**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)

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

*бакалавр*
(назва освітнього ступеня)

на тему: *Комп'ютерна система виявлення небезпеки для слабозрячих людей*

Виконав: студент *IV* курсу, групи *CI-42*
спеціальності *123 «Комп'ютерна інженерія»*
(шифр і назва спеціальності)

(підпис) *Калігор М.М.* (прізвище та ініціали)

Керівник (підпис) *Жаровський Р.О.* (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль (підпис) *Тиш Є.В.* (прізвище та ініціали)

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

Рецензент (підпис) *Марценко С.В.* (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2025

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

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

Кафедра *комп'ютерних систем та мереж*
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ *Осухівська Г.М.*
(підпис) (прізвище та ініціали)
« ___ » _____ 2025 р.

# З А В Д А Н Н Я

## НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня *бакалавр*
(назва освітнього ступеня)

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

студенту *Калігору Михайлу Михайловичу*
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Комп'ютерна система виявлення небезпеки для слабозрячих людей*

Керівник роботи *Жаровський Руслан Олегович, к.т.н.*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «*27*» *січня* 2025 року № *4.7-53*

2. Термін подання студентом завершеної роботи *16.06.2025 р.*

3. Вихідні дані до роботи *Мікроконтролер на базі MaixDUINO, модель YOLO v5, камера сумісна з мікроконтролером MaixDUINO, платформа Roboflow*

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)
*Вступ. 1. Аналіз вимог і типових рішень автоматизації при пересуванні людей з порушенням зору 2. Побудова архітектури та налаштування системного рівня комп'ютерної системи виявлення небезпеки для слабозрячих людей 3. Імплементація моделі розпізнавання об'єктів у системі виявлення небезпеки для слабозрячих людей. 4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці. Висновки*

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
1. *Архітектура комп'ютерної системи.*
2. *Структурна схема MaixDUINO*
3. *Схема підключення компонентів комп'ютерної системи.*
4. *Блок-схема алгоритму роботи комп'ютерної системи*

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання _____

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів роботи | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|---|---|---|---|
| 1. | *Розробка технічного завдання* | *27.01 – 02.02* | *Викон.* |
| 2. | *Аналіз вимог і типових рішень автоматизації при пересуванні людей з порушенням зору* | *03.02-01.03* | *Викон.* |
| 3. | *Побудова архітектури та налаштування системного рівня комп'ютерної системи виявлення небезпеки для слабозрячих людей* | *01.03-27.03* | *Викон.* |
| 4. | *Імплементація моделі розпізнавання об'єктів у системі виявлення небезпеки для слабозрячих людей* | *27.03-05.05* | *Викон.* |
| 5. | *Безпека життєдіяльності, основи охорони праці* | *05.05-30.05* | *Викон.* |
| 6. | *Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу* | *30.05-08.06* | *Викон.* |
| 7. | *Перевірка на академічний плагіат, перевірка керівником та консультантами* | *9.06 – 15.06* | *Викон.* |
| 8. | *Попередній захист кваліфікаційної роботи бакалавра* | *16.06 – 22.06* | *Викон.* |
| 9. | *Захист кваліфікаційної роботи бакалавра* | *25.06.2025* | *Викон.* |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Студент _____ *Калігор Михайло Михайлович*
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ *Жаровський Руслан Олегович*
(підпис) (прізвище та ініціали)

# АНОТАЦІЯ

Калігор М.М. Комп’ютерна система виявлення небезпеки для слабозрячих людей: робота на здобуття ступеня бакалавра: спец. 123 – комп’ютерна інженерія. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2025.

Ключові слова: комп’ютерна система, слабозрячі люди, виявлення, небезпека.

У кваліфікаційній роботі створено функціональну комп’ютерну систему, яка забезпечує виявлення об’єктів у навколишньому середовищі, класифікацію їхньої природи, визначення просторового положення та напрямку руху, а також генерацію голосових повідомлень для користувача.

Розроблена система базується на мікроконтролері SIPEED Maixduino, оснащеному камерою, дисплеєм і звуковим виходом, що дозволяє здійснювати аналіз зображення в реальному часі та надавати голосову інформацію про наявність пішоходів, транспорту, дорожніх знаків та інших об’єктів. Застосування моделі YOLOv5 Tiny дало змогу досягти оптимального співвідношення між точністю розпізнавання та швидкодією, що є критично важливим у мобільних системах.

# ANNOTATION

Kalihor M.M. Computer System for Hazard Detection for Visually Impaired People: Bachelor's Graduation Thesis: speciality 123 — computer engineering. Ternopil: Ternopil Ivan Puluj National Technical University, 2025.

Keywords: computer system, visually impaired people, detection, hazard

The qualification project resulted in the development of a functional computer system capable of detecting objects in the surrounding environment, classifying their nature, determining their spatial location and direction of movement, as well as generating voice notifications for the user.

The designed system is based on the SIPEED Maixduino microcontroller equipped with a camera, display, and audio output, enabling real-time image analysis and voice-based delivery of information regarding the presence of pedestrians, vehicles, road signs, and other objects. The use of the YOLOv5 Tiny model ensured an optimal balance between recognition accuracy and processing speed, which is critically important for mobile systems.

ЗМІСТ

ВСТУП ..... 8

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ВИМОГ І ТИПОВИХ РІШЕНЬ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРИ ПЕРЕСУВАННІ ЛЮДЕЙ З ПОРУШЕННЯМ ЗОРУ ..... 9

1.1 Аналіз та класифікація порушень зору ..... 9

1.2 Аналіз існуючих рішень для підвищення якості життя слабозрячих людей ..... 12

1.3 Аналіз вимог щодо реалізації комп'ютерної системи виявлення небезпеки для слабозрячих людей ..... 17

РОЗДІЛ 2 ПОБУДОВА АРХІТЕКТУРИ ТА НАЛАШТУВАННЯ СИСТЕМНОГО РІВНЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ВИЯВЛЕННЯ НЕБЕЗПЕКИ ДЛЯ СЛАБОЗРЯЧИХ ЛЮДЕЙ ..... 20

2.1 Побудова архітектури системи виявлення небезпеки для слабозрячих людей ..... 20

2.2 Особливості та характеристики SIPEED MAIXDUINO для RISC-V ..... 22

2.3 Проектування схеми підключення компонентів системи та схеми електричної принципової ..... 26

2.4 Налаштування системного програмного забезпечення MaixDuino ..... 28

2.4.1 Встановлення USB-драйвера ..... 28

2.4.2 Інсталяція прошивки MaxiPy ..... 29

2.4.3 Інсталяція MaxiPy IDE ..... 32

РОЗДІЛ 3 ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ МОДЕЛІ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ У СИСТЕМІ ВИЯВЛЕННЯ НЕБЕЗПЕКИ ДЛЯ СЛАБОЗРЯЧИХ ЛЮДЕЙ ..... 37

3.1 Алгоритм функціонування комп'ютерної системи виявлення небезпек для слабозрячих людей ..... 37

3.2 Реалізація моделі розпізнавання об'єктів небезпеки для слабозрячих людей ..... 40

3.3 Конвертація моделі PyTorch у модель ONNX та KMODEL ..... 49

РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ. 53

4.1 Вплив електромагнітних полів (ЕМП) на людину та заходи щодо зменшення їх впливу на обслуговуючий персонал ..... 53

4.2 Метрологічне забезпечення безпеки життєдіяльності ..... 57

ВИСНОВКИ ..... 61

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... 62

Додаток А Технічне завдання

Додаток Б Програмний код встановлення параметрів компіляції та модель квантування

Додаток В Програмний код компіляції моделі розпізнавання об'єктів

# ВСТУП

У сучасному технологічному світі проблема забезпечення доступності та безпеки для осіб із порушеннями зору набула особливої актуальності. Зі зростанням темпів урбанізації, ускладненням дорожньої інфраструктури, розширенням транспортних потоків і зростанням загальної динаміки життя, сліпі та слабозрячі люди зіштовхуються з підвищеними ризиками у процесі самостійного пересування. Навіть знайоме міське середовище стає джерелом потенційної небезпеки, оскільки традиційні засоби орієнтації – тростина, собака-поводир або допомога супроводжуючої особи – не здатні в повному обсязі забезпечити вчасне виявлення динамічних і статичних загроз.

За статистичними даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, у світі проживає понад 250 мільйонів людей з різними ступенями порушення зору, з яких приблизно 36 мільйонів – повністю незрячі. В умовах, коли цифрові технології проникають у всі сфери життєдіяльності, особливої уваги потребує створення допоміжних технічних засобів, що дають змогу компенсувати візуальну інформацію через інші канали сприйняття, зокрема слуховий.

Штучний інтелект (ШІ) та комп'ютерний зір демонструють значний потенціал у контексті створення інтелектуальних систем-асистентів. Моделі глибинного навчання, зокрема нейромережі типу YOLO, дозволяють виконувати детекцію об'єктів у реальному часі з високою точністю. У поєднанні з технологіями перетворення тексту в мовлення (Text-to-Speech, TTS), такі системи можуть формувати інтерфейс, адаптований до потреб користувача з обмеженим зором. Це відкриває перспективу розробки компактних, автономних рішень для мобільної навігації та виявлення небезпек.

У межах кваліфікаційної роботи розглядається питання створення комп'ютерної системи, що забезпечує розпізнавання об'єктів та озвучування інформації про них у режимі реального часу. Мета даної роботи полягає у проєктуванні, реалізації та тестуванні автономної системи виявлення небезпек для слабозрячих людей.

# РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ВИМОГ І ТИПОВИХ РІШЕНЬ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРИ ПЕРЕСУВАННІ ЛЮДЕЙ З ПОРУШЕННЯМ ЗОРУ

## 1.1 Аналіз та класифікація порушень зору

У наш час, коли інформаційні технології стали невід'ємною частиною життя, органи зору людини зазнають підвищеного навантаження через постійне використання ноутбуків, смартфонів, планшетів та інших електронних пристроїв. Це призводить до масового погіршення зору серед населення. Ступінь порушення зору у різних людей може суттєво відрізнятись – від легкої короткозорості чи далекозорості до повної втрати зору.

Результати досліджень у сфері офтальмології дозволяють виокремити кілька підходів до класифікації зорових порушень. Зокрема, в офтальмологічній практиці [1] основними критеріями є:

– гострота зору;

– етіологія (причини) патології;

– час виникнення зорового дефекту.

Ці показники мають ключове значення при встановленні діагнозу.

Гострота зору визначається здатністю ока розрізняти два світлових об'єкти, розташованих на мінімальній відстані один від одного. У нормі цей показник дорівнює 1.0, що означає можливість бачити десятий рядок символів таблиці тестування зору з відстані 5 метрів.

Гострота зору є головним критерієм медичної класифікації зорових порушень. На її основі розрізняють:

– сліпоту – відсутність зору або залишковий зір, що не перевищує 0,04 при використанні корекційних засобів, або лише здатність розрізняти світло.

– абсолютну сліпоту – повну втрату зору без сприйняття світла. Показник гостроти – від 0,005 до 0,04.

– знижений зір – гострота зору в межах 0,05–0,2. Такі очі ще можуть виконувати інформаційно-передавальну функцію.

За часом виникнення зорової патології розрізняють вроджену та набуту сліпоту. Вроджена сліпота – це коли дитина народжується повністю незрячою або втрачає зір до 3-річного віку. У таких осіб часто відсутнє повноцінне уявлення про навколишній світ. Набута сліпоту проявляється втратою зору після трирічного віку.

Існує кілька типів зорових розладів. Одним з таким розладів є порушення акомодації, тобто нездатність чітко бачити об’єкти на різних відстанях. Інший тип – порушення периферичного зору. Він проявляється труднощами у сприйнятті предметів збоку або в русі.

Окрім цього розрізняють такі зорові розлади як зниження адаптації до освітлення, що пов’язано з проблемами зору при зміні яскравості освітлення, а також порушення рефракції, яке проявляється у неможливості сфокусувати зображення на сітківці.

Відповідно до Міжнародної класифікації хвороб [2] виділяють:

– нормальний зір;

– помірні порушення;

– тяжкі порушення;

– повна сліпота.

Останні два пункти часто об’єднуються у термін «знижений зір», а в сукупності з повною сліпотою — у поняття «усі порушення зору».

Під сліпими особами маються на увазі люди, офіційно визнані незрячими або слабозорими згідно з національним законодавством або критеріями ВООЗ [3].

До основних причин зорових порушень у світі за статистикою ВООЗ належать:

– некориговані рефракційні аномалії — 43 % (міопія, гіперметропія, астигматизм);

– неоперована катаракта — 33 %;

– глаукома — 2 %.

Приблизно 90 % людей з порушенням органів зору проживають у країнах із малорозвинутою економікою. Понад 65 % — особи віком понад 50 років. З огляду на старіння населення, ця проблема загострюється у багатьох країнах.

За оцінками, близько 19 мільйонів дітей у світі мають проблеми із зором, 12 млн з них — через діагностовані та потенційно скориговані рефракційні аномалії, 1,4 млн дітей потребують комплексної реабілітації через невиліковну сліпоту.

Незважаючи на старіння населення, з 1990-х років зафіксовано зниження рівня порушень зору завдяки покращенню соціально-економічної ситуації, розширенню доступу до офтальмологічної допомоги, зростанню обізнаності про можливості лікування.

У США до осіб із порушенням зору відносять тих, хто має гостроту нижчу за 20/200 або поле зору менш ніж 20° навіть з корекцією.

Проблеми із зором мають не лише фізіологічний та психологічний, а й значний економічний ефект. Наприклад, втрата одного ока прирівнюється до 25% втрати функціональності зорової системи та 24% знецінення працездатності особи, а повна сліпота – до 100 % зорової втрати та 85 % втрати цінності особи [5,6].

За прогнозом, заснованим на переписі 2010 року у США, до 2050 року кількість американців віком 40+ з порушенням зору може сягнути 13 мільйонів [6].

Технології та засоби, які використовується сьогодні для допомоги незрячим людям, або особам з порушеннями зору, включають книги шрифтом Брайля, аудіокниги, системи перетворення тексту в мову, технології розпізнавання символів на основі фото. Слабозорі люди також користуються пристроями з великим шрифтом.

Дослідження не виявили переваги одного виду допоміжних засобів [7]. Основними критеріями є: портативність, простота у користуванні та доступність.

## 1.2 Аналіз існуючих рішень для підвищення якості життя слабозрячих людей

Існуючі рішення, які зараз використовуються людьми із порушенням зору в загальному випадку, можна представити, як показано на рис 1.1.

Рисунок 1.1 – Існуючі системи допомоги людям із порушенням зору

Біла тростина є найдавнішим і найпоширенішим інструментом допомоги для незрячих людей. Її конструкція проста — легкий, але міцний стержень з гумовим наконечником. Проте її функціональні можливості обмежені лише визначенням фізичних перешкод без можливості розпізнавання об’єктів на відстані. Незважаючи на це, біла тростина дозволяє користувачеві відчувати рельєф поверхні, знаходити бордюри, східці, ями або водовідведення. Вона

забезпечує механічний зворотний зв’язок, який добре сприймається завдяки тренованим дотиковим рецепторам. Її перевагою є автономність, простота використання та надійність. Проте в умовах сучасного динамічного середовища вона не дозволяє своєчасно реагувати на потенційні загрози, що знаходяться поза досяжністю тростини.

Одним із способів, що забезпечує безпеку пересування слабозрячих людей є використання собак-поводирів. Собаки-поводирі – це спеціально навчені тварини, які надають допомогу незрячим і слабозорим людям у безпечному пересуванні поза межами приміщень, допомагаючи обходити перешкоди. Їх переваги та недоліки наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Переваги та недоліки собак-поводирів

| Переваги | Недоліки |
|---|---|
| 1. Виконують не лише функцію орієнтування, а й соціально-психологічну – полегшують комунікацію з оточенням.<br>2. Сприяють покращенню емоційного стану та фізичного здоров’я людини. | 1. Висока вартість навчання — підготовка однієї собаки триває 8 місяців і коштує близько $4500.<br>2. Очікування в черзі на отримання навченої собаки може тривати понад рік.<br>3. Лише 25% тварин підходять для роботи поводирями.<br>4. Через постійне психологічне напруження строк життя таких собак зазвичай коротший, ніж у інших службових тварин. |

Окрім біологічного поводиря у 20-21 столітті з’явився електронний поводир. Сьогодні існує чимало електронних пристроїв, орієнтованих на людей із порушенням зору. Усі вони працюють за допомогою ультразвукових сигналів та зворотного зв’язку.

Серед прикладів, які допомагають слабозрячим людям пресуватися, вартто відмітити ультразвуковий ліхтарик, рукавичку, тростину, кепку. Вони виявляють об’єкти на шляху користувача, заздалегідь попереджаючи про небезпеку. Їх принцип роботи базується на природному механізмі ехолокації, характерному для деяких видів тварин.

Вперше цей принцип було застосовано наприкінці Першої світової війни для виявлення підводних човнів.

На виробництвах, де використовується конвеєрне обладнання, подібні пристрої слугують індикаторами виконання етапів. Звукові та світлові сигнали інформують про статус виконання задач, а сучасні рішення також доповнені вібровідгуком.

Тактильна зворотна відповідь обрана як найбільш безпечна для людей із вадами зору, оскільки їхній слух використовується для просторової орієнтації. Доведено, що тактильні відчуття є найшвидшими у сприйнятті. Короткі вібраційні сигнали дають змогу ефективно інформувати користувача, не відволікаючи від навколишніх звуків. У табл. 1.2 наведено переваги і недоліки електронних поводирів.

Таблиця 1.2 – Переваги та недоліки електронного поводиря

| Переваги | Недоліки |
|---|---|
| 1. Компактні габарити<br>2. Дальність виявлення об’єктів до 7 метрів<br>3. Наявність зворотного зв’язку<br>4. Низька вартість (до $100) | 1. Без інтегрованої навігації пристрій не допомагає орієнтуватися в новій місцевості<br>2. Постійні сигнали можуть дратувати користувача й оточуючих<br>3. Обмежений час автономної роботи |

У березні 2018 року Microsoft презентувала застосунок Soundscape, який реалізує навігацію на основі просторового 3D-звуку. Рішення орієнтоване на людей із вадами зору.

Користувачі можуть створювати ментальну карту довкілля, самостійно обирати маршрут і отримувати звукову інформацію про об’єкти довкола. Програма відображає назви вулиць, закладів, варіанти продовження руху на перехрестях.

Одним з інноваційних пристроїв є навігаційні системи, що складаються з камери та навігатора, і призначені для допомоги людям із порушенням зору в орієнтуванні в просторі. Схематично її показано на рис 1.2.

Рисунок 1.2 – Схематичне представлення сучасних навігаційних систем для слабозрячих людей

Переваги та недоліки сучасних електронних систем допомоги слабозрячим людям представлені у табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Переваги та недоліки сучасних систем допомоги слабозрячим людям

| Переваги | Недоліки |
|---|---|
| 1. Прокладає маршрут<br>2. Попереджає про небезпеку<br>3. Зчитує написи, вивіски та грошові купюри<br>4. Озвучує дані голосом<br>5. Визначає кольори | 1. Висока вартість пристроїв |

Розпізнавання об’єктів включає локалізацію (визначення координат) та класифікацію (розподіл на класи: люди, велосипедисти, бордюри, люки, зупинки тощо). Ці завдання розв’язуються за допомогою алгоритмів машинного навчання.

Відстеження об’єкта – це його ідентифікація на послідовних відеокадрах. Хоча визначення звучить просто, існує чимало підходів із різною технічною складністю.

Оцінка відстані до об’єкта потребує непрозорої поверхні. Найточніше це реалізується радарами, однак вони суттєво підвищують вартість систем.

Існують альтернативи:

– Стереозір — використання двох камер, що дозволяє обчислити глибину на основі стереопар.

– Монокулярний зір – дешевший варіант, не потребує другої камери, проте має нижчу точність.

Обидва методи мають свої переваги і недоліки, і вибір залежить від потреб користувача, бюджету та складності навколишнього середовища.

## 1.3 Аналіз вимог щодо реалізації комп’ютерної системи виявлення небезпеки для слабозрячих людей

Система призначена для допомоги незрячим або слабозрячим людям у виявленні небезпеки під час переміщення в міському середовищі. Вона дозволяє виявляти та розпізнавати об’єкти, що становлять потенційну загрозу – транспортні засоби, пішоходів, дорожні знаки, світлофори тощо та повідомляти про них голосом із зазначенням розташування і напряму руху.

Метою проекту та кваліфікаційної роботи є розробка портативної системи, здатної виявляти об’єкти за допомогою нейромережевої моделі YOLOv5 Tiny, аналізувати їх положення та рух, і передавати користувачу інформацію у вигляді голосових повідомлень через динамік або навушники.

Система складається з одноплатного комп’ютера SIPEED Maixduino з підключеною камерою, LCD-дисплеєм та динаміком або навушниками. Камера фіксує зображення попереду користувача, вбудована модель штучного інтелекту розпізнає об’єкти, визначає їх положення у полі зору (ліворуч, праворуч, попереду) та напрямок руху (зліва направо, навпаки, прямо). Уся інформація озвучується для користувача в реальному часі. Основними вимогами, які висуваються до системи виявлення небезпек для слабозрячих людей є:

– здатність працювати в режимі реального часу (обробка не менше 5 кадрів/сек);

– можливість виявляти мінімум 3 типи об'єктів (люди, транспорт, дорожні знаки);

– здатність визначати положення об’єкта (ліворуч/праворуч/по центру);

– здатність розпізнавати рух об’єкта (статика / напрям руху);

– можливість генерувати та озвучувати фрази для попередження користувача;

– бути портативною та живитися від акумулятора або павербанку.

Всі компоненти системи (камера, дисплей, динамік) мають бути підключені до плати SIPEED Maixduino. Взаємодія між модулями має бути

реалізована через стандартні апаратні інтерфейси (I2C, SPI, GPIO, UART) згідно специфікацій пристрою.

Система повинна здійснювати самодіагностику при запуску та під час роботи. Діагностика повинна охоплювати:

– перевірку працездатності камери;

– доступність модуля розпізнавання об’єктів;

– тест генерації голосових повідомлень;

– вивід службової інформації на LCD-дисплей.

Серед перспектив розвитку та модернізація системи можна виділити наступні:

– інтеграція GPS-модуля для навігації;

– побудова маршруту до заданої точки;

– підключення до смартфону через Bluetooth;

– застосування більш складних глибоких нейромереж для точнішого розпізнавання;

– віддалене оновлення моделі.

Серед вимог до надійності системи виявлення небезпек для слабозрячих людей є здатність працювати стабільно у зовнішніх умовах (волога, пил), - бути енергоефективною, не перевантажувати користувача кількістю повідомлень, а також гарантувати обробку подій без зависань або фатальних помилок.

Серед важливих функцій, які повинна забезпечувати комп’ютерна система є здатність збору відеоінформації з камери та виявлення і класифікація об’єктів (YOLOv5 Tiny).

Окрім цього, повинен проводитися інтелектуальний аналіз щодо положення і розташування об’єктів, а у випадку динамічних об’єктів – визначення напряму їхнього руху.

В якості пристрою передачі даних від системи до людини використовується навушники, або міні-колонки, які забезпечують формування мовного опису ситуації, відтворення повідомлень через TTS-модуль. Для налаштування апаратної складової пристрою фахівцями з обслуговування, а

також виведення діагностичної інформації повинен застосовуватися LCD-дисплей.

Серед вимог, які висуваються до апаратного забезпечення системи виявлення небезпек для слабозрячих людей варто відмітити такі, що мікроконтролер виявлення об’єктів в навколишньому середовищі повинен працювати в режимі реального часу. Для цього можна використати MAIXDUINO KIT FOR RISC-V. Даний набір містить камера, що сумісна з Maixduino, LCD-дисплей і динамік. Замість динаміка можна підключати провідні навушники.

Для збереження журналів роботи системи та моделі комп’ютерного зору необхідно використання карти пам’яті, а для забезпечення живлення використовується автономне джерело.

При реалізації програмного забезпечення доцільно використовувати Micropython або C++/K210 SDK. Це дозволить забезпечити інтеграцію з моделлю YOLOv5 Tiny. Серед програмних модулів, які необхідно реалізувати у системі – смдуль озвучення (наприклад, TTS), програмний блок обробки координат і побудови повідомлень, а також підистема логування подій.

Таким чином, провівши аналіз існуючих технічних рішень щодо допомоги слабозрячим людям при орієнтації в просторі, а також провівши аналіз технічного завдання на проектування комп’ютерної системи необхідно перейти до побудови архітектури повнофункціонального рішення щодо виявлення об’єктів навколишнього середовища в режимі реального часу та надання голосових повідомлень з мінімальними фінансовими витратами.

# РОЗДІЛ 2 ПОБУДОВА АРХІТЕКТУРИ ТА НАЛАШТУВАННЯ СИСТЕМНОГО РІВНЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ВИЯВЛЕННЯ НЕБЕЗПЕКИ ДЛЯ СЛАБОЗРЯЧИХ ЛЮДЕЙ

## 2.1 Побудова архітектури системи виявлення небезпеки для слабозрячих людей

Комп'ютерна система виявлення небезпек відноситься до класу рішень в основі яких лежить використання електронних пристроїв, що кріпляться на голові або тілі користувача – так звані «електронні окуляри». Це окуляри або пов'язки з вбудованими камерами, мікрофонами, датчиками руху та іноді лазерними далекомірами. Вони аналізують середовище, розпізнають об'єкти, визначають напрямки руху й транслюють користувачу аудіоінформацію. Деякі моделі навіть генерують тактильний зворотний зв'язок. Головна перевага такого класу систем – автономне розпізнавання складної обстановки, включаючи динамічні об'єкти. Проте варто враховувати високу ціну, складність налаштувань та залежність від джерела живлення.

Навігаційні електронні пристрої є наступним революційним типом допоміжних засобів. Вони працюють на основі GPS-навігації у поєднанні з попередньо закладеними мапами місцевості. Користувач вводить пункт призначення, а пристрій голосом повідомляє про поточне розташування, напрямок руху та можливі перешкоди на маршруті. Такі пристрої можуть бути виконані у вигляді мобільного додатку, спеціального гаджета або браслета. Їхньою основною перевагою є зручність та можливість повної автономної навігації. Водночас слід враховувати обмежену точність у складній забудові, необхідність доступу до мобільного інтернету та складність сприйняття великого обсягу інформації під час руху.

Оскільки, однією з ключових вимог до комп’ютерної системи виявлення небезпек для слабозрячих людей є висока продуктивність та можливість звукового сповіщення про небезпеку, то необхідно реалізувати апаратне рішення, яке здатне запускати і виконувати інтелектуальну модель розпізнавання об’єктів навколишнього середовища. У загальному випадку структура системи може бути представлена як показано на рис. 2.1.

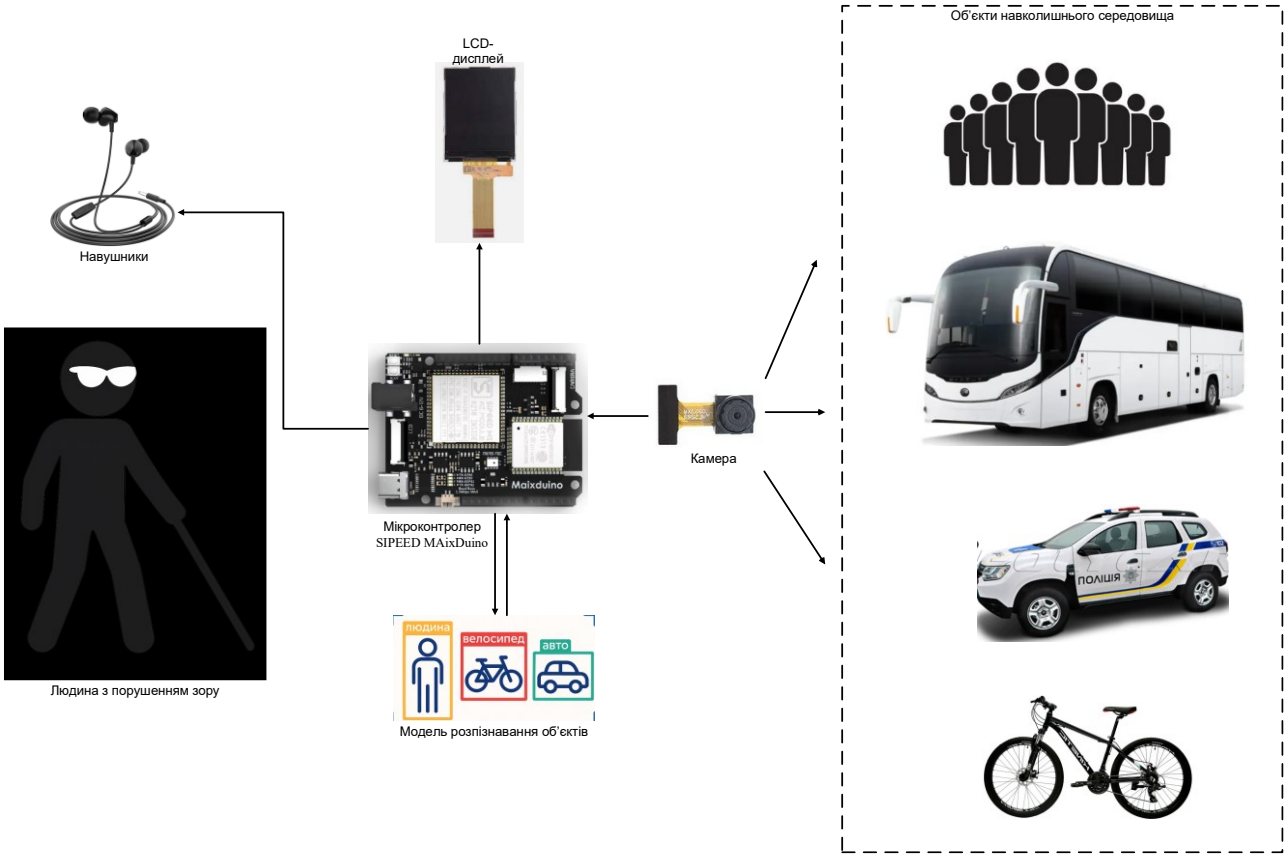


Рисунок 2.1 – Концептуальна архітектура комп’ютерної системи виявлення небезпеки для слабозрячих людей

Традиційно незряча людина використовує палицю. Під час руху з однієї точки в іншу вона визначає відкриті чи закриті водовідведення на дорозі. Паличка не може визначити 3D-об'єкти на дорозі, такі як знак об'їзду для пішоходів, дорожній знак, знак будівельних робіт, поточну GPS-локацію чи локацію пункту призначення, шлях, яким їй потрібно пройти, щоб дістатися до місця призначення. Комп’ютерна система виявлення небезпеки, що

проектується у кваліфікаційній роботі орієнтована на надання людині інформації про 3 класи об'єктів на дорозі. До таких класів належать людина, велосипед, автомобіль, світлофор, велосипед, скутер, вуличні знаки, знак небезпеки, знак об'їзду для пішоходів тощо. Система також надасть інформацію про розташування цього об'єкта в її візуальному просторі, наприклад, ліворуч чи праворуч.

Окрім цього, комп’ютерна система дозволить встановити тип об’єкт (динамічний чи статичний), тобто визначить, чи рухається об'єкт, чи ні, і в якому напрямку він рухається, наприклад, справа наліво чи зліва направо. Ця інформація надається їй у голосовому форматі, щоб людина могла приймати відповідні рішення під час руху.

Для реалізації системи, як було зазначено у технічному завданні та показано на рис. 2.1, необхідні такі компоненти:

– комплект SIPEED MAIXDUINO для RISC-V;
– камера;
– РК-дисплей;
– динамік або дротові навушники.

На програмному рівні система складається з трьох підсистем:

– підсистема виявлення та розпізнавання об'єктів;
– підсистема опрацювання та генерації інформації про об'єкти;
– підсистема перетворення візуальної інформації в текст та у мовлення.

## 2.2 Особливості та характеристики SIPEED MAIXDUINO для RISC-V

Сьогодні доступно безліч платформ для розробки рішень у сфері Інтернету речей (IoT). Проте якщо розглядати плати, орієнтовані на поєднання IoT і штучного інтелекту (AI), вибір значно обмежений. Більшість з них або надто дорогі, або мають посередню продуктивність чи інші обмеження. Так само, як і багато розробників, при реалізації комп’ютерної системи виявлення небезпек для слабозрячих людей необхідно знайти недорогу, але продуктивну AI-IoT платформу.

Комплект розробника Sipeed MaixDuino AI має не лише привабливу ціну, а й широкий функціонал та набір периферійних пристроїв (рис. 2.2).

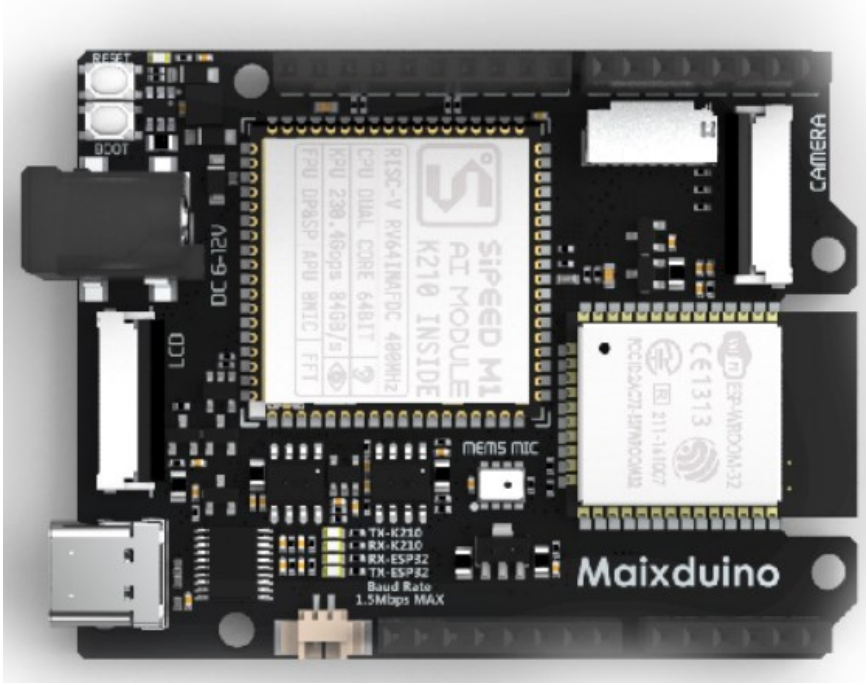


Рисунок 2.2 – Sipeed MaixDuino AI

Maixduino побудований на модулі Sipeed M1 AI і включає в себе ESP32 як співпроцесор для підключення до Wi-Fi та Bluetooth, 2,4-дюймовий ЖК-дисплей, VGA-камеру, слот для microSD-карти та вбудований MEMS-мікрофон. Усе це розміщено на платі розміром Arduino Uno і сумісне за роз'ємами з Arduino Uno R3.

У комплект входить сама плата Maixduino з 2,4-дюймовим TFT-дисплеєм та камерою GC0328.

До основних характеристик та можливостей MaixDuino AI належить:

– 64-бітне двоядерне ядро RISC-V з FPU;
– тактова частота до 400 МГц (розгін до 600 МГц);
– 8 МБ вбудованої SRAM;
– підтримка розпізнавання зображень QVGA@60fps/VGA@30fps;
– масив із 8 мікрофонів для розпізнавання мови;
– мумісність із TensorFlow, Keras, Darknet, Caffe тощо;
– периферія: UART, GPIO, SPI, I2C, I2S, таймери;

– вбудований нейропроцесор;
– аудіопроцесор (APU);
– прискорювач Швидкого Перетворення Фур'є (FFT);
– підтримка карт microSD, динаміка, камер, дисплеїв;
– бездротовий зв’язок через Wi-Fi 802.11 b/g/n та Bluetooth 4.2;
– підтримка IDE: Arduino, MaixPy IDE, OpenMV IDE.

Maixduino має Sipeed M1 AI модуль, побудований на чипі Kendryte K210, який володіє функціями штучного інтелекту, такими як апаратний прискорювач нейронної мережі KPU, блок обробки голосу (APU), програмований масив вводу-виводу (FPIOA/IOMUX) і прискорювач швидкого перетворення Фур’є. На рис. 2.3 показано схему розміщення портів та виводів MaixDuino.

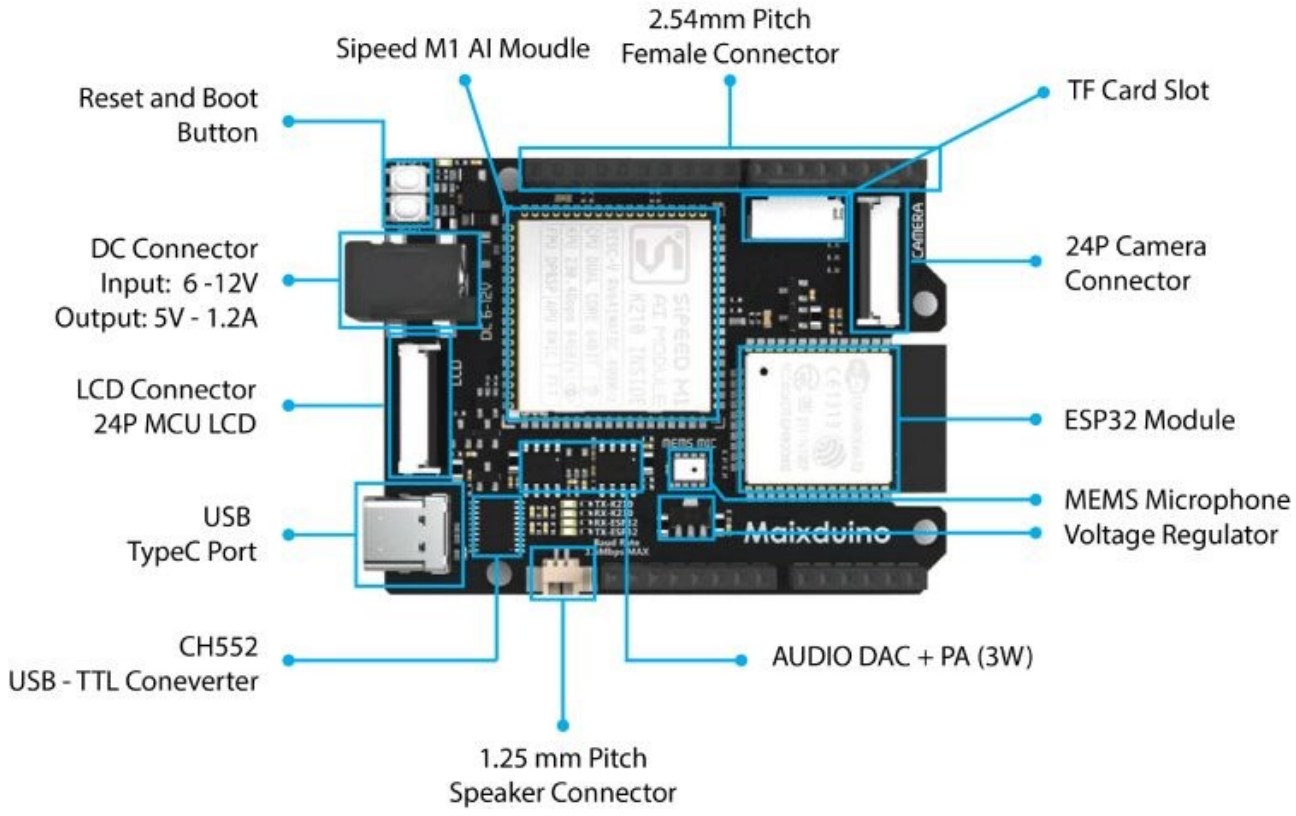


Рисунок 2.3 – Порти та виводи Sipeed MaixDuino

При обробці моделей штучного інтелекту K210 може виконувати такі операції, як згортка, пакетна нормалізація, активація та об'єднання. У той же час також може виконуватися попередня обробка сканування напрямків голосу і

виведення голосових даних. Процесор підтримує операції множення, ділення, добування квадртаного кореня, має апаратне прискорення KPU, голосовий блок APU, гнучку систему введення-виведення FPIOA та FFT-прискорювач.

Для зв'язку через Wi-Fi і Bluetooth використовується ESP32-WROOM. Плата живиться від роз'єму живлення або порту USB Type-C.

Програмування мікроконтролера MaixDuin здійснюється через модуль CH552 із підтримкою двох віртуальних UART. Він також автоматично розпізнає прошивки ESP32 і K210.

Даний мікроконтролер підтримує MEMS-мікрофон MSM261S4030H0, ЦАП TM8211 для I2S-аудіо, підсилювач NS4150 потужністю 3 Вт.

При роботі з камерою використовується інтерфейс FPC 24-контактний порт, який підтримує камери типу OV2640, OV5640, OV7740 та інші.

Стандартний дисплей, який входить у макет розробника, представляє собою 2,4-дюймовий ST7789 із роздільною здатністю 320x240, 8-бітний інтерфейс.

Цифрові пін-виводи підключені до M1, аналогові – до ESP32. GPIO працюють на 3,3 В і 1,8 В. У цьому випадку потрібно бути обережними, щоб не пошкодити плату.

Maixduino підтримує MaixPy, PlatformIO, Arduino IDE, а також RTOS, зокрема, FreeRTOS або RT-Thread. Для програмування цього мікроконтролера у середовищі Arduino IDE необхідно додати URL-посилання в менеджер плат: http://dl.sipeed.com/MAIX/Maixduino/package_Maixduino_k210_index.json.

Після успішного встановлення потрібно обрати плату Maixduino, порт, програматор k-flash. Якщо виникли проблеми, перевірити версію бібліотек із GitHub та замінити застарілі.

Для тестування міркоконтролера можна відкрити приклад Sipeed_ST7789 і завантажити на плату. Він має виводити прості графічні елементи на екран.

Якщо виникають помилки завантаження, то потрібно переконатися в тому, що обрано k-flash як програматор, перезавантажити плату, змінити швидкість передачі даних, або оновити бібліотеку Arduino_GFX до версії 1.4.8.

Щоб перевірити роботу камери, використовується приклад sipeed_gc0328, який транслює відеопотік із камери на дисплей.

Maixduino також підтримує розпізнавання облич, голосу та інші інтелектуальниі функції. Приклад розпізнавання мови можна реалізувати через бібліотеку Maix-SpeechRecognizer. Для цього необхідно завантажити voice_model.h і main.c. Після цього переіменувати його у .ino і відкрити в Arduino IDE. Після завантаження плата розпізнає команди типу привітаньза допомогою MEMS-мікрофона.

## 2.3 Проектування схеми підключення компонентів системи та схеми електричної принципової

Виходячи із запропонованої архітектури комп'ютерної системи виявлення небезпеки для слабозрячих людей, яка представлена на рис. 2.1 спочатку було спроектовано схему підключення компонентів, яка показана на рис. 2.4.

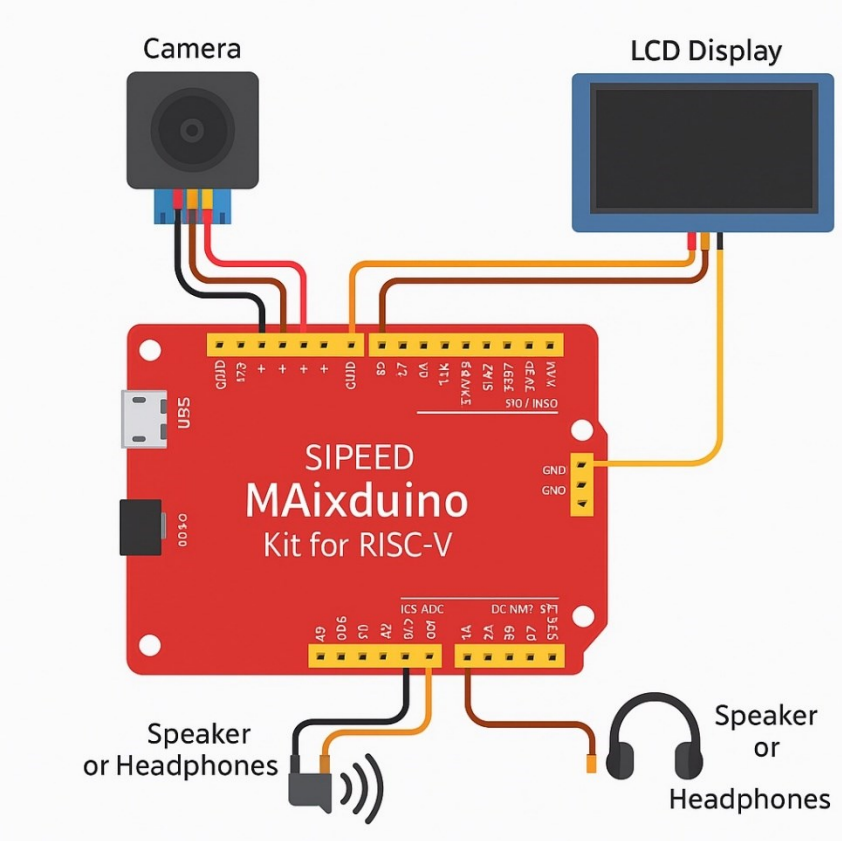


Рисунок 2.4 – Схема підключення компонентів системи

Ця схема відображає логічне розміщення основних компонентів системи для допомоги для слабозорих людей. Усі компоненти підключаються до плати MaixDuino. Схема, наведена на рис. 2.4, демонструє загальний принцип взаємозв’язку пристроїв без надмірної деталізації електричних характеристик.

У даному випадку SIPEED MAixDuino є центральним мікроконтролером системи. Камера підключена у верхній частині до відповідних пінів, служить для зйомки об’єктів навколишнього середовища, які в подальшому аналізуються інтелектуальною програмною складовою системи. LCD-дисплей – відображає службову інформацію і показаний, як пристрій, що під’єднаний праворуч на схемі. Динамік/навушники розміщені в нижній частині схеми і забезпечують голосовий вихід інформації.

Принципова електрична схема підключення компонентів до SIPEED MAixDuino ілюструє електричне підключення між компонентами та платою мікроконтролера з чітким зазначенням пінів, ліній живлення, сигналів даних та управління. На рис. 2.5 показано її візуальне представлення.

Як видно з рис. 2.5, мікроконтролер містить ряд пінів та роз’ємів, зокрема, показані усі ключові входи/виходи: живлення (3V3, 5V), GND, UART, GPIO, I2C, SPI.

Камера підключена через виділені цифрові лінії до відповідних пінів MaixDuino, а LCD – з’єднаний за допомогою SPI-інтерфейсу (SCK, SDA, DC, RES, BLK, GND). Аудіо вихід на схемі окремо не деталізований, однак передбачається підключення до аудіо-портів або через зовнішній DAC-модуль.

Таким чином перша схема підключення компонентів системи, яка показана на рис. 2.4 допомагає зрозуміти загальну архітектуру системи та взаємодію компонентів, а інша, що представлена на рис. 2.5 – покликана зобразити технічну основу для розробки та складання робочого пристрою.

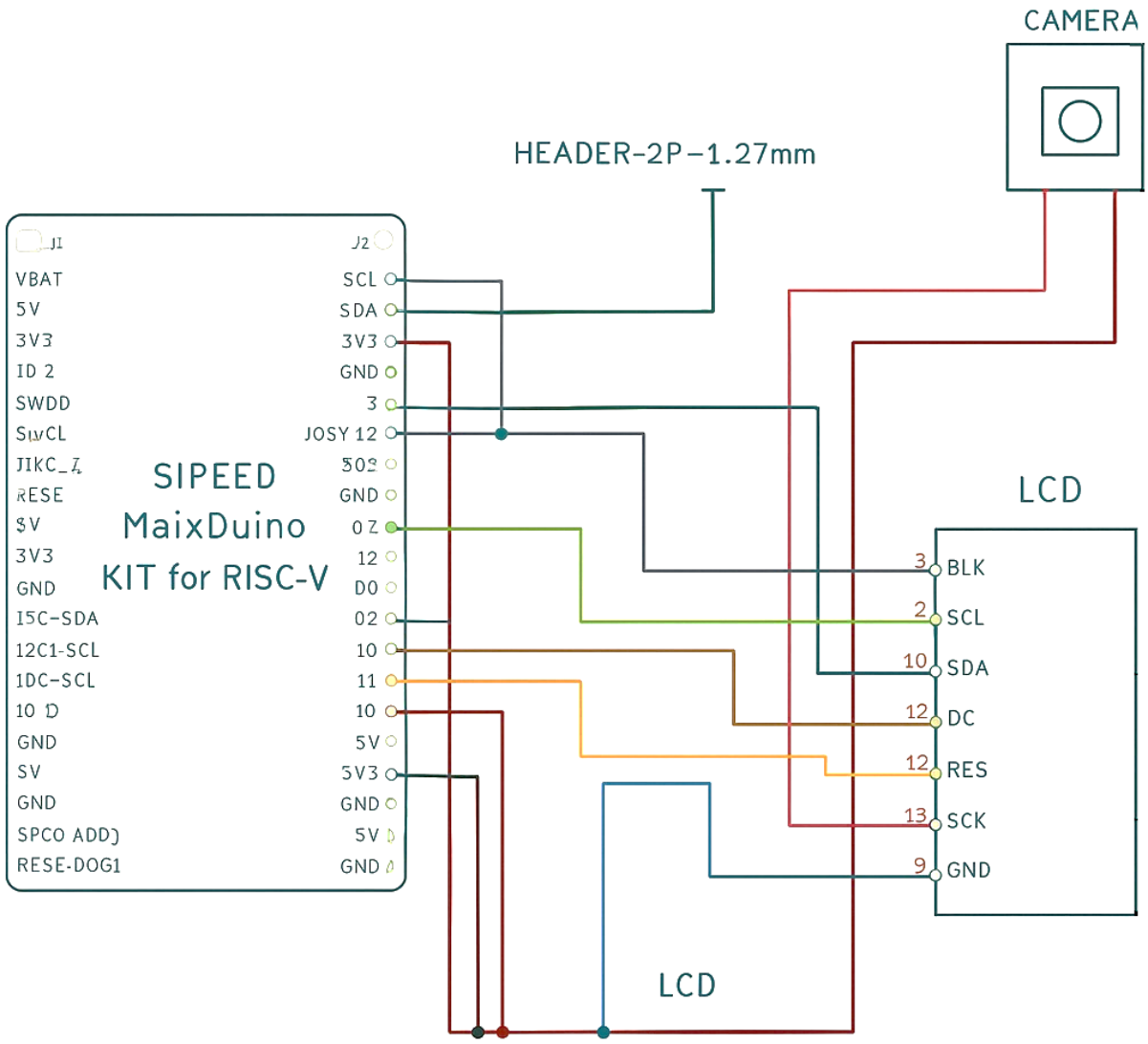


Рисунок 2.5 – Схема електрична принципова системи

Наступний крок налаштування комп'ютерної системи передбачає перехід від апаратного забезпечення до програмного на системному рівні.

## 2.4 Налаштування системного програмного забезпечення MaixDuino

### 2.4.1 Встановлення USB-драйвера

Перш за все, для ефективної роботи мікроконтролера MaixDuino, необхідно встановити USB-драйвер. Для цього потрібно завантажити відповідний файл драйвера на локальний диск. Посилання вказано в інструкції до MaixDuino. Після завантаження драйвера необхідно розпакувати файл драйвера в обрану локацію та запустити його. За замовчуванням буде створено

папку з назвою "driver21228_Setup. У папці, окрім інших, буде файл з назвою "CDM21228_Setup", запуск якого розпочинає операцію встановлення драйвера.

Далі панель керування користувача запитає дозвіл на встановлення Після успішного встановлення драйвера можна почати підключення плати SIPEED MAXDUINO до комп'ютера за допомогою кабелю USB типу C.

Наступний крок передбачає перевірку коректності інсталяції драйвера шляхом відкриття диспетчер пристроїв з розділу панелі керування. У випадку, коли у пункті доступних портів (COM та LPT) відображається COM-порт, до якого підключена плата SIPEED MAXDUINO, то драйвера інстальовано успішно..

### 2.4.2 Інсталяція прошивки MaxiPy

Оскільки, модель штучного інтелекту для виявлення та розпізнавання об’єктів навколишнього середовища повинна працювати в режимі реального часу, тобто фактично є системним програмним забезпеченням, то необхідно встановити прошивку, яка б підтримувала мову програмування Python.

Для встановлення прошивки micropython для плати SIPEED MAXDUINO потрібно її спочатку завантажити офіційного сайту з розділу MaixPy. Далі необхідно завантажити утиліту для прошивки 'kflash_gui' за посиланням «https://github.com/sipeed/kflash_gui/releases», врахувавши тип операційної системи, яка використовується на ПК.

Файл інсталяції з назвою 'kflash_gui_v1.8.1_windows.7z' підходить для операційних систем Windows 10 nта Windows 11 і повинен бути завантаженим на локальний диск та розпакований у папці з назвою 'kflash_gui_v1.8.1_windows'.

Наступний крок передбачає відкриття папки з назвою «kflash_gui_v1.8.1_windows», у якій розміщено виконуваний файл з назвою «kflash_gui». Запустивши даний файл автоматично розпочнеться процес встановлення, як показано на рис. 2.6.

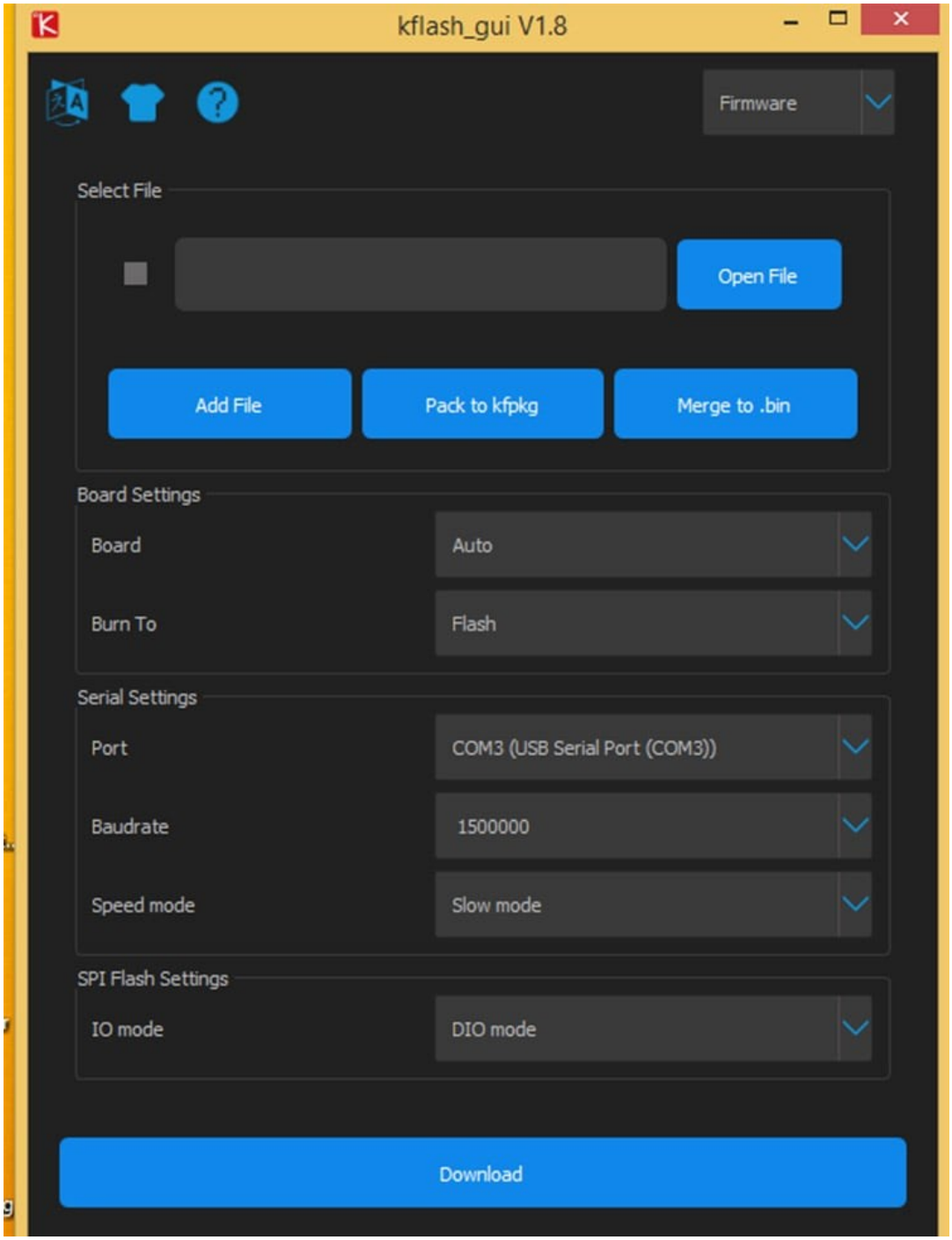


Рисунок 2.6 – Початок інсталяції kflash_gui

У вікні, зображеному на рис. 2.6, необхідно натиснути кнопку «Open File», щоб відкрити файл прошивки. Після цього з’явиться нове вікно у процесі інсталяції, як показано на рис. 2.7.

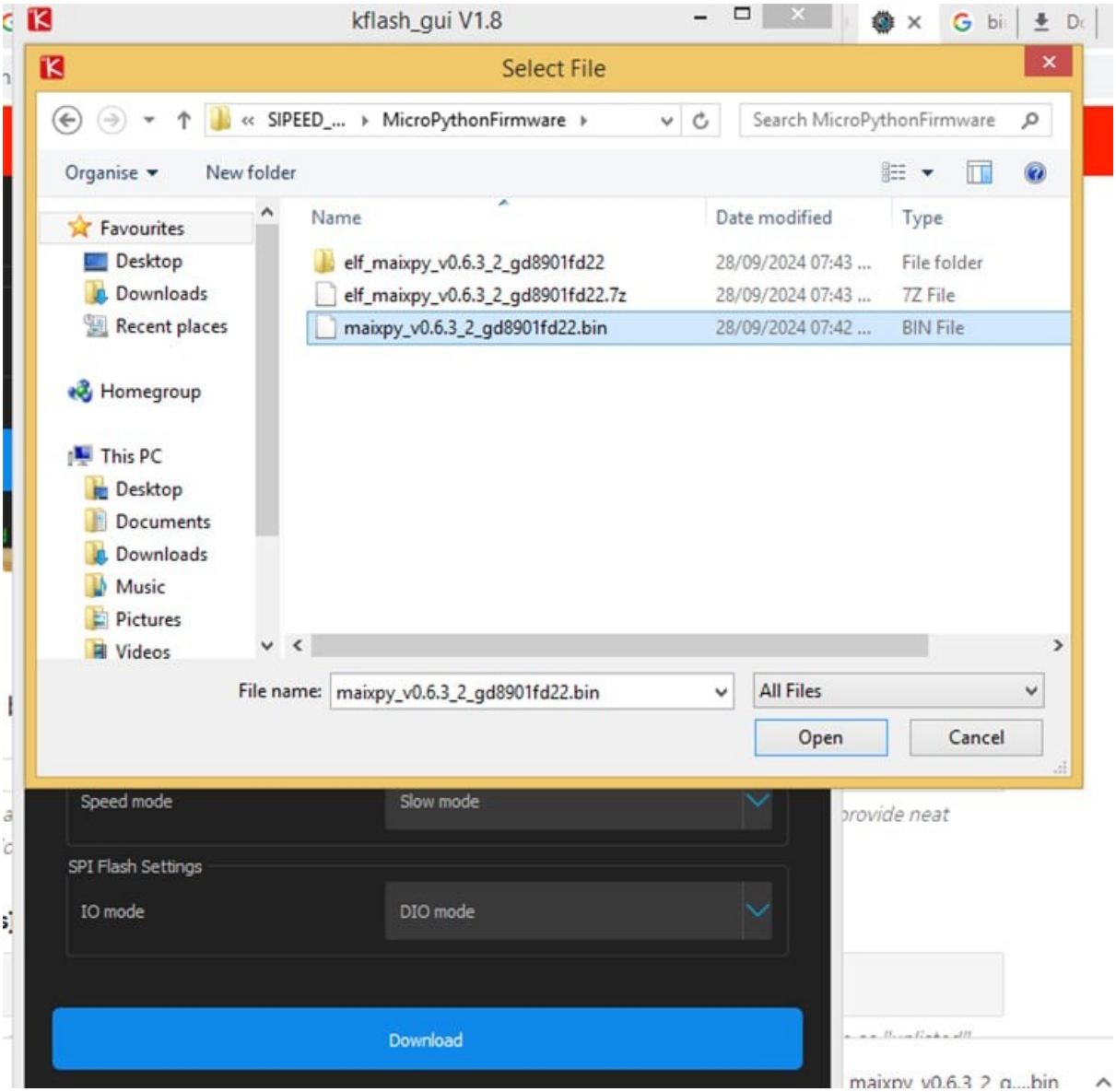


Рисунок 2.7 – Вікно вибору прошивки SIPEED MAXDUINO

Виконання кроку, показаного на рис. 2.7, передбачає, що вся конфігурація буде автоматично встановлена для «SIPEED MAXDUINO DEVELOPMENT BOARD». Натиснувши на кнопку «Download» відбудеться запис прошивки на мікроконтролер.

Після завантаження прошивки на «SIPEED MAXDUINO DEVELOPMENT BOARD» з’явиться вікно повідомлення про успішне завантаження, як показано на рис. 2.8.

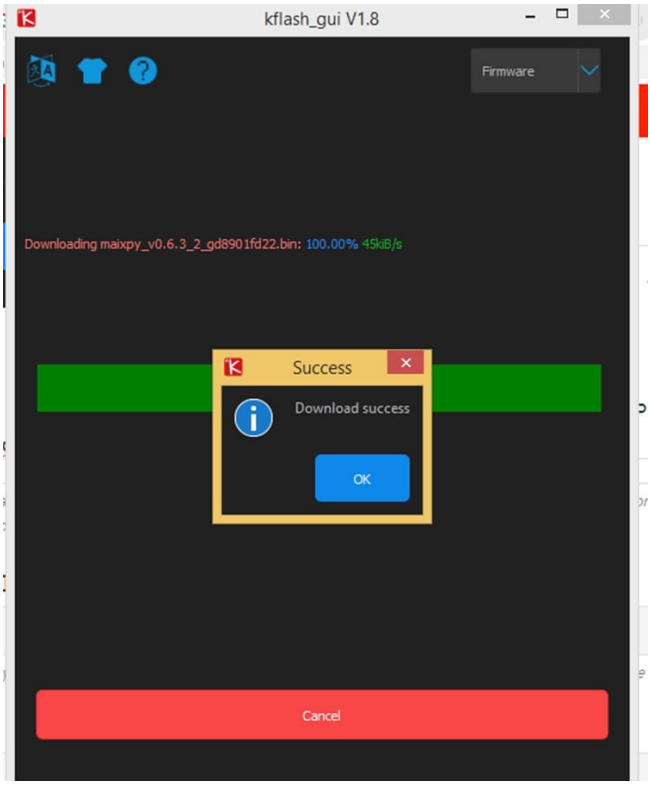


Рисунок 2.8 – Результат успішного завантаження прошивки мікроконтролера

Натиснення кнопки «ОК» закриває процес інсталяції і далі можна налаштовувати інше програмне забезпечення.

### 2.4.3 Інсталяція MaxiPy IDE

Встановлення середовища MaxiPy IDE необхідне для забезпечення можливості запуску моделі для розпізнавання об’єктів, оскільки перед її запуском необхідно скомпілювати модель у форматі, який мікроконтролер зможе запускати локально та виконувати як вбудований пристрій.

Першим кроком при завантаженні середовища є перехід на офіційний сайт виробника мікроконтролера SIPEED MAXDUINO та знаходження відповідного файлу, який підходить під операційну систему. Оскільки, при роботі з мікроконтролером застосовується ноутбук з операційною системою Windows 10, то обрано файл, який з нею сумісний.

Натиснувши на посилання "maxpy-ide-windows-0.2.5.exe" відбувається процес завантаження як показано на рис. 2.9.

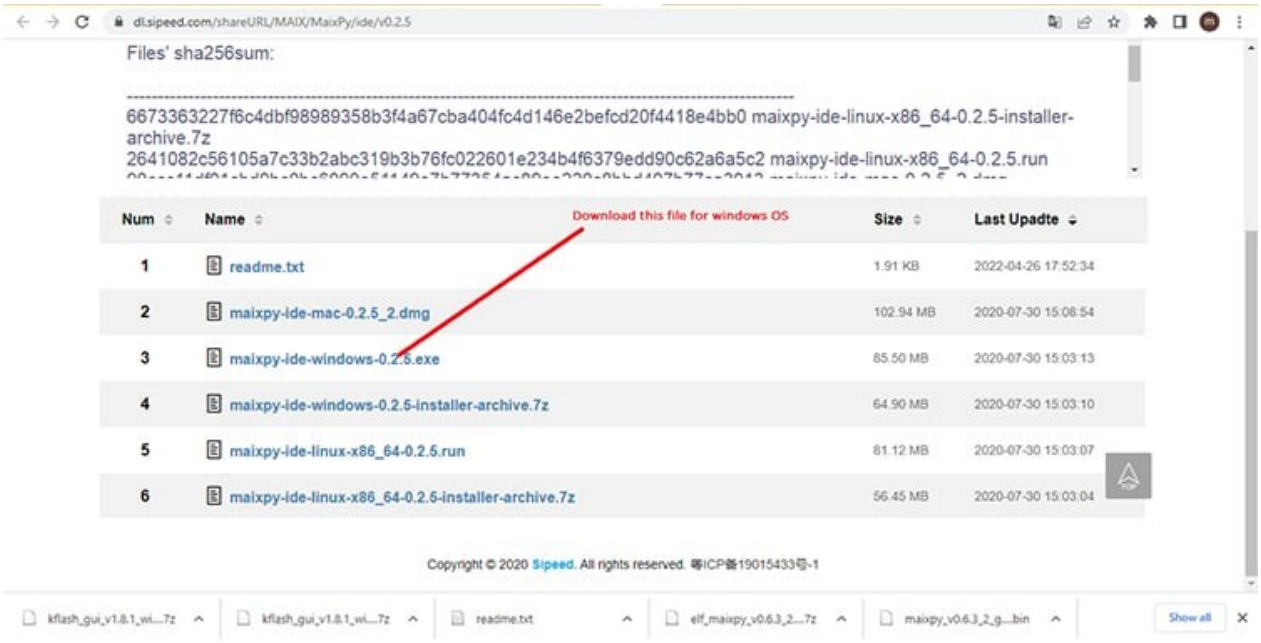


Рисунок 2.9 – Вибір файлу завантаження середовища MaxiPy IDE

Процес завантаження супроводжується правилами безпеки, що передбачає введення captcha. Ввівши коректні дані, доступною стає кнопка завантаження, як показано на рис.2.10.

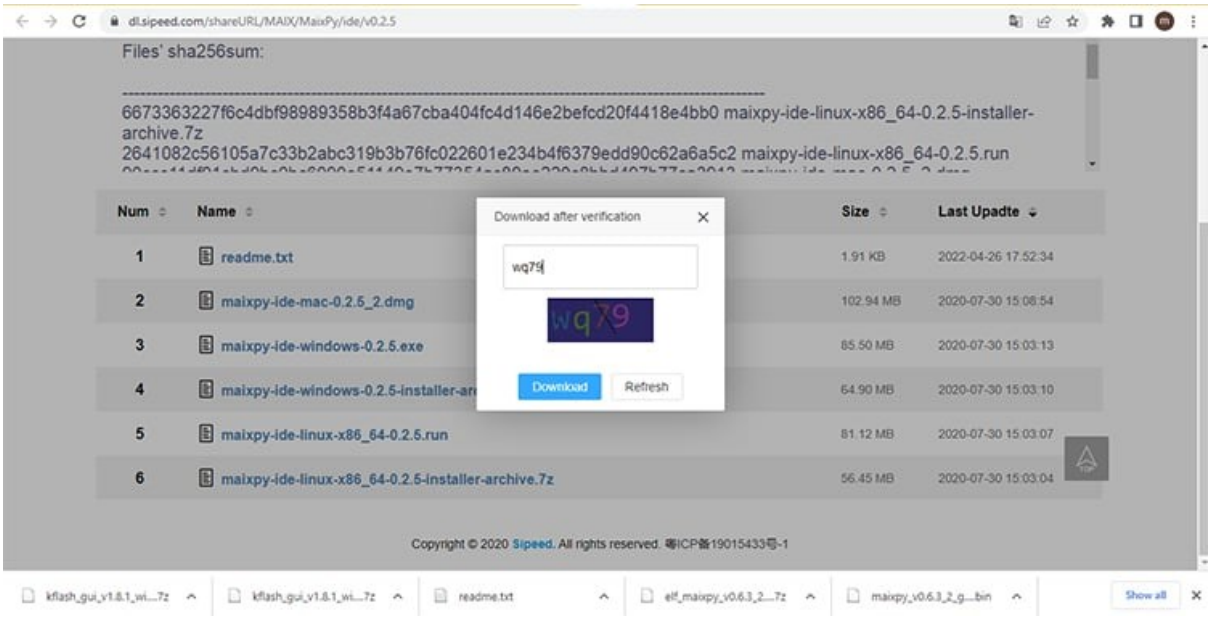


Рисунок 2.10 – Завантаження файлів інсталяції MaxiPy IDE

Файл з відповідною назвою буде завантажено на локальний диск і його запуск розпочне процес встановлення MaxPy IDE. При встановленні

середовища, служба контролю облікових записів користувачів запитає дозвіл на встановлення програмного забезпечення і тут необхідно його надати.

Для запуску середовища MaxPy IDE необхідно обрати у пункті меню відповідний запис, як показано на рис. 2.11.

Рисунок 2.11 – Запуск середовища MaxPy IDE

Зовнішній вигляду інтерфейсу користувача інтегрованеого середовище розробки MaixPy зі стандартною програмою Python проілюстровано на рис. 2.12.

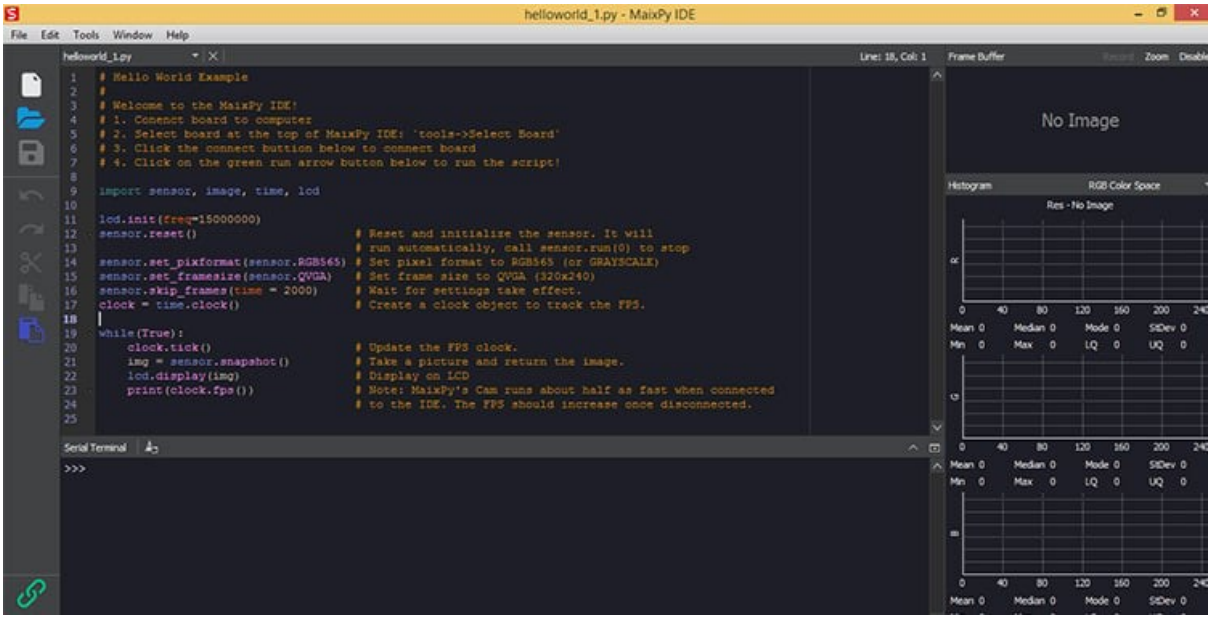


Рисунок 2.12 – Інтерфейс MaixPy

Для підключення до мікроконтролера необхідно виконати дію, яка показана на рис. 2.13.

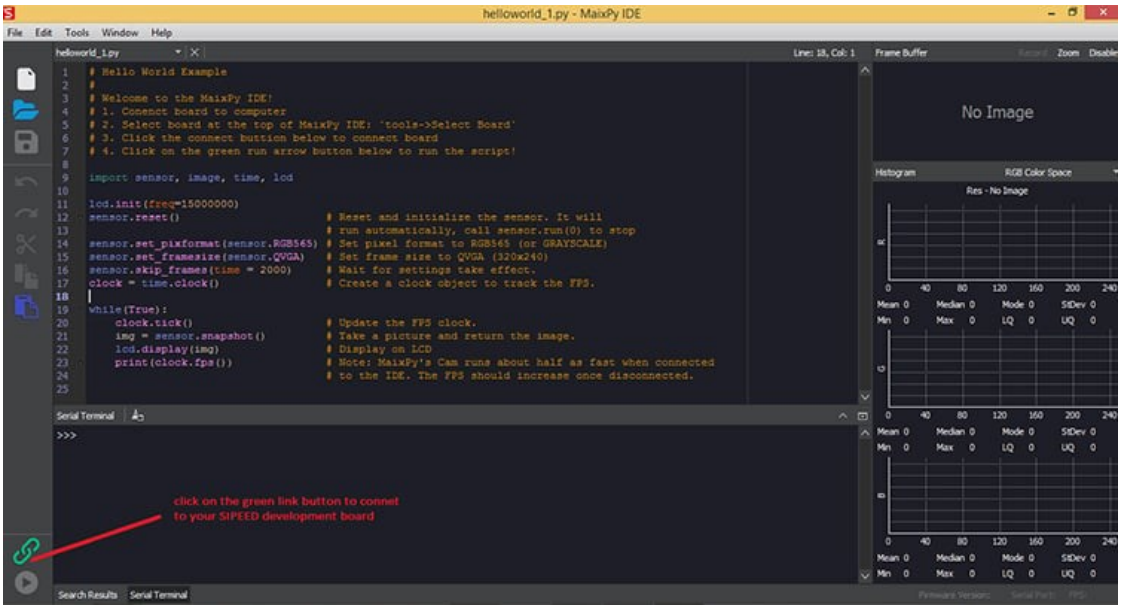


Рисунок 2.13 – Програмне підключення до мікроконтролера із середовища розробки

За замовчуванням у MaixPy IDE завантажено код для перевірки працездатності контролера. Окрім цього, дана програма забезпечує ініціалізацію камери та потокової передачі відео. Щоб завантажити код на мікроконтролер потрібно натиснути кнопку «Play», як показано на рис. 2.14.

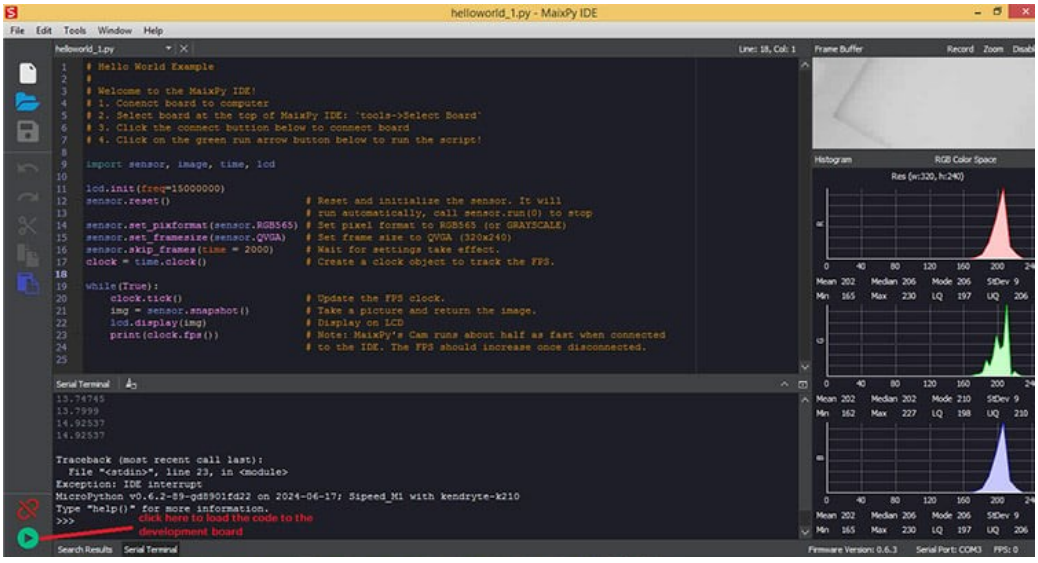


Рисунок 2.14 – Завантаження програмного коду на MAixDUINO

Виконавши операцію, зображену на рис. 2.14, відбудеться запуск камери, а зображення з неї почне відображатися у вікні буфера кадрів.

У даному підрозділі проведено базове налаштування програмного забезпечення мікроконтролера MAXDUINO, перевірено коректність підключення пристроїв. Наступний етап виконання кваліфікаційної роботи передбачає реалізацію, налаштування і тестування моделі комп’ютерного зору для виявлення потенційних небезпек при пересуванні слабозрячих людей.

# РОЗДІЛ 3 ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ МОДЕЛІ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ У СИСТЕМІ ВИЯВЛЕННЯ НЕБЕЗПЕКИ ДЛЯ СЛАБОЗРЯЧИХ ЛЮДЕЙ

## 3.1 Алгоритм функціонування комп'ютерної системи виявлення небезпек для слабозрячих людей

Одним з перших і найбільш важливих кроків реалізації будь-якої системи є побудова алгоритму її функціонування. У випадку комп'ютерної системи виявлення небезпек для слабозрячих людей, робота системи розпочинається з ініціалізації усіх компонентів для верифікації їх працездатності. Після запуску процедури ініціалізації мікроконтролер активує всі необхідні модулі.

В процесі ініціалізації пристроїв відбувається перевірка готовності до роботи таких компонентів як: камера, LCD-дисплей, аудіо вихід (динамік або навушники) та сам мікроконтролер. Крім цього, на програмному рівні виконується перевірка доступності нейромережевих модулів розпізнавання об'єктів (YOLOv5 Tiny) і модуля, який синтезує звукові повідомлення.

У випадку успішної ініціалізації, система повинна перейти до аналізу даних у відеопотоці. Якщо ж ініціалізація провалилась, то система повертається на початок етапу ініціалізації для повторного підключення або діагностики пристроїв.

Камера постійно захоплює відео в реальному часі. Кожен кадр передається на опрацювання нейромережі (YOLOv5 Tiny), яка виконує виявлення наявності об'єкта та визначення типу об'єкта: людина, велосипед, авто, світлофор, знак тощо.

Якщо об'єкт, який входив у набір навчальної вибірки, не виявлено на відео, то відбувається перехід до наступного кадру без жодного звукового чи іншого сповіщення. На рис. 3.1 представлено алгоритм роботи системи.

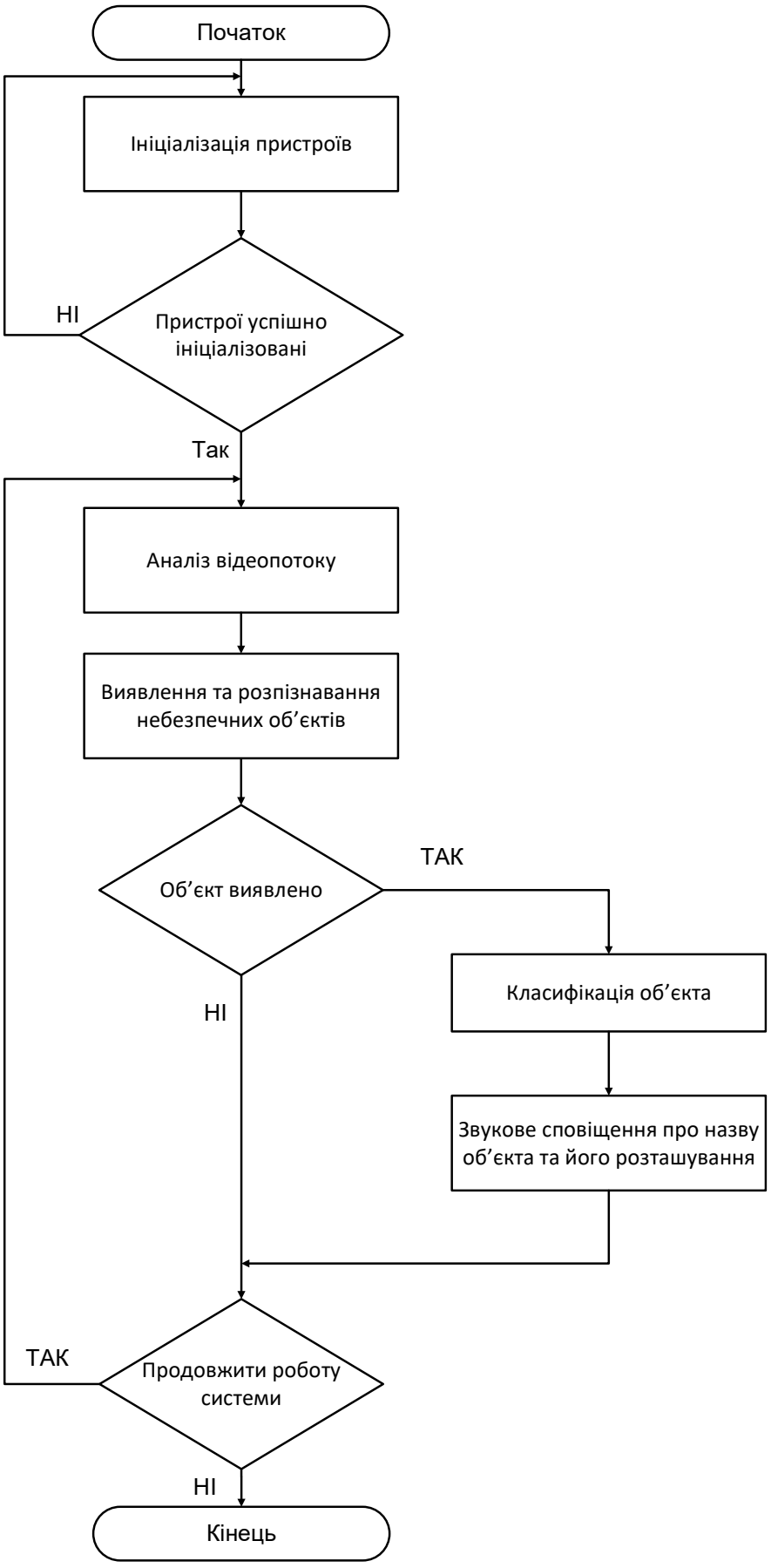


Рисунок 3.1 – Алгоритм функціонування системи виявлення небезпеки для слабозрячих людей

Як видно з рис. 3.1, у випадку ідентифікації небезпечного об’єкта, модель комп’ютерного зору переходить до його класифікації. Класифікація передбачає присвоєння певної мітки об’єкту, наприклад, людина, велосипед, автомобіль, знак об'їзду тощо. Додатково визначається розташування в полі зору: ліворуч, праворуч, по центру, а також рух об’єкта: зліва направо, справа наліво, нерухомий.

Інформація про розпізнаний об’єкт передається на динаміки у вигляді звукової доріжки з модуля перетворення тексту. При цьому система озвучує такі результати розпізнавання як

– назва об’єкта;
– його положення відносно поточного стану людини;
– рухомий чи статичний об’єкт.

Приклад звукового повідомлення: «Ліворуч велосипед, рухається справа наліво».

Після завершення озвучування система продовжує обробляти відеопотік у безперервному режимі. Робота завершується лише в разі вимкнення або помилки. Інакше цикл повторюється безперервно.

Така комп’ютерна система виступає як персональний асистент орієнтації для слабозрячих людей для підвищення рівня їхньої безпеки у просторі з високою динамічністю станів оточуючого середовища: перехрестя, велодоріжки, будівництва тощо.

Таким чином представлено алгоритм функціонування комп’ютерної системи виявлення небезпек для осіб із порушенням зору. Розроблена система базується на використанні нейромережевих моделей комп’ютерного зору та модулів перетворення тексту в мовлення (TTS) для забезпечення звукової навігації в реальному часі. Система здатна ідентифікувати об'єкти, потенційно небезпечні під час руху користувача, класифікувати їх, визначати просторове розташування та напрямок руху, після чого інформувати користувача голосовим повідомленням. Це підвищує мобільність і безпеку слабозрячих осіб у складному міському середовищі.

## 3.2 Реалізація моделі розпізнавання об’єктів небезпеки для слабозрячих людей

Моделі і методи комп’ютерного зору працюють зазвичай на згорткових нейронних мережах різної архітектури. Алгоритм YOLO був спочатку запропонований Джозефом Редмоном та його колегами. Цей алгоритм базується на моделі CNN. Під час прогнозування алгоритм лише «дивиться» на зображення, оскільки відбувається лише одне поширення по всій нейронній мережі. Порівняно з іншими методами ідентифікації об'єктів, модель YOLO є найшвидшою та найефективнішою.

Головною перевагою YOLO є її швидкість. У ній 45 кадрів на секунду. Модель побудована дуже структуровано і коректно, що робить процес навчання доволі простим і дозволяє формувати мережу з абстрактним описом речей. Основною метою виявлення об'єктів є ідентифікація одного або кількох конкретних об'єктів на аудіовізуальних або цифрових зображеннях. Навпаки, розпізнавання класів об'єктів класифікує об'єкти в певну категорію або клас.

Кожна річ має унікальні якості, які полегшують виявлення її відмінність від інших об'єктів на зображеннях. Крім того, це відрізняє їх від інших класів. Виявлення об'єктів - це процес пошуку та визначення об'єктів, таких як люди, тварини, предмети, автомобілі тощо.

Поєднання архітектурного алгоритму YOLO з набором даних COCO призводить до швидкої та ефективної техніки глибокого навчання для розпізнавання об'єктів. YOLO створений для комплексної обробки зображень і постійно підвищує ефективність виявлення об'єктів. Ідентифікація кадрів розглядається як задача регресії. Щоб непомітно зберігати спеціалізовану інформацію про групи та їхній зовнішній вигляд, YOLO використовує весь фон протягом періодів навчання та тестування, тоді як мережа зосереджена на нещодавніх зображеннях.

Проте, існують цілі платформи, які використовують різні за ефективністю і продуктивністю алгоритми опрацювання даних в режимі реального часу.

Для виявлення об'єктів при реалізації комп’ютерної системи виявлення небезпеки для слабозрячих людей використовуватимемо модель Yolo v5 Tiny. Перед створенням моделі виявлення об'єктів, необхідно сформувати набір даних.

Roboflow має багато попередньо визначених наборів даних, які можна використовувати для створення моделі виявлення об'єктів. При реалізації системи використовуються більше двох наборів даних. Ці набори містять інформацію про такі об’єкти навколишнього середовища як: люди, транспортні засоби, тварини, світлофор, об'їзд для пішоходів, небезпечні знаки, дорожні знаки.

Платформа Roboflow має обмеження, що не дозволяє створювати набір даних для більш ніж 10 000 зображень, як окремо, так і в рамках будь-якого проєкту.

Для створення моделі виявлення об'єктів yolo пропонується використати сервіси від Google. На першому кроці потрібно відкрити Google Colab, перейшовши за посиланням «https://colab.research.google.com/». Для цього потрібно натиснути на синю кнопку «Увійти» у верхньому правому куті сторінки, як показано на рис. 3.2.

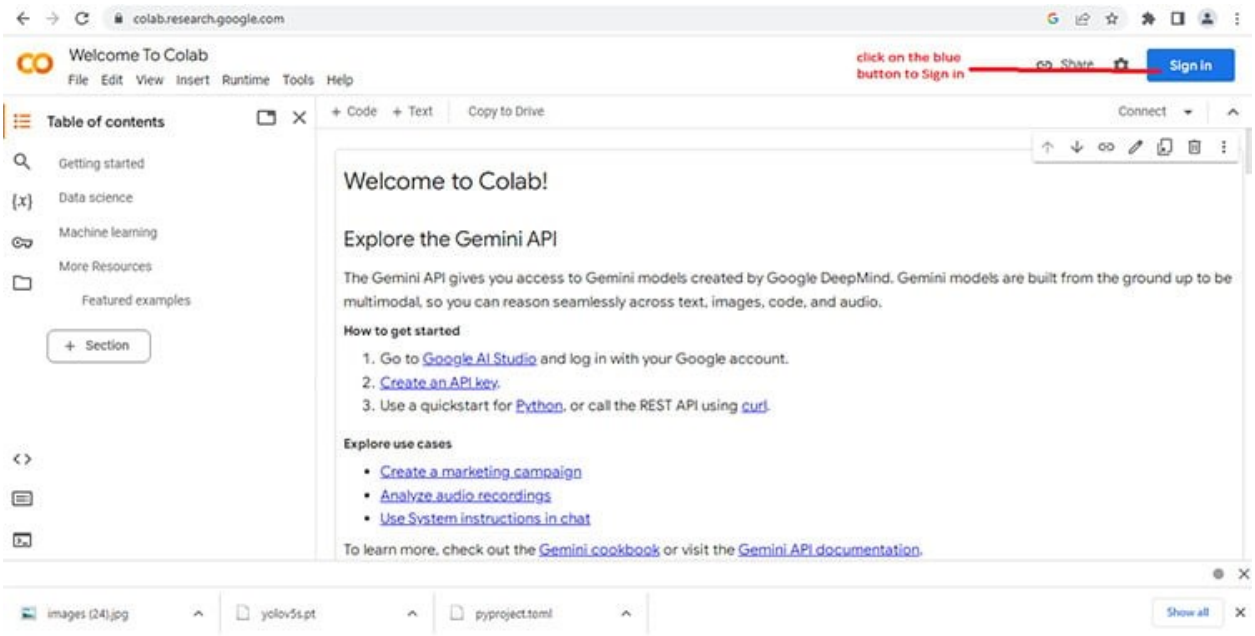


Рисунок 3.2 – Інтерфейс входу в Google Colab

Після натискання кнопки «Увійти» відкриється нова сторінка з обліковим записом Google, де потрібно вказати свої ідентифікаційні дані для google-акаунту. Після успішної авторизації з’явиться вікно, як показано на рис. 3.3.

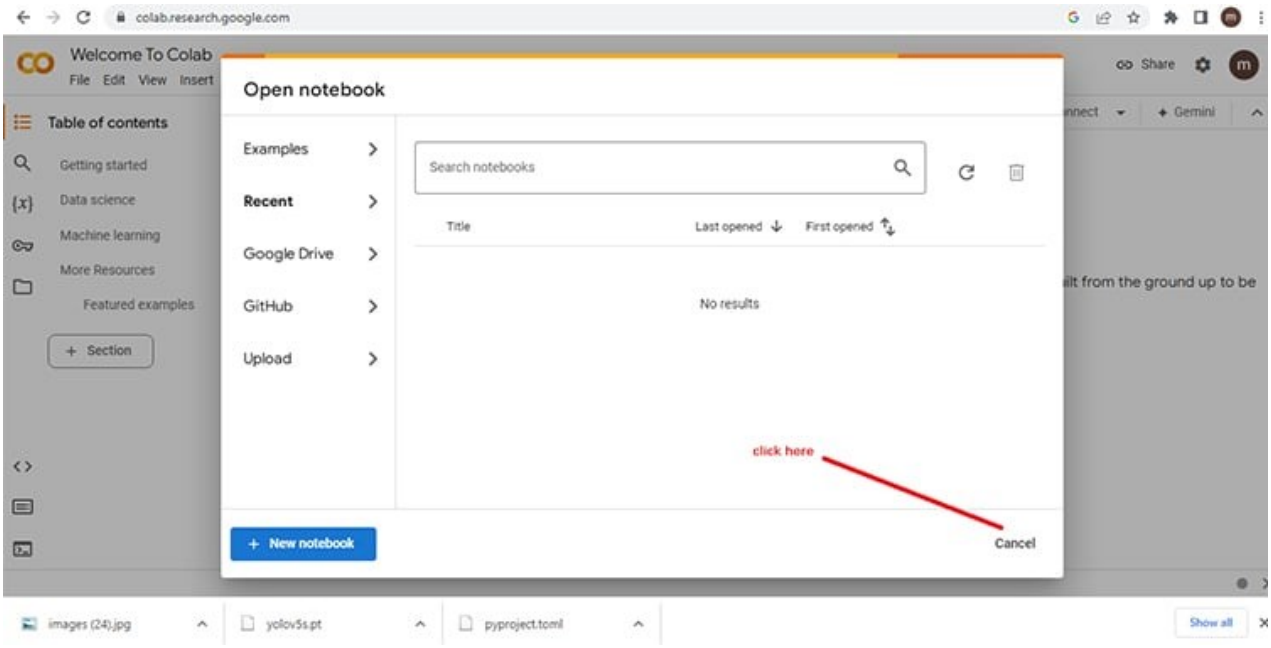


Рисунок 3.3 – Інтерфейс Google Colab

Натиснувши кнопку «Скасувати» відбувається вихід з блокноту і перехід до головного вікна, зовнішній вигляд якого показано на рис. 3.4.

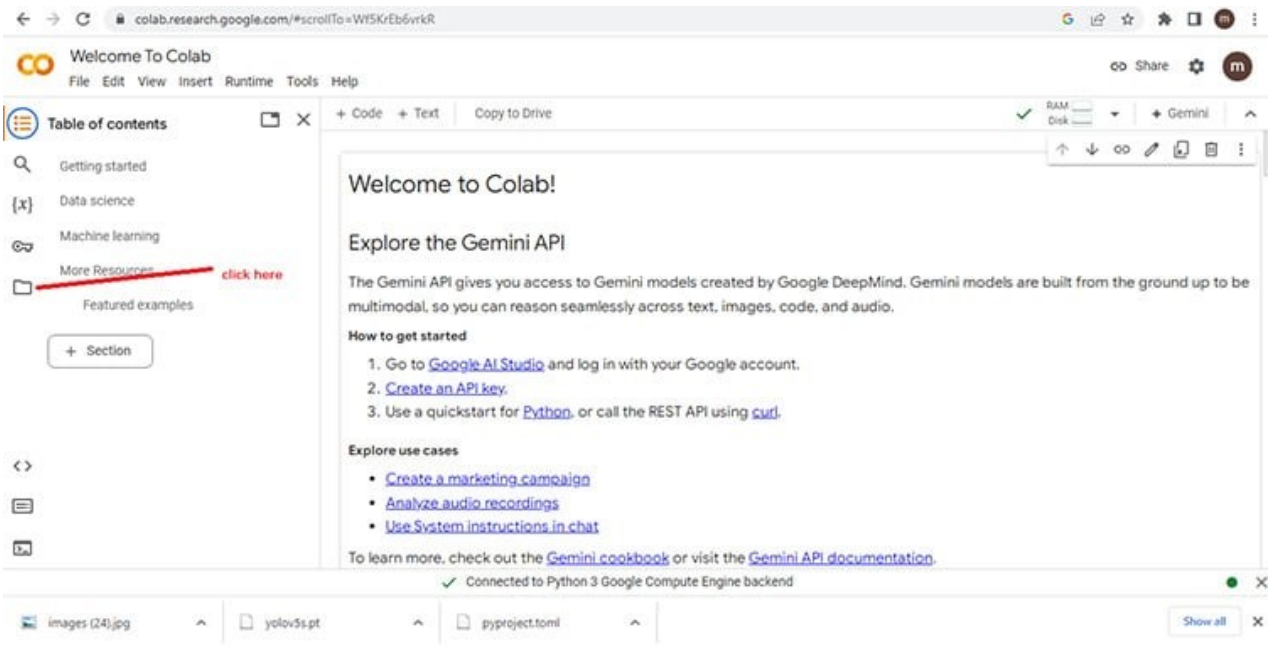


Рисунок 3.4 – Головне вікно Google Colab

В інтерфейсі вікна, показаного на рис. 3.5, зліва розташована піктограма папки, як зображено на рис. 3.5.

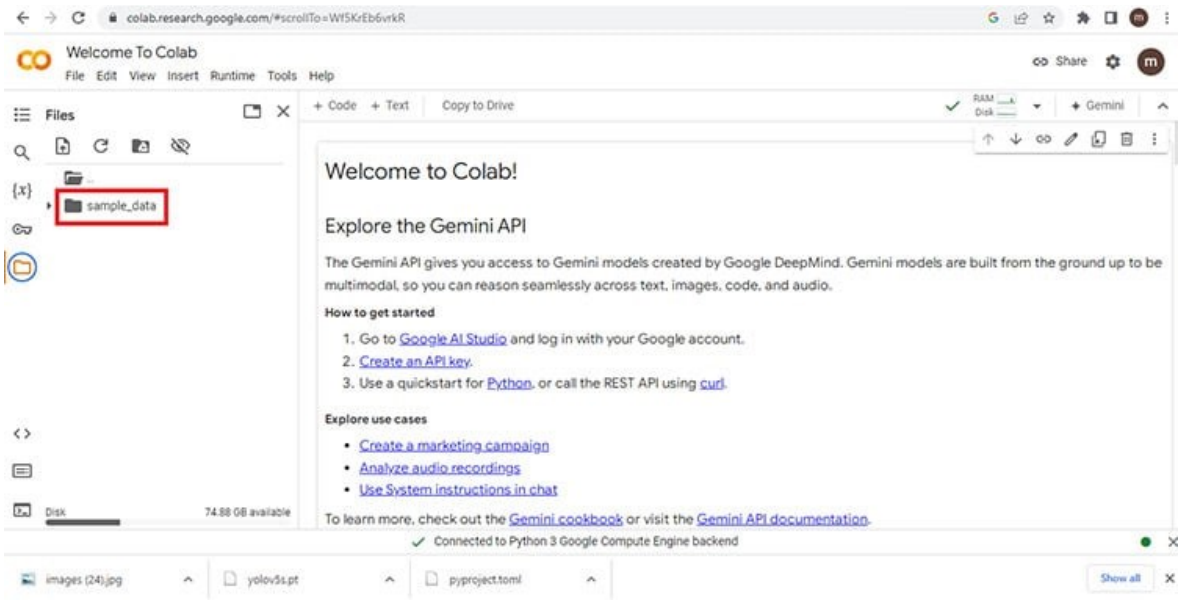


Рисунок 3.5 – Папка для формування наборів зображень

Наступний крок полягає у налаштування середовища виконання. При формуванні наборів даних і навчанні моделі штучного інтелекту комп'ютерної системи виявлення небезпеки для слабозрячих людей необхідно змінити середовище виконання на GPU. Для цього потрібно спочатку перейти на вкладку «Середовище виконання», як показано на рис. 3.6.

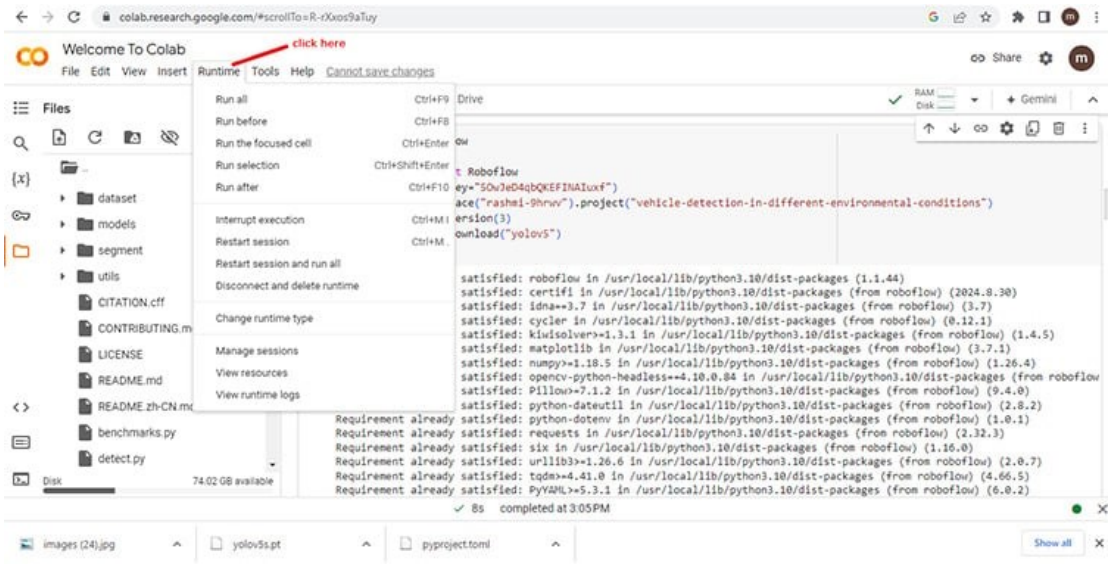


Рисунок 3.6 – Перехід на вкладку Runtime

Обравши пункт меню «Змінити тип середовища виконання» можна обрати потрібне середовище виконання моделі (рис. 3.7). На ньому потрібно поставити позначку T4 GPU і натиснутись «Зберегти».

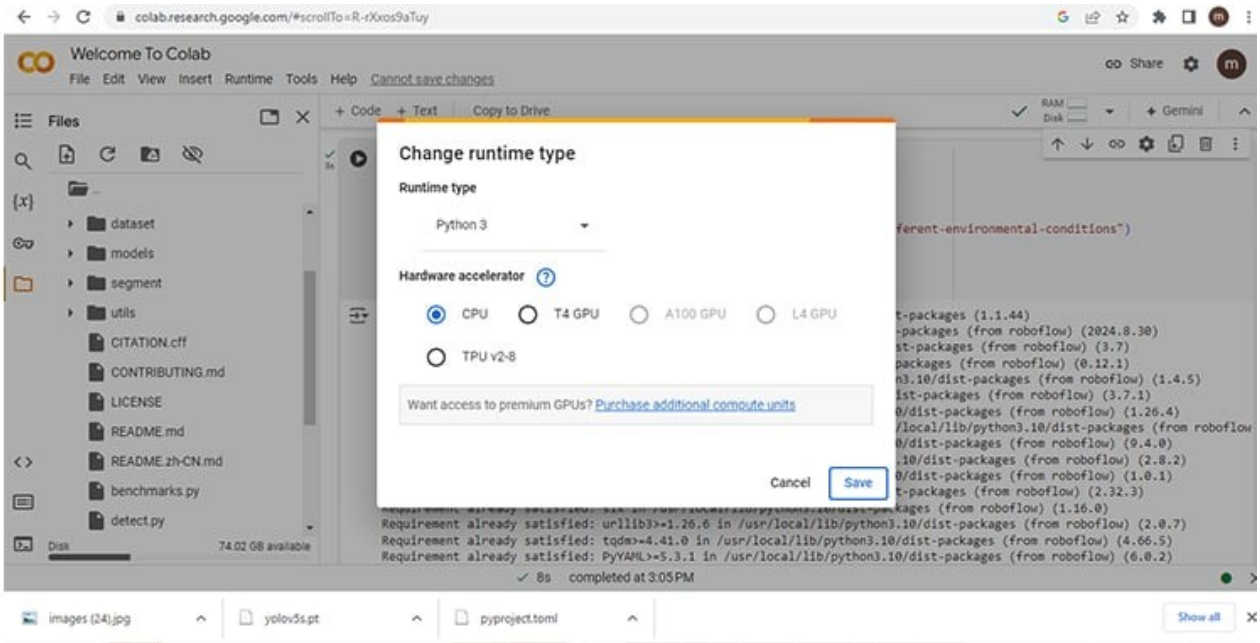


Рисунок 3.7 – Зміна середовища виконання

Під середовищем потрібно розуміти середовище Python, що працює на ОС Linux. Далі потрібно клонувати репозиторій yolov5 з GitHub у цьому середовищі. Для цього натисніть кнопку «+Code», як показано на рис. 3.8.

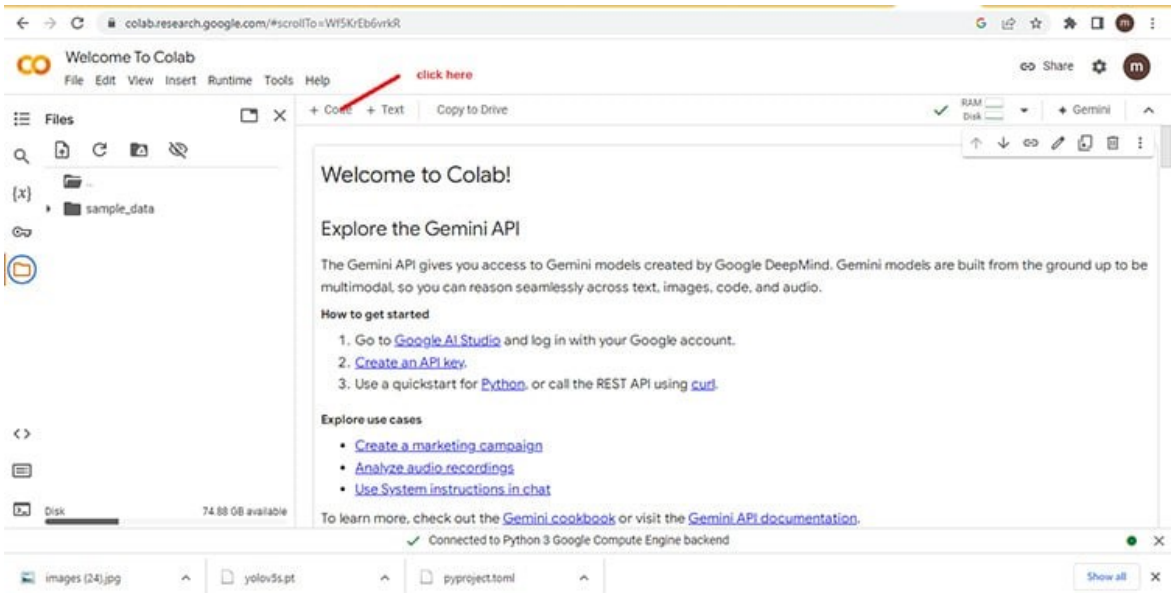


Рисунок 3.8 – Початок процесу клонування репозиторію

Для клонування репозиторію у текстовому полі потрібно написати код як показано на рис. 3.9.

```
!git clone https://github.com/ultralytics/yolov5.!git
%cd yolov5
```

Рисунок 3.9 – Клонування репозиторію YOLO v5

Результат клонування репозиторію представлено на рис. 3.10.

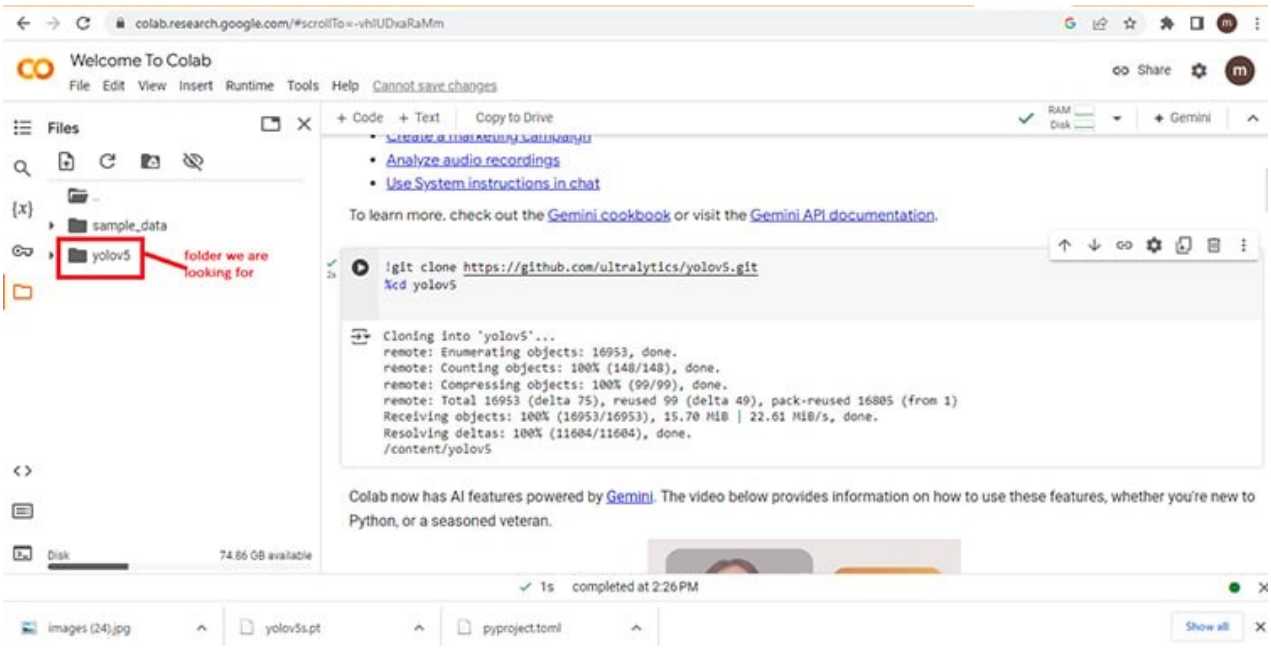


Рисунок 3.10 – Результат клонування

Наступний крок полягає у завантаженні набору даних з платформи roboflow.

Приклад завантаження набору даних, які в подальшому будуть використовуватися при виявленні транспортних засобів при різних станах навколишнього середовища представлено на рис. 3.11.

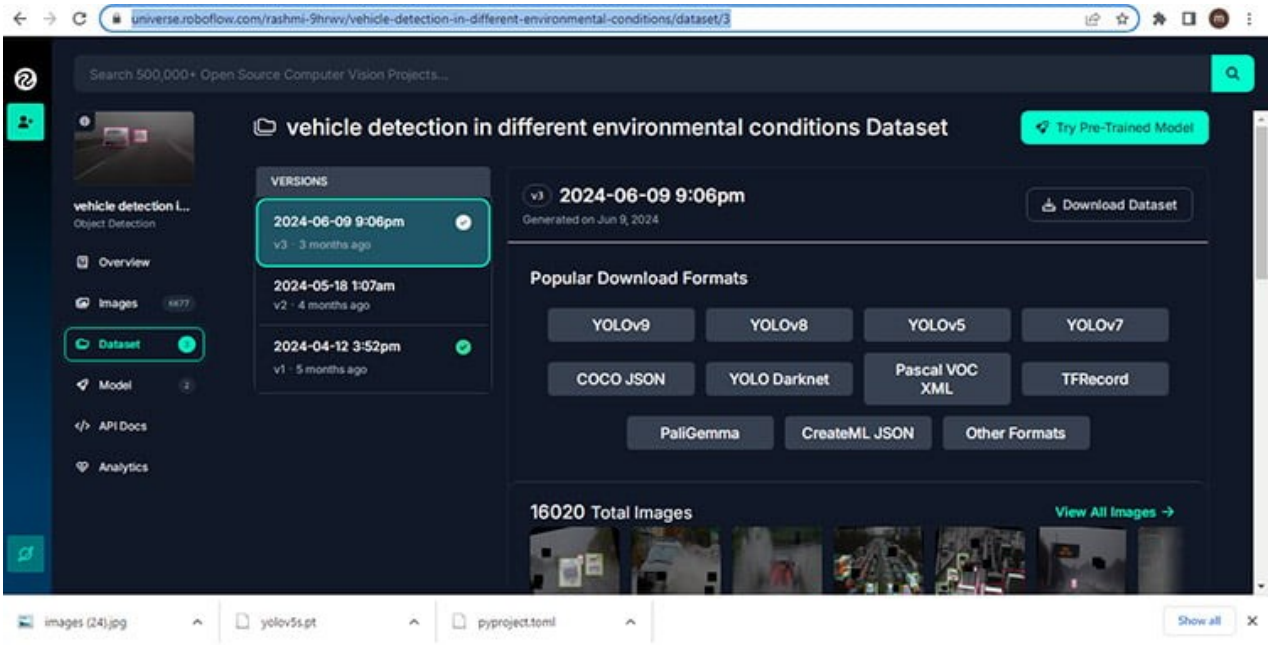


Рисунок 3.11 – Приклад завантаження набору зображень з roboflow

Після вказання облікових даних відбудеться завантаження моделі і набору зображень, які необхідно зберегти на локальному диску. Для налаштування користувацьких параметрів, які в подальшому будуть використані при навчанні і тестуванні у комп'ютерній системі виявлення небезпеки для слабозрячих людей потрібно буде скопіювати програмний код, як проілюстровано на рис. 3.12 та рис. 3.13.

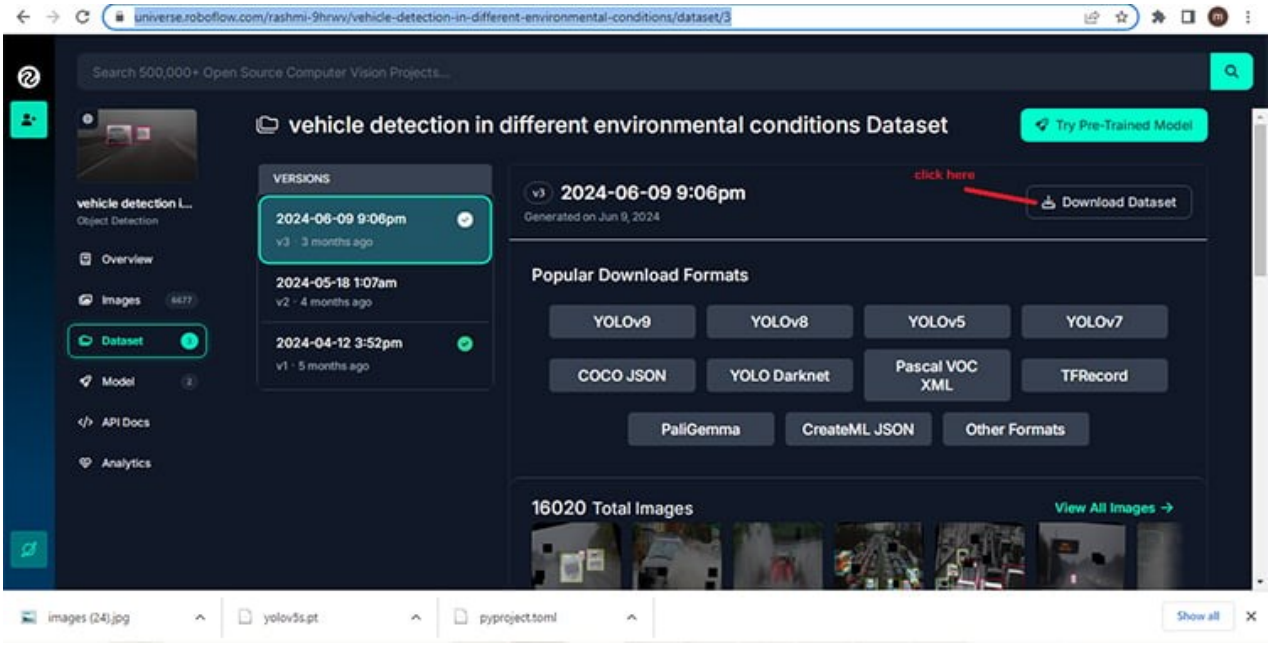


Рисунок 3.12 – Завантаження коду з Roboflow

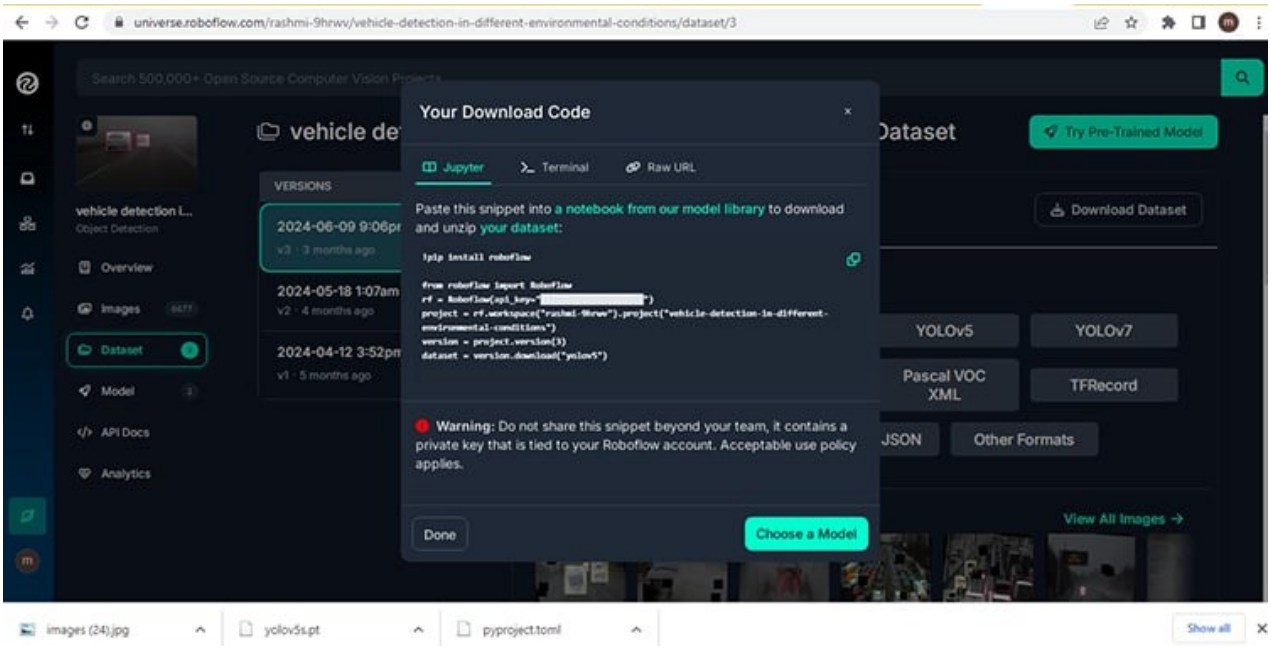


Рисунок 3.13 – Копіювання програмного коду моделі розпізнавання об’єктів

Наступна ітерація передбачає перехід до вікна «google colab» та вставки коду у текстовий рядок, як показано на рис. 3.14.

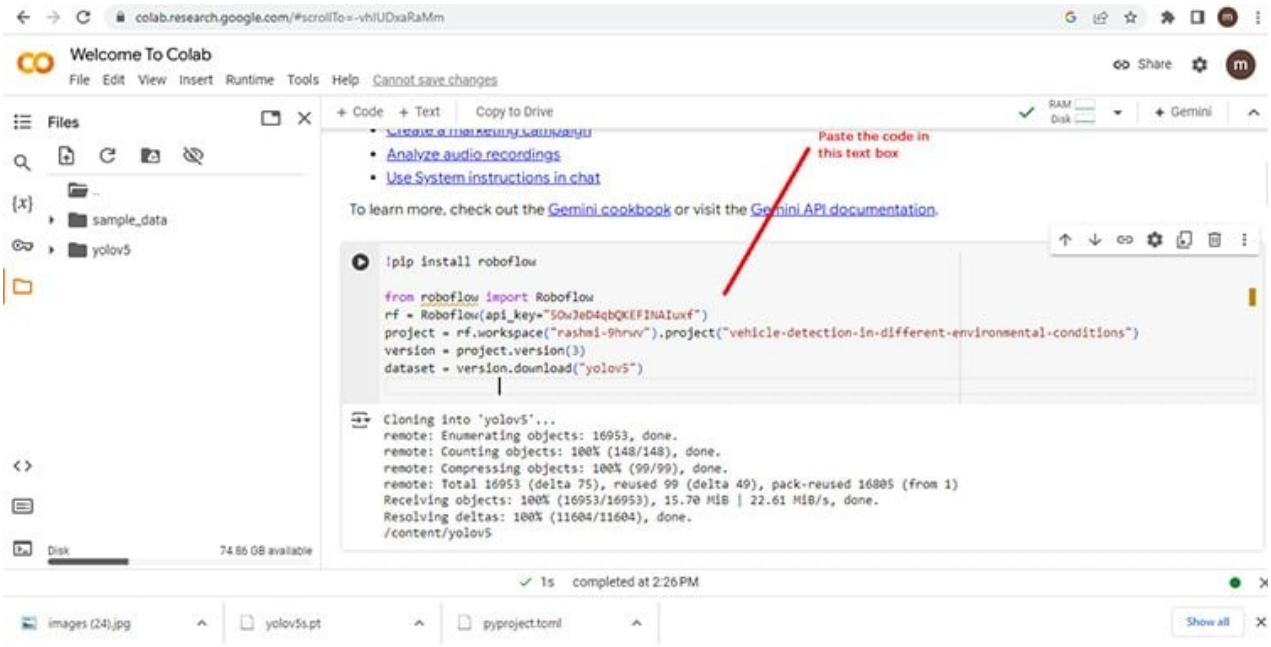


Рисунок 3.14 – Вставка коду з Roboflow

Для виконання оновленого програмного коду потрібно натиснути кнопку відтворення, а для того, щоб побачити вміст папки yolov5 – потрібно її обрати. Вміст yolov5 проілюстровано на рис. 3.15.

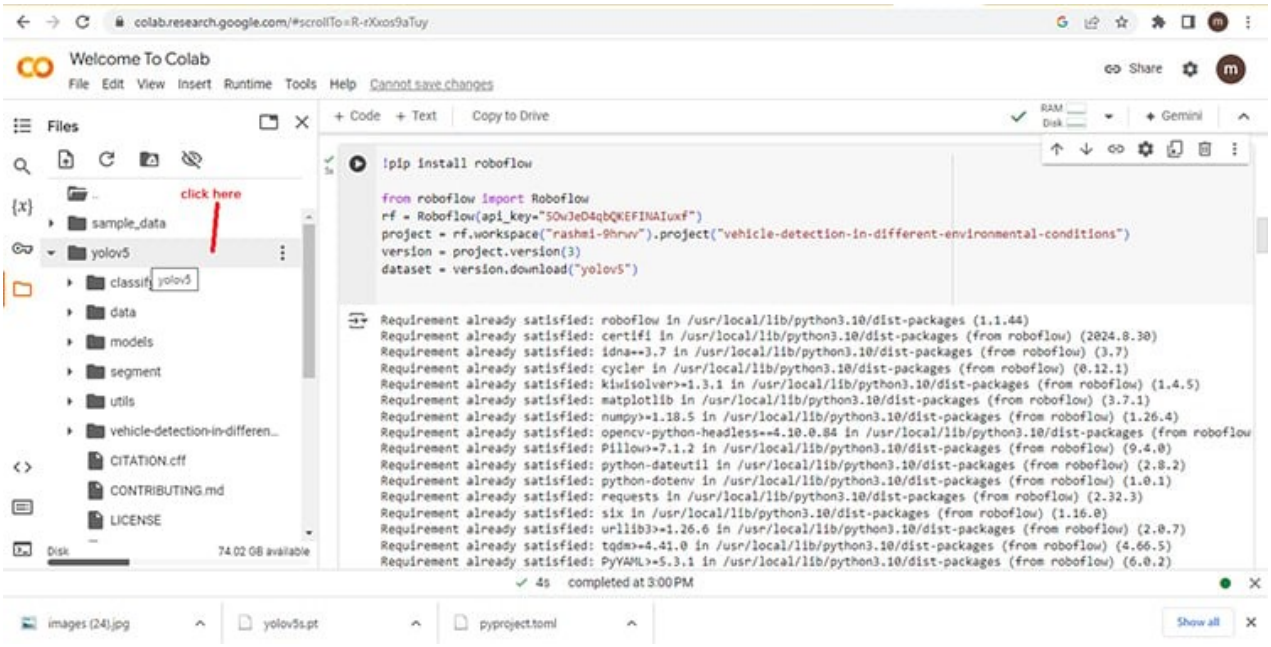


Рисунок 3.15 – Вміст папки yolov5

Далі потрібно здійснити перехід до папки «vehicle-detection-in-different» та переіменувати її на «dataset». Усередині цієї папки потрібно натиснути на 'data.yaml' для редагування, як показано на рис. 3.16.

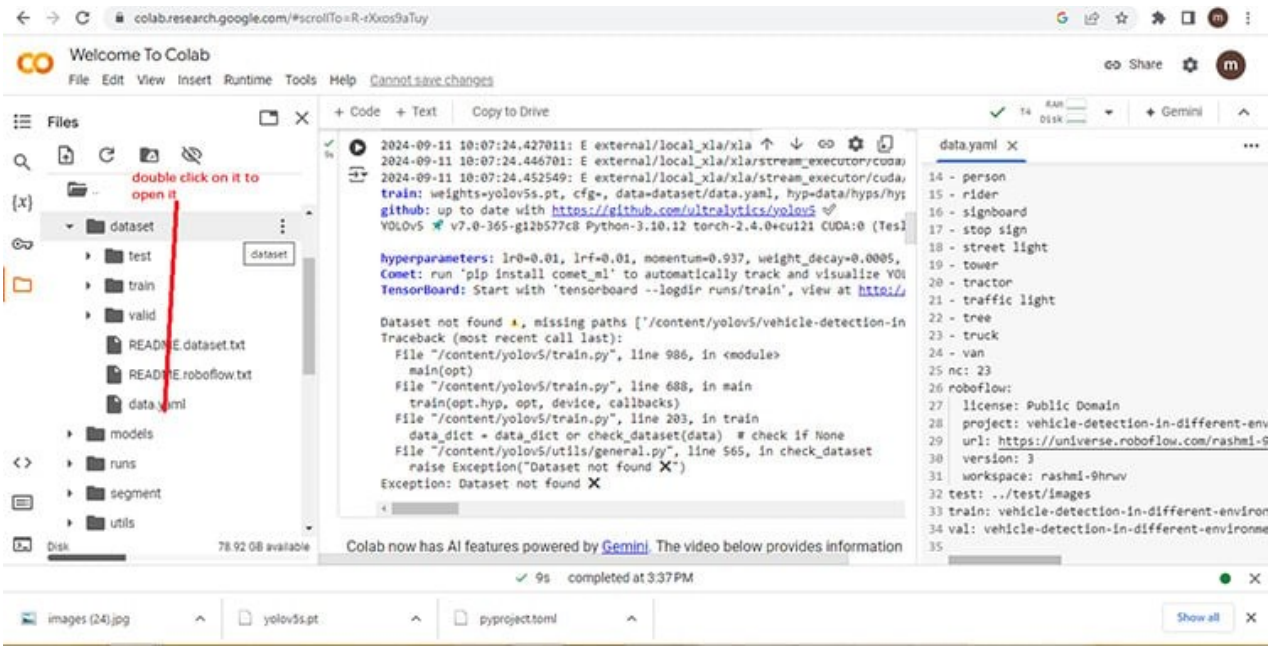


Рисунок 3.16 – Структура файлу 'data.yaml'

У даному файлі потрібно внести зміни як показано на рис. 3.17 з метою включення режиму навчання та режиму тестування.

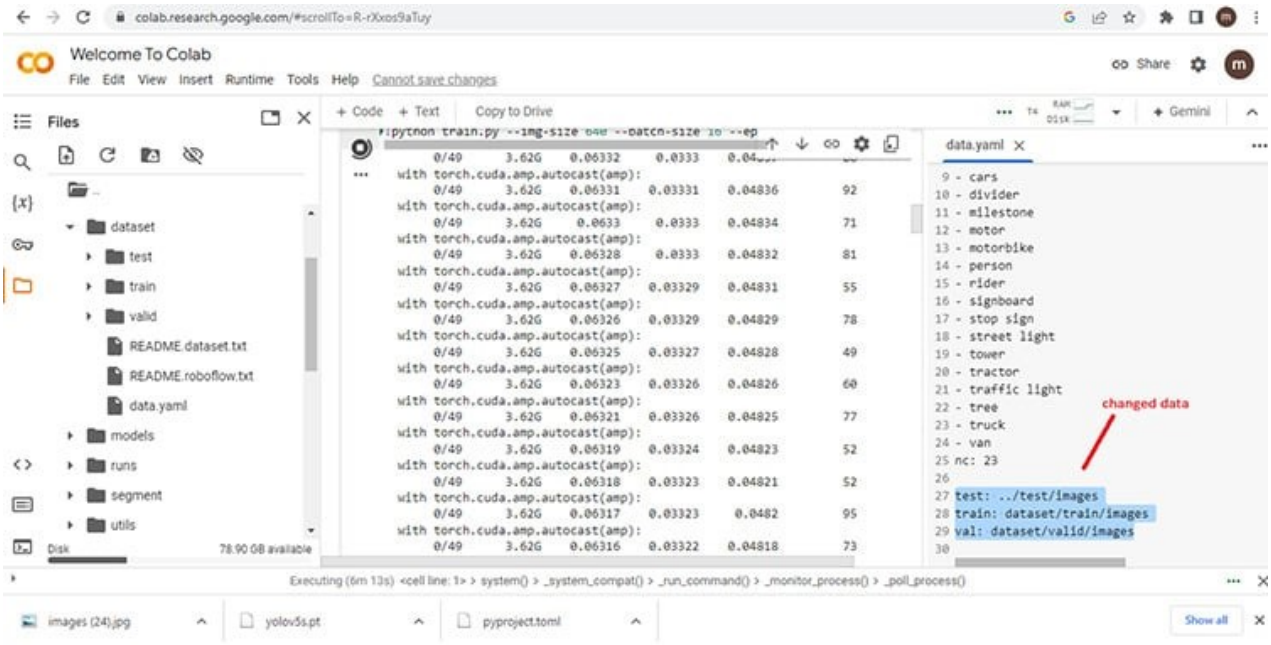


Рисунок 3.17 – Адаптація файлу 'data.yaml'

Після цього необхідно ввести команду у текстовому полі, як показано на рис. 3.18.

```
!python train.py --img-size 640 --batch-size 16 --epochs 50 --data dataset/data.yaml --weights yolov5s.pt --cache
```

Рисунок 3.18 – Запуск модуля для навчання нейронної мережі

Після виконання команди (рис. 3.18) у папці yolov5 буде створено файл з назвою yolov5s.pt. Це модель нейронної мережі для виявлення об'єктів, який потрібно завантажити на локальний диск.

## 3.3 Конвертація моделі PyTorch у модель ONNX та KMODEL

Забезпечення можливості функціонування системи виявлення небезпеки для слабозрячих людей в режимі реального передбачає необхідність конвертації моделі PyTorch у модель ONNX для компілятора nncase. Це пов’язано з тим, що здебільшого Python, який використовується на ПК, не оновлюється, що в свою чергу створює багато проблем. З цієї причини доцільно використовувати Google Colab для компіляції більшої частини програми.

Для цього спочатку потрібно відкрити Google Colab, обрати відповідну папку з кодом програми, як показано на рис. 3.19.

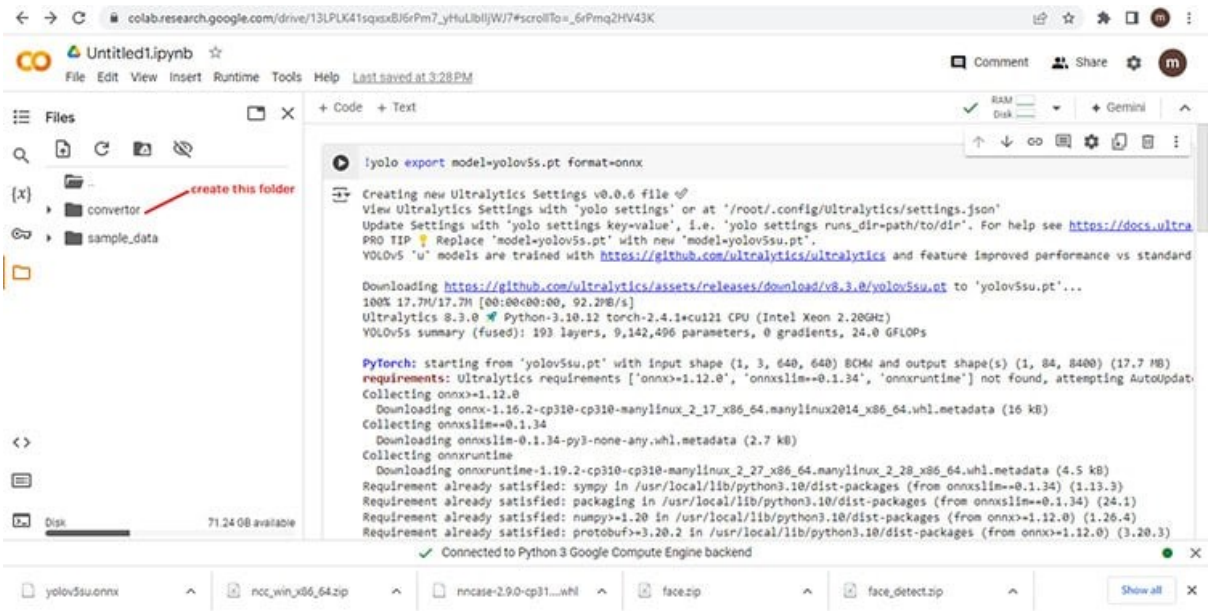


Рисунок 3.19 – Вибір папки з кодом програми розпізнавання

Наступна ітерація передбачає завантаження файлу моделі тензорного потоку штучного інтелекту з назвою *.pt у папку конвертера ( рис. 3.20).

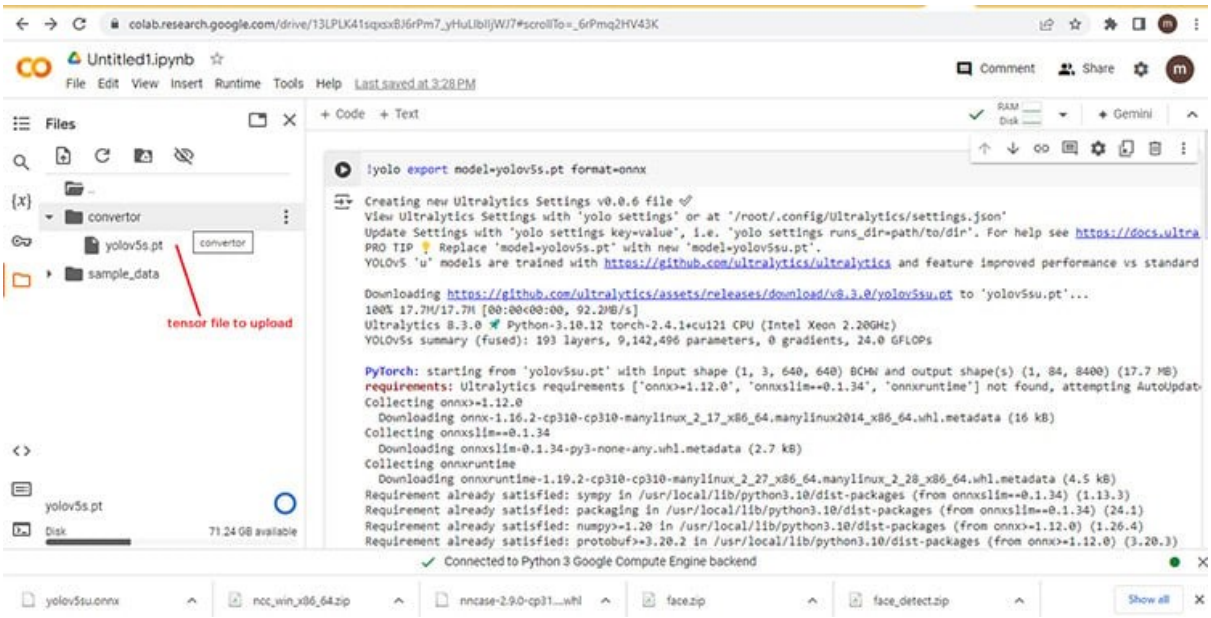


Рисунок 3.20 – Завантаження файлу моделі

Далі необхідно завантажити файл з назвою «yolov5su.onnx» на локальний диск для конвертації моделі *.onnx у *.kmodel для системи k210. Для цього спочатку потрібно встановити та налаштувати Google Colab у форматі nnc застосувавши компілятор нейронної мережі для конвертації *.onnx-моделі у *.kmodel для k210. Щоб виконати конвертацію потрібно запустити програмний код, який показаний на рис. 3.21. Для цього напишіть наступну команду в клітинку коду та виконайте її.

```
! git clone https://github.com/kendryte/nncase.git
! cd nncase && git lfs pull
```

Рисунок 3.21 – Конвертація моделі *.onnx у *.kmodel

При виконанні команди, показаної на рис. 3.21 файл nncase.git буде завантажено на локальний диск Google Colab. Наступний крок полягає у встановленні бібліотек та налаштуванні середовища Python. Для цього виконуються команди, представлені на рис. 3.22.

```
!pip install --upgrade pip
!pip install nncase --timeout=1000
!pip install nncase-kpu --timeout=1000
!pip install onnx onnxsim scikit-learn
# # nncase-2.x need dotnet-7
# # Ubuntu use apt to install dotnet-7.0 (The docker has installed dotnet7.0)
!sudo apt-get install -y dotnet-sdk-7.0
```

Рисунок 3.22 – Інсталяція бібліотек Python

Після успішного встановлення бібліотек Python, які необхідні для функціонування системи виявлення та розпізнавання небезпеки для слабозрячих людей потрібно встановити середовища для ncc. Такий крок передбачає виконання програмного коду, який проілюстрований на рис. 3.23. і забезпечує налаштування середовища виконання моделі штучного інтелекту.

```
import os
import sys
import subprocess
result = subprocess.run(["pip", "show", "nncase"], capture_output=True)
split_flag = "n"
if sys.platform == "win32":
split_flag = "rn"
location_s = [i for i in result.stdout.decode().split(split_flag) if i.startswith("Location:")]
location = location_s[0].split(": ")[1]
if "PATH" in os.environ:
os.environ["PATH"] += os.pathsep + location
else:
os.environ["PATH"] = location
```

Рисунок 3.23 – Налаштування середовища Python

Коли вже проінстальовано усі бібліотеки та налаштовано середовище Python виконується налаштування параметрів компіляції та моделі квантування (PTQ). Програмний код даних процедур представлено у додатку Б та додатку В. Завершальним етапом реалізації програмного забезпечення є завантаження моделі onnx у каталог контенту, як показано на рис. 3.24.

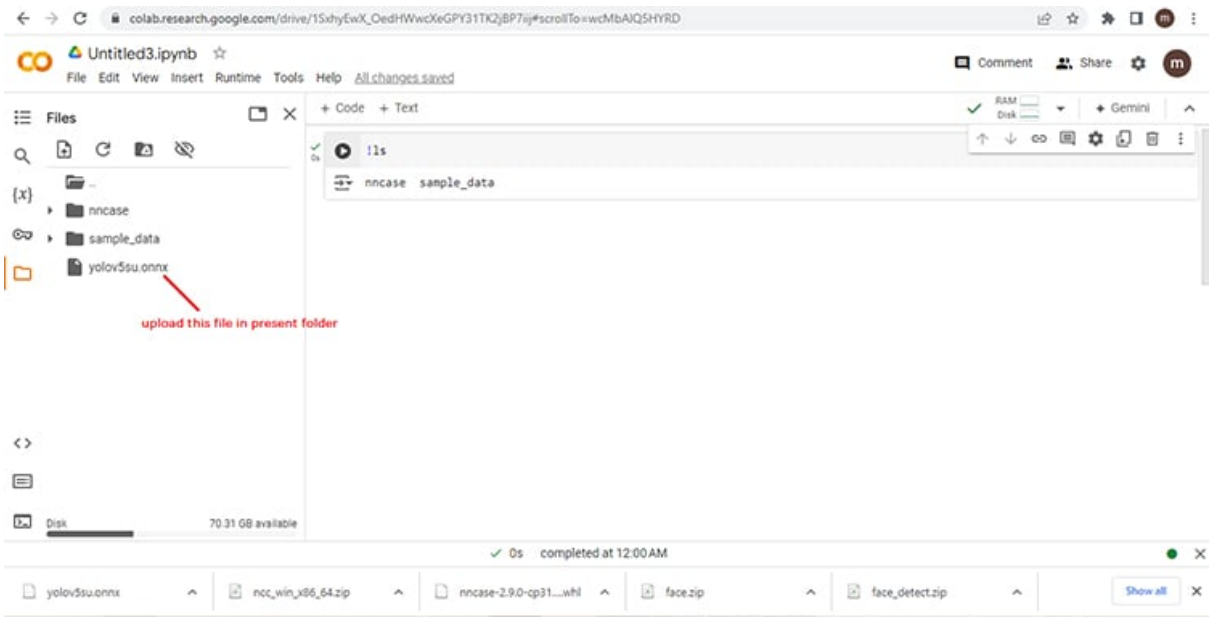


Рисунок 3.24 – Завантаження моделі onnx

Таким чином, виконуючи наведені вище інструкції щодо створення і конвертації моделі YOLO v5 для апаратного виконання на мікроконтролері MAiXDUINO забезпечено розпізнавання об’єктів небезпеки для слаюозрячих людей.

# РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

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

Сучасний рівень розвитку техніки означає високий рівень використання різноманітної радіоелектронної апаратури. В основному всю радіоапаратуру розділено 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 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. Несприятливий 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 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 мають надійну ізоляцію, а на випадок короткого замикання чи інших аварійних режимів в електричній схемі блоку живлення передбачено 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;

– 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 забезпечує 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

7,74x10 А/кг, що відповідає еквівалентній дозі, рівної 0,1 мбер/година (100 мкр/годину) [17].

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.

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.

Розглянувши роботу лазерного принтера, можна виділити такі його шкідливі та небезпечні фактори за порядком їх проявлення в розглянутому вище процесі друкування:

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

Для захисту людини від шкідливого впливу електромагнітних полів приймаються 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.

ДСТУ EN 61000-4-3:2019 “Електромагнітні поля радіочастот” охоплює діапазон частот 60 кГц-300МГц. Він встановлює, що оцінка ЕМП в діапазоні 60 кГц-300МГц 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. Допускається перевищення цих стандартів, але не більше ніж двократне, при скороченні робочого дня не менш як на 50% [17].

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$^2$.

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 є [17]:

– зменшення щільності потоку енергії, якщо дозволяє даний технологічний процес або обладнання;

– захист часом (тобто обмеження часу знаходження у зоні джерела електромагнітного поля);

– 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 забезпечено таким чином, щоб інтенсивність опромінення була мінімальною. Окрім цього, потрібно також зменшити час перебування персоналу у зоні опромінення. Потужність джерел випромінювання є найменшою з можливих.

## 4.2 Метрологічне забезпечення безпеки життєдіяльності

Метрологічне забезпечення безпеки життєдіяльності — це сукупність наукових, технічних і організаційних заходів, що забезпечують єдність, достовірність і необхідну точність вимірювань небезпечних та шкідливих чинників у середовищі життєдіяльності людини [20].

Ці заходи спрямовані на підвищення ефективності контролю за умовами праці, навколишнього середовища та технічного стану об’єктів, що впливають на здоров’я і безпеку людини.

Основою сучасного метрологічного забезпечення в Україні є Закон України "Про метрологію та метрологічну діяльність" (від 5 червня 2014 року № 1314-VII), а також чинні національні стандарти, які узгоджені з міжнародними та європейськими нормами, зокрема:

– ДСТУ EN ISO 10012:2005 – Системи керування вимірюваннями. Вимоги до процесів і вимірювального обладнання;

– ДСТУ ISO 9001:2015 – Системи управління якістю. Вимоги;

– ДСТУ ISO/IEC 17025:2017 – Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій;

– СОУ-Н МНС 75.2-00013528-003:2007 – Вимоги до вимірювань у сфері цивільного захисту.

Метрологічне забезпечення охоплює розробку методик вимірювання, вибір засобів вимірювальної техніки, калібрування, а також оцінку відповідності параметрів фактичного середовища встановленим гігієнічним нормам [18].

Одним із основних принципів метрології у сфері безпеки життєдіяльності є вимірювання саме тих параметрів, які можуть бути кількісно оцінені – температури, освітленості, вібрацій, рівня шуму, іонізуючого випромінювання, газового складу повітря тощо. Для цього використовуються сертифіковані засоби вимірювальної техніки, включені до Державного реєстру засобів вимірювальної техніки України.

У той же час слід уникати необґрунтованих вимог до точності, оскільки надмірна точність:

– підвищує вартість приладів і їх обслуговування;

– знижує доступність технічних засобів;

– ускладнює проведення вимірювань у польових умовах.

Тому критично важливо встановлювати економічно і технічно обґрунтовані межі похибки, виходячи з реальних ризиків для здоров’я та адаптивних можливостей організму [20].

Значна частина чинних санітарно-гігієнічних норм, як і раніше, не містить чітких вимог до метрологічних характеристик методів контролю, що знижує точність оцінювання безпечності середовища.

Сучасний підхід до вимірювання небезпечних і шкідливих чинників включає поняття дозиметрії, не лише у сфері радіаційної безпеки, а й щодо віброакустичних, електромагнітних і температурних впливів. У цьому контексті метрологія виступає як комплексна система:

– вимірювання – отримання достовірних даних про чинники впливу;
– оцінка – аналіз результатів у контексті нормативних меж;
– прийняття рішень – обрання дій щодо усунення або мінімізації ризиків.

Метрологічне забезпечення є ключовим елементом системи управління безпекою життєдіяльності, що забезпечує реальне функціонування принципу превентивного контролю ризиків на основі об'єктивних вимірювальних даних.

Одним із ключових завдань метрології у сфері безпеки життєдіяльності є створення ефективних методик контролю небезпечних та шкідливих факторів на робочих місцях, у транспорті, навчальних, лікувальних та побутових закладах. Наприклад, рівень шуму, освітлення, вібрацій, концентрації шкідливих газів (CO, $NO_2$, $O_3$ тощо), радіаційний фон, а також параметри мікроклімату (температура, вологість, швидкість руху повітря) повинні вимірюватися з урахуванням діючих нормативів і меж допустимого впливу на людину.

У сучасних умовах швидкого розвитку технологій все більше застосування знаходять інтелектуальні сенсорні системи, що забезпечують неперервний моніторинг параметрів середовища в режимі реального часу. Такі системи, особливо на базі IoT-пристроїв, дозволяють не лише фіксувати відхилення від норми, а й автоматично генерувати повідомлення, сигнали тривоги або навіть запускати алгоритми локального реагування (вентиляція, евакуація тощо) [20].

З метою забезпечення достовірності вимірювань у сфері безпеки життєдіяльності проводиться повірка та калібрування засобів вимірювання, які повинні відповідати вимогам Національної метрологічної служби України (НМІ) згідно з положеннями закону «Про метрологію». Виробники зобов’язані

забезпечувати супровідну технічну документацію, сертифікати відповідності, протоколи калібрування або метрологічну атестацію приладів [20].

Окрему роль у метрологічному забезпеченні відіграє інтерпретація результатів вимірювань. Недостатньо просто отримати числове значення — необхідно вміти співвіднести його з допустимими межами впливу, врахувати похибку приладу, умови вимірювання та особливості сприйняття чинника людиною. Наприклад, рівень ультразвукових або інфразвукових коливань може бути нижчим за поріг сприйняття, але мати довготривалий вплив на організм.

У рамках практичного використання метрологічних підходів у безпеці життєдіяльності важливо не лише мати відповідні прилади, а й сформувати культуру вимірювання у фахівців. Це стосується як уміння працювати з вимірювальними системами, так і розуміння значення результатів. З огляду на це, важливо впроваджувати навчальні програми, тренінги та стандартизовані методичні рекомендації.

Крім того, у контексті цифрової трансформації, метрологія все частіше інтегрується з IT-системами для збору, передачі та зберігання результатів вимірювання. Це створює нові виклики – необхідність забезпечення інформаційної безпеки, захисту даних, резервного копіювання, а також стандартів на формат зберігання метрологічної інформації. У цьому контексті актуальним є застосування цифрових калібрувальних сертифікатів, що дозволяють автоматично перевіряти відповідність засобів вимірювань чинним стандартам [20].

Метрологічне забезпечення — це не лише технічна складова, а система управління якістю та безпекою, яка безпосередньо впливає на добробут і здоров’я людини. Його ефективність визначає рівень техногенної безпеки, дозволяє мінімізувати ризики та приймати обґрунтовані рішення у критичних ситуаціях. Саме тому метрологія залишається пріоритетним напрямом державної політики у сфері охорони праці, здоров’я і довкілля.

# ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи досягнуто поставленої мети – створено функціональну комп’ютерну систему, яка забезпечує виявлення об’єктів у навколишньому середовищі, класифікацію їхньої природи, визначення просторового положення та напрямку руху, а також генерацію голосових повідомлень для користувача.

Розроблена система базується на мікроконтролері SIPEED Maixduino, оснащеному камерою, дисплеєм і звуковим виходом, що дозволяє здійснювати аналіз зображення в реальному часі та надавати голосову інформацію про наявність пішоходів, транспорту, дорожніх знаків та інших об’єктів. Застосування моделі YOLOv5 Tiny дало змогу досягти оптимального співвідношення між точністю розпізнавання та швидкодією, що є критично важливим у мобільних системах.

Система продемонструвала стабільну роботу та високий потенціал для подальшого вдосконалення. Зокрема, у перспективі можливе розширення функціоналу за рахунок інтеграції модулів GPS-навігації, зворотного зв’язку, а також розпізнавання мови користувача для двосторонньої взаємодії.

Отримані результати свідчать про доцільність подальших досліджень у напрямку розвитку доступних засобів орієнтації для людей з вадами зору, що базуються на сучасних досягненнях штучного інтелекту та вбудованих систем.

# СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ


1. Андрущенко В. П. Штучний інтелект: проблеми, методи, застосування. Київ: Наука, 2020. 288 с.
2. Романчук В. М. Вбудовані системи в реальному часі: навч. посіб. Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2021. 172 с.
3. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. Cambridge: MIT Press, 2016. 775 p.
4. Redmon J., Farhadi A. YOLOv3: An Incremental Improvement [Електронний ресурс]. arXiv:1804.02767 [cs.CV]. 2018. URL: https://arxiv.org/abs/1804.02767 (дата звернення: 01.06.2025 р.)
5. Jocher G. YOLOv5 by Ultralytics [GitHub repository]. 2020–2024. URL: https://github.com/ultralytics/yolov5 ((дата звернення: 01.06.2025 р.))
6. MaixPy Documentation – SIPEED Official Site [Електронний ресурс]. 2024. URL: https://maixpy.sipeed.com/en/ (дата звернення: 04.06.2025 р.)
7. Speech Synthesis Markup Language (SSML) Specification. W3C. 2022. URL: https://www.w3.org/TR/speech-synthesis/ (дата звернення: 04.06.2025 р.)
8. OpenCV Documentation. Open Source Computer Vision Library. 2024. URL: https://docs.opencv.org/ (дата звернення: 07.06.2025 р.)
9. BlindAid – Assistive Technologies for the Visually Impaired: A Review / S. R. Ali, M. H. Sadaqat та ін. Journal of Rehabilitation and Assistive Technologies Engineering. 2022. Vol. 9.
10. Гнатюк С. О. Комп’ютерне зір у розпізнаванні об'єктів: методи та інструменти. Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика та обчислювальна техніка. 2021. № 2. С. 41–48.
11. World Health Organization. World Report on Vision. Geneva: WHO Press, 2019. 182 p.
12. Паламар М.І., Стрембіцький М.О., Паламар А.М. Проектування комп’ютеризованих вимірювальних систем і комплексів. Навчальний посібник. Тернопіль: ТНТУ. 2019. 150 с.

13. Жаровський Р.О., Тиш Є.В., Осухівська Г.М., Паламар А.М., Тиш Є.В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра для розроблені у відповідності з освітньою програмою «Комп'ютерна інженерія» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія» галузі знань 12 «Інформаційні технології». Тернопіль, ТНТУ. 2024. 39 с.

14. Плахтій О.С. Проєктування систем автоматизації з використанням Arduino. Навчальний посібник. Київ: Видавничий дім «Центр учбової літератури», 2020. 168 с.

15. Войцеховський А.А. Мікроконтролери та периферійні пристрої: проектування та програмування. Львів: Афіша, 2019. 284 с.

16. НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями». Київ. 2018.

17. Катренко Л.А., Катренко А.В. Охорона праці в галузі комп'ютинґу. Львів: Магнолія-2006. 2012. 544 с.

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

19. Методичні вказівки для написання розділу «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці» в кваліфікаційних роботах здобувачів освітнього рівня ,,бакалавр". Для студентів всіх форм навчання рівень вищої освіти перший (бакалаврський ) / укл. : О. Я. Гурик , І. Б. Окіпний. Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 20 с.

20. Безпека життєдіяльності: навч. посіб. / Т.Є. Стиценко, Г.В. Пронюк, Н.М. Сердюк, І.І. Хондак. Харків: ХНРУЕ, 2018. 336 с.

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.

“___” _____2025 р

КОМП’ЮТЕРНА СИСТЕМА ВИЯВЛЕННЯ НЕБЕЗПЕКИ ДЛЯ СЛАБОЗРЯЧИХ ЛЮДЕЙ

# ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на _*15*_ листках

**Вид робіт:** Кваліфікаційна робота

**На здобуття освітнього ступеня «Бакалавр»**

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

| «УЗГОДЖЕНО» | «ВИКОНАВЕЦЬ» |
|---|---|
| Керівник кваліфікаційної роботи | Студент групи СІ-42 |
| _____ к.т.н., доц. Жаровський Р.О. | _____ Калігор М.М. |
| «____» _____ 2025 р. | «____» _____ 2025 р. |

**Тернопіль 2025**

# 1 Загальні відомості

## 1.1 Повна назва та її умовне позначення

Повна назва теми кваліфікаційної роботи: «Комп’ютерна система виявлення небезпеки для слабозрячих людей».

Умовне позначення кваліфікаційної роботи: КС КРБ 123.220.00.00

## 1.2 Виконавець

Студент групи СІ-42, факультету комп’ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедри комп’ютерних систем та мереж, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Калігор Михайло Михайлович.

## 1.3 Підстава для виконання роботи

Підставою для виконання кваліфікаційної роботи є наказ по університету (№4/7-53 від 27.01.2025 р.)

## 1.4 Планові терміни початку та завершення роботи

Плановий термін початку виконання кваліфікаційної роботи – 27.01.2025 р.

Плановий термін завершення виконання кваліфікаційної роботи – 18.06.2025 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’ютерна система виявлення небезпеки для слабозрячих людей розробляється як «розумна система» навігаційної підтримки користувачів з порушенням зору та є інноваційним рішенням, що поєднує сучасні технології комп’ютерного зору, штучного інтелекту та мовного озвучення для створення безпечного середовища пересування. Для досягнення безпечної навігації у міському просторі система реалізує алгоритми розпізнавання об'єктів на основі моделі YOLOv5 Tiny, що забезпечує ефективне виявлення динамічних та статичних об’єктів, які можуть становити небезпеку для користувача. Система виконує ідентифікацію об’єктів, визначення їх розташування у полі зору, а також напрямку руху, що дозволяє вчасно попередити про загрозу та уникнути зіткнення або потрапляння у небезпечну ситуацію.

Окрім функцій виявлення та голосового попередження про об’єкти, комп’ютерна система має забезпечувати просторову орієнтацію користувача шляхом

озвучення ключових елементів середовища — таких як транспорт, пішоходи, дорожні знаки, світлофори, знаки об’їзду або ремонтні зони. Такий підхід дозволяє не лише покращити рівень автономності сліпої або слабозорої особи, але й забезпечити їй доступ до критичної інформації про зміни в оточенні, що недоступні традиційним методам орієнтації. Система спрямована на підвищення безпеки пересування, зменшення стресу, пов’язаного з орієнтацією у просторі, та інтеграцію осіб з вадами зору в активне суспільне життя.

Комп’ютерна система виявлення небезпеки для слабозрячих людей призначена для автоматичного розпізнавання об’єктів, які перебувають у зоні руху користувача. Таке розпізнавання необхідне для оперативного інформування слабозорої особи про наявність потенційно небезпечних об’єктів, таких як автомобілі, мотоцикли, пішоходи, перешкоди або дорожні конструкції. Система має також забезпечити голосове сповіщення про положення та динаміку об’єкта, наприклад: «ліворуч рухається велосипед», «попереду нерухомий автомобіль» тощо.

Ідентифікація об’єктів