо [30].

Sounddevice - це бібліотека для запису, відтворення та обробки звуку в режимі реального часу. У розглянутому завданні вона використовується для отримання звуку з мікрофону в режимі реального часу для найшвидшої реакції та обробки.

Scipy - це бібліотека для обчислень (розширення numpy). Зберігає аудіо у форматі .wav формат для запису [31].

Далі встановлюємо Tensor Flow за допомогою рядка `pip install tensorflow`. Критично аби при встановленні версія Python була 3.8–3.11, оскільки це єдині версії які підтримують Tensor Flow, на сьогоднішній день остання версія 3.13.2, через що доведеться або ставити лише 3.11 або встановити дві версії пайтону.

Після чого виконуємо підготовку зразків для навчання, подібну дію можна зробити вручну записавши кілька десятків записів повторення тригерних слів, але для простоти навчання їх потрібно обрізати, для того аби вони були однієї довжини, тому для спрощення можна використати код на рисунку 3.4, який використовує встановлені бібліотеки для запису звуку протягом двох секунд, чого достатньо для простого слова або звуку [32,33,34].

У коді передбачено зациклення запису для створення одинадцяти файлів розширення .wav для пришвидшення запису, якщо є можливість бажано використовувати записи кількох людей для покращення результатів навчання моделі. При запуску відбувається повторний запис мікрофону під час якого вимовляється необхідна фраза, бажано використовувати різну інтонацію, гучність та фонові звуки.

Запускаємо код для навчання нейронної мережі зображено на рисунку 3.5, послідовність дій наступна:

В результаті перевірки 10 с файлу отримано позитивний результат за 0 с 52 мс, що свідчить про якість роботи програми та її високу швидкість. Далі для навчання системи були використано два масиви, використовуючи за основу слова “Допоможіть” та крик “ААААА”.

3.3 Розробка програми керування системи розпізнавання голосових команд для управління роботизованими пристроями

Розробка програмного коду для системи розпізнавання голосових команд для управління роботизованими пристроями на основі одноплатного комп'ютеру Raspberry Pi виконана в VisualStudio на мові програмування Python.

Для реалізації програми керування використовуємо лише Python та доступні бібліотеки які знаходяться в відкритому доступі. Програма контролює стан GPIO-піна Raspberry Pi. Один пін який буде називатися в коді RELAY_PIN використовується для керування реле (він подає сигнал для увімкнення або вимкнення реле, тим самим живлення роботизованої системи). Інші три піни підключені до кнопок, які відповідають за зчитування взаємодії з ними і названі відповідно BUTTON_1, BUTTON_2, BUTTON_3. Кнопки налаштовуються як входи з підтягуванням до 3.3В, щоб вони стабільно зчитувалися, навіть якщо кнопки не натиснуті та знаходяться в стані LOW (рисунок 3.8).

Для кнопок передбачено три задачі:

- 1) запуск ручного керування, повторне реагування кнопки переводить систему в автоматичний режим (відображається кольором);
- 2) ручне підтвердження розв'язання ситуації, на даній стадії не передбачається дистанційного вимикання аби уникнути халатності та помилок;
- 3) вимкнення голосового аналізу, на випадок якщо робітник розуміє що в роботі йому потрібно проговорити ключові слова з кимись не зупиняючи

ручного увімкнення кнопкою, аби підтвердити що оператор у порядку чи що проблему було усунуто та роботу можна безпечно продовжити (рисунок 3.9).

Зміни кольорів та написів кнопок будуть відображатися в міні віконці яке створене за допомогою `.tk`. Бібліотека `tkinter`, `.Tk` або `.tk` є стандартним інтерфейсом Python, `tkinter` доступні на більшості платформ, враховуючи macOS, Windows і усі версії лінуксу (використовується в розглянутому одноплатному комп'ютері).

```
def alert_found():
    GPIO.output(RELAY_PIN, GPIO.LOW)
    save_state(1, 1)
    print("[ALERT] виявлено критичний тригер – реле вимкнено")
    for button in buttons:
        button.config(bg="red")
    state_work = 1
```

Рисунок 3.9 - Код функції `alert_found`

Отримання результату передається з функції `run_sound_recognition`, яка використовує навчену модель для перевірки звуків та виконання транскрипції, отримана транскрипція перевіряється на наявність ключових слів які було прописано в перевірці якщо `result` знаходиться серед слів заготовлених, після чого перевірка йде на короткий сон для економії ресурсів (рисунок 3.10). Розроблена система зчитує звук 10 секунд та йде на сон на 5 секунд, як результат в хвилину системою виконується зчитування та обробка 40 секунд звуку та робиться перерва 20 секунд.

Хоча можна спокійно обійтися без цього моменту, але для надійності та усунення шансу перегріву плати було вирішено обмежити час записів.

Решта функцій доволі проста та не потребує повного розбору коду, тому далі виконується огляд візуалізації додатку. Як було згадано вище, бібліотека

tkinter використовується для створення візуальної складової додатку рисунку 3.11 [40,41].

Додаток використовує стандартні можливості tk для виконання поставлених задач, оскільки система лише тестова її було спрощено шляхом не заповнення текстових полів та залишенням умовних позначень, та використанням умовних, спрощених позначень для швидкості роботи та редагування.

У коді створюється вікно, стрічку з текстом, три кнопки - дисплеї які змінюють клір в залежності від ситуації та головну кнопку запуску, а також прописано розміри вікна та його заголовок (рисунок 3.12).

```
def listen():
    recognizer = sr.Recognizer()
    with sr.Microphone() as source:
        chat.insert(tk.END, " 🎤 йде запис...\n")
        try:
            audio = recognizer.listen(source, timeout=5)
            text = recognizer.recognize_google(audio, language="uk-UA")
            chat.insert(tk.END, f" 🗣️ ПОЧУТО: {text}\n")
            log_to_excel(text) # Запис у файл

            if any(word in text.lower() for word in ["допоможіть", "допомож", "крик"]):
                for button in buttons:
                    button.config(bg="red")
            else:
                for button in buttons:
                    button.config(bg="SystemButtonFace")
        except sr.UnknownValueError:
            chat.insert(tk.END, " 😞 Не розпізнано.\n")
        except sr.WaitTimeoutError:
            chat.insert(tk.END, " ⌚ Новий цикл.\n")
```

Рисунок 3.10 – Спрощений код функції run_sound_recognition

На даній стадії присутні три кнопки:

- кнопка 1(сіра);
- кнопка 2(сіра);
- кнопка 3(сіра).

При реакції на нещасний випадок – ключове слово, усі кнопки переходять в червоний стан:

- кнопка 1(червона);
- кнопка 2(червона);
- кнопка 3(червона).

З цього стану систему можна вивести натиснувши на другу кнопку, яка підтвердить що проблему усунуто або проблеми не було, після чого користувач – працівник може написати відповідальній людині для помітки в таблиці стану проблеми, чи це було хибне спрацювання чи вірне і проблему вирішено, що в подальшому допоможе при аналізі роботи приладу та додатковому навчанні.

```
root = tk.Tk()
root.title("Final")

chat = tk.Text(root, height=10, width=50)
chat.pack(pady=10)

button_frame = tk.Frame(root)
button_frame.pack()

buttons = []
for i in range(3):
    btn = tk.Button(button_frame, text=f"Кнопка {i+1}", width=15)
    btn.grid(row=0, column=i, padx=5)
    buttons.append(btn)

listen_button = tk.Button(root, text="🔊 Запустити", command=start_listening)
listen_button.pack(pady=10)

root.mainloop()
```

Рисунок 3.11 - Код створення дисплею додатку

Текст кнопок може бути змінений як і колір та інші характеристики, для переконливості нами було обрано червоний колір та простий текст для візуалізації з розміром 10 пікселів на 50, чого цілком достатньо для

Після натискання кнопки “Запустити” в текстовому вікні з’являється напис “йде запис...” який залишається до зупинки роботи програми.

Під час запису транскрипція отриманих слів виводиться у той самий екран – консоль що і напис “йде запис...”, але після роботи в 10 секунд програма припиняє виводити транскрипцію аби не перевантажити пам’ять одноплатного комп’ютеру та забезпечити якісну роботу рисунок.3.12.

Усі кнопки перебувають в сірому стані, режимі роботи, можна додати додаткову зелену кнопку яка буде свідчити про стан роботи системи, оскільки напис “йде запис...” відповідає за запис та може не працювати в ручному режимі, через що буде важко зрозуміти стан системи.

Як видно з консолі, користувачем було промовлено “Я говорю не тригерні фрази для перевірки якості програми”, програма зробила транскрипцію моїх слів та отримані 9 слів перевірила на наявність в правилах, після чого оператор може переконатися що система працює вірно.

Не зупиняючи програму користувач вимовляє прописане слово допоможіть у реченні “А зараз я скажу допоможіть” програма реагує на прописане у правилах слово “допоможіть” та змінює колір кнопки на червону, додатково зупиняючи реле (рисунок 3.13). Як видно з запису у результаті вимовляння прописаних слів програмою було отримано не лише слово яке спровокувало дію програми а й попередні п’ять секунд запису які не відображалися мені.

Відповідно до використовуваних різними компаніями та існуючими приладами які виконують запис звуку та розпізнавання мовлення, для безпеки та надійності, а також для наявності вільного місця і уникнення перевантаження пам’яті пристрою, після проходження п’ятнадцяти секунд попередні транскрипти будуть видалені назавжди без можливості відновлення.

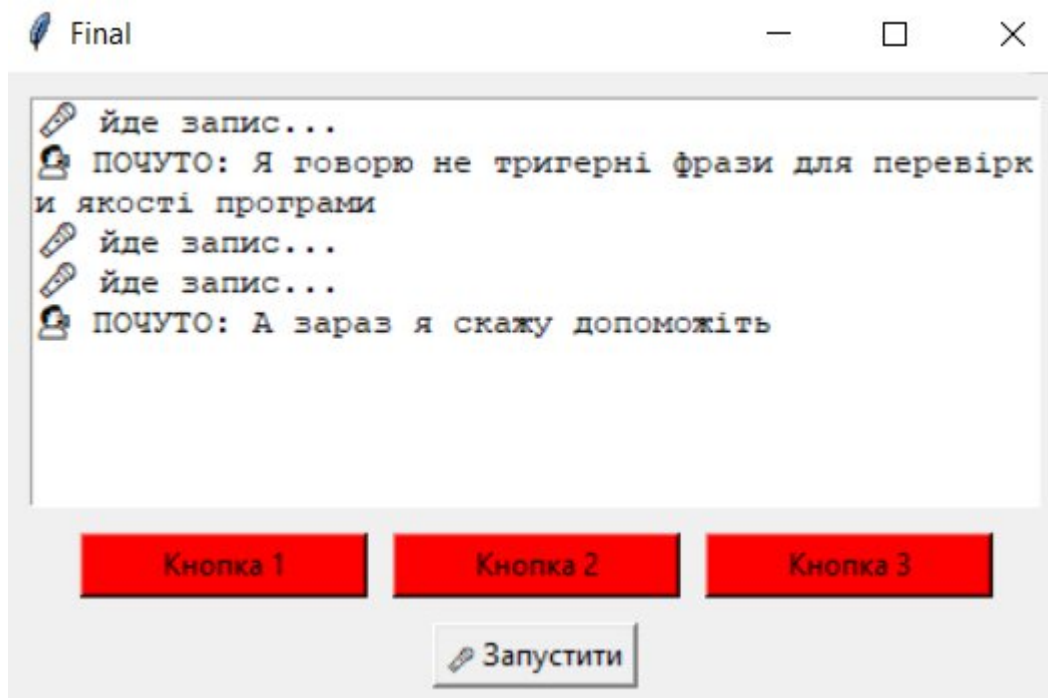


Рисунок 3.13 –Перевірка додатку ключовою фразою

Також у папці з програмою створюється якщо немає, якщо є то доповнюється файл звіт. excel, у якому зберігається інформація про випадки спрацювання (рисунок 3.14). Логи ведуться в excel через простоту інтеграції файлу .exel з середовищем 365 Office, яке дозволяє переносити зміни файлу одразу на хмару та як результат надати швидко та безпечно логи користувачу відповідальному за перевірку спрацювань системи, аби переконатися що це не хибне спрацювання, ґрунтуючи свої висновки на даних логів за п'ять секунд до реакції на ключове слово, що не допоможе уникнути помилкових спрацювань але дозволить не марнувати час рятувальників на хибний виклик, у випадку якщо працівник біля системи розмовляє з кимись та як результат промовив ключове слово ненавмисне спровокувавши систему на тривогу.

Для виконання інтеграції з excel та запису інформації в файл використано openruhl, який встановлюється через cmd кодом `pip install openruhl`. Після його встановлення бажано перезапустити систему або середовище розробки для відображення нової бібліотеки. Для запису використовується функція

Змінна `file_path` містить назву excel файлу, в який буде записано текст. Файл буде створено або відкрито в тій самій папці, де запущено програму, якщо файл `Звіт.xlsx` існує, програмно запускається `load_workbook(file_path)` що відкриває його та `wb.active` для отримання активного аркушу.

Якщо файл не існує - створюється новий excel файл, та отримується активний аркуш (перший), після чого додається рядок `Message` в якому міститься інформація про час спрацювання, повний текст та ключове слово. У випадку якщо йде крик `aaaaa` нейронна модель реагує на перші 3-5 букв транскрипції не продовжуючи запис.

В кінці функції `wb.save(file_path)` виконується зберігання файлу до файлу назва якого було переданим у попередній частині коду, шляхом виклику функції та передачею у ній змінної назви Excel-файлу, у розробленому прикладі на якому перевіряється система, змінна у яку зберігається результат роботи програми названо `Звіт.xlsx`, та вона розташована в кореневій папці програми.

Таким чином розроблена програма буде мати можливість отримати звук , обробити його та використавши навчання виконати аналіз результату , у випадку спрацювання записавши його в файл який далі буде надіслано іншому працівнику відповідальному за перевірку логів та виклик рятувальників. Користувачем або оператором може бути виконана модифікація програми або пристрою аби він сам зміг викликати допомогу, але без проведення випробувань тестової версії на практиці та в робочих умовах важко передбачити точність роботи програми, хоча в лабораторних та домашніх умовах без великої кількості сторонніх звуків було отримано гарні показники, але не зважаючи на отриману точність системи не варто ризикувати в виробничих умовах, оскільки може знадобитися додаткова частотна перевірка та налаштування.

3.4 Висновки до третього розділу

У цьому розділі було розроблено алгоритм роботи системи розпізнавання голосових команд для керування системою. Основною особливістю реалізованого рішення є збереження станів змінних після перезавантаження, що дозволяє уникнути запуску системи після відключення живлення, перезапуску, що може нашкодити користувачу в критичній ситуації.

Передбачено автоматичне блокування реле при виявленні нещасного випадку та необхідність ручного підтвердження безпеки для продовження роботи.

Для реалізації обробки звуків та команд користувача створено програму, яка включає три основні кнопки: активацію системи, скидання стану тривоги та очищення збережених даних. Програма дозволяє запускати нейронну мережу для розпізнавання тригерних звуків, таких як крик або слово "допоможіть", а також забезпечує швидку реакцію на вхідні сигнали завдяки використанню бібліотек реального часу.

Модель розпізнавання була навчена із застосуванням TensorFlow, що дозволило досягти високої точності. Особливу увагу приділено ефективності роботи нейромережі - час обробки сигналів становить менше 100 мс, що є прийнятним для задач реального часу, та для подібного системного рішення.

Завдяки застосуванню мови Python та бібліотек з відкритим кодом, система може бути навчена для інших мов та ключових слів, а також при реалізації алгоритму не було використано ліцензійного програмного забезпечення, що дозволить швидко реалізувати програмне рішення. Таким чином, було створено функціональну, надійну та безпечну систему керування на основі голосових команд з можливістю подальшого вдосконалення та масштабування.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання даної роботи було розроблено тестову систему розпізнавання голосових команд для управління пристроями на базі одноплатного комп'ютера Raspberry Pi.

Система реалізує функції виявлення ключових звуків відповідальних за нещасний випадок (голосових тригерів) та реакцію на них шляхом керування пристроями через реле.

Основна увага приділялася підбору апаратної частини, налаштуванню алгоритмів взаємодії та реалізації надійної та безпечної роботи системи. Проведений аналіз апаратних засобів, таких як мікрофони різних типів і електронні реле, дозволив сформувавши оптимальну конфігурацію, яка відповідає технічним вимогам проекту, включаючи енергоефективність, чутливість до звуку та надійність в умовах використання.

Особливою перевагою обраної архітектури є її модульність, що дозволяє масштабувати систему для більших масштабів виконавши прості модифікації елементу реле, аби воно могло витримати більше навантаження у промислових умовах та розширити доступну область за рахунок збільшення кількості мікрофонів.

Програмна частина базується на відкритому програмному забезпеченні та бібліотеках Python, що надає гнучкість, простоту адаптації під інші мови чи команди, а також уникнення ліцензійних обмежень.

Застосування моделей штучного інтелекту, зокрема TensorFlow Lite, дозволило досягти високої точності розпізнавання при мінімальних обчислювальних ресурсах. Та дотримання часу обробки звуку використовуючи обмеження для систем реального часу в 100 мс.

Таким чином, створена система є універсальною основою для побудови систем безпеки, моніторингу або дистанційного керування, яка може бути інтегрована як у побутові, так і в промислові середовища, забезпечуючи автоматизацію процесів на новому рівні.

					КвРАКІТ. 2022123.01.08 ПЗ	
		№ докум.	Підпис			58

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Samsung. Лише 15% європейців знають, як використовувати ШІ для повсякденного життя URL: <https://news.samsung.com/ua/only-15-of-europeans-know-how-to-use-ai-to-benefit-their-daily-lives> (дата звернення: 10.06.2025)
2. Binns R., Veale M., Van Kleek M., Shadbolt N. 'It's Reducing a Human Being to a Percentage': Perceptions of Justice in Algorithmic Decisions .. *Proceedings of the 2021 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency*, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1145/3461702.3462605>.
3. IBM. Data Suggests Growth in Enterprise Adoption of AI is Due to Widespread Deployment by Early Adopters URL: <https://newsroom.ibm.com/2024-01-10-Data-Suggests-Growth-in-Enterprise-Adoption-of-AI-is-Due-to-Widespread-Deployment-by-Early-Adopters> (дата звернення: 10.06.2025).
4. Kyivstar. Штучний інтелект в Україні: як розвивається галузь URL: <https://hub.kyivstar.ua/articles/galuzevi-trendi-shtuchnij-intelekt-v-ukrayini-yak-rozvivayetsya-galuz> (дата звернення: 10.06.2025).
5. Аналіз нещасних випадків за 9 місяців 2020 року. *Охорона праці і пожежна безпека. Спецвипуск*. 2020. №1. – URL: <https://e.sv.oppb.com.ua/okhorona-pratsi-i-pozhezhna-bezpeka-spetsvypusk-2020-1/analiz-neshchasnykh-vypadkiv-za-9-misyatsiv> (дата звернення: 10.06.2025).
6. Розслідування та облік нещасних випадків URL: <https://www.westudents.com.ua/glavy/3422-152-rozsliduvannya-ta-oblk-neschasnih-vipadkv.html> (дата звернення: 10.06.2025).
7. Market Research Future. Acoustic Camera Market Research Report – Forecast to 2030 URL: <https://www.marketresearchfuture.com/reports/acoustic-camera-market-29948>(дата звернення: 10.06.2025).
8. Synthetic Work. Telly introduces ChatGPT-powered voice assistant for its free ad-supported TV service URL: <https://www.synthetic.work/news/telly-introduces-chatgpt-powered-voice-assist>(дата звернення: 10.06.2025).
9. CES. Ambient Assistant. 2024 CES Innovation Awards URL: <https://www.ces.tech/ces-innovation-awards/2024/ambient-assistant>(дата звернення: 10.06.2025).

10. The Guardian. Burger King ‘OK Google’ ad triggers smart devices – sparking privacy concerns URL: <https://www.theguardian.com/business/2017/apr/12/burger-king-ok-google-commercial>(дата звернення: 10.06.2025).
11. Apple Support Community. Problem with ambient sounds after iOS update URL: <https://discussions.apple.com/thread/254645074?sortBy=rank>(дата звернення: 10.06.2025).
12. Raspberry Pi 5 as a Home Automation Hub: The Future is Now. *PCB Prototype & Fabrication Manufacturer - NEXTPCB*. URL: <https://www.nextpcb.com/blog/raspberry-pi-5-as-a-home-automation-hub>(дата звернення: 10.06.2025).
13. Evans P. DIY home automation with Raspberry Pi. *raspberrypi.com*. URL: <https://www.raspberrypi.com/news/diy-home-automation-with-raspberry-pi/> (дата звернення: 10.06.2025).
14. Armenta A. Though not a direct replacement for PLCs, Raspberry Pi has the potential to be used in industrial automation applications for prototyping, embedded systems, and as a low-cost process controller. *control.com*. URL: <https://control.com/technical-articles/raspberry-pi-applications-in-industrial-automation/> (дата звернення: 10.06.2025).
15. Raspberry Pi for industry Certified. Low cost. Powerful. Production-ready. *raspberrypi.com*. URL: <https://www.raspberrypi.com/for-industry/> (дата звернення: 10.06.2025).
16. Raspberry Pi Home Automation: The Ultimate Guide to Building Your Smart Home System. *SunFounder*. URL: https://www.sunfounder.com/blogs/news/raspberry-pi-home-automation-the-ultimate-guide-to-building-your-smart-home-system?srsltid=AfmBOorTnP_EYFwPHXg8JeSPn_0U3rl1IqpF4WV6-_0nPOQ1OrXb3P74 (дата звернення: 10.06.2025).
17. What does software PLC and Raspberry Pi mean for industrial automation? | CONTEC. *CONTEC*. URL: https://www.contec.com/support/blog/2024/241216_raspberry_pi/ (дата звернення: 10.06.2025).
18. DIY home automation projects featuring Raspberry Pi (2024) | Viam. *Viam | Unlock AI for the physical world*. URL: <https://www.viam.com/post/innovative-smart-home-projects-for-a-beginner-in-robotics-2024> (дата звернення: 10.06.2025).
19. Instructables. Simple Home Automation. RaspberryPi + Android. *Instructables*. URL: <https://www.instructables.com/RaspberryPi-Android-Switch-Home-automation/> (дата звернення: 10.06.2025).

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Малюта Максим Васильович

Тема: Автоматизована системи розпізнавання голосових команд для керування роботами

Спеціальність: 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість сторінок записки 56

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою роботи є розробка та впровадження системи розпізнавання голосових команд для управління роботизованими пристроями за рахунок реле та штучного інтелекту для розпізнавання голосових команд.

2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому розділі проведено огляд відомих засобів та рішень. У другому розділі виконано проектування системи автоматизації. У третьому розділі розроблено алгоритм керування та налаштування моделі

4. Позитивні сторони роботи: Використання технологій штучного інтелекту в системах автоматизації. Врахування потенційних модифікацій системи.

5. Негативні сторони роботи: у роботі недостатньо уваги приділяється аналізу існуючих технічних рішень з використання штучного інтелекту

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному науково-технічному рівні.

8. Інші зауваження: відсутні

9. Оцінка дипломної роботи:

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи)

Калушак Марія Вікторівна, к.т.н., доцент
кадр. ЗНТС ХНУ

"14" серпня 2025 р.

(підпис)

Завідувачу кафедри АКІТтаР
д-ру техн. наук, проф. Мартинюку В.В.

Мапоти Максима Васильовича

ІІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 3 курс, групи АКІТс-22-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність плагіату ознайомлений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (StrikePlagiarism та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

17.06.2025

дата



підпис

Протокол аналізу звіту подібності експертом

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: Максим МАЛЮТА

Співавтор:

Назва: Малюта Антиплагіат

Експерт:

Підрозділ: Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

Коефіцієнт подібності 1: 0%

Коефіцієнт подібності 2: 0%

Мікропробіли: 0

Заміна букв: 4

Інтервали: 0

Білі знаки: 1

Дата створення звіту: 2025-06-15 18:24:01.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.

Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.

Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедур. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

2025-06-15



Доцент Микола Федула

Дата

експерт

Sun Jun 15 19:11:47 EEST 2025, Федула Микола Васильович, Хмельницький національний університет, ХНУ

Anti-Plagiarism (UA) v-15.281 Educational

The maximum coincidence with one document 1.0%

Dictionaries check: en_US, ru_RU, ua_UA. Errors in the documents: 10%

ID: 245952 Title: БКР Автоматизована системи розпізнавання голосових команд для керування Added in a DB: 2025-06-15 Authors: Максим МАЛЮТА Heads: Денис МАКАРИШКІН. Consultants: Opponents:	Document		Sum coincidence on the DB	
	Symbols	Lexemes	Symbols	Lexemes
	56582	846	790 (1%)	13 (2%)

Plagiarism sources

ID	Description	Plagiarism presence in the document	
		Symbols	Lexemes

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ АВТОМАТИЗАЦІЇ, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
РОБОТОТЕХНІКИ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Автоматизована системи розпізнавання голосових команд для керування роботами

Автор: Малюта Максим Васильович

Спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня програма: Освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Науковий керівник: Макаришкін Денис Анатолійович, доктор технічних наук, професор

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої й електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того, як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

1) у тексті кваліфікаційної роботи системами перевірки на плагіат виявлено схожість з деякими документами в частині загальноживаних обов'язкових словосполучень у стандартних бланках (титулка, відомість документів), у структурі змісту, назвах розділів/підрозділів тощо, у назвах публікацій у переліку джерел посилання;

2) усі запозичення є фрагментарними або мають належним чином оформленні посилання;

3) виявлені модифікації тексту не впливають на відсоток схожості.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів ідентичності/схожості, складає 1% і адресується до 9 джерел, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру теми і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Завідувач кафедри

Гарант освітньої програми

Керівник кваліфікаційної роботи



Валерій МАРТИНЮК

Юрій ФОРКУН

Денис МАКАРИШКІН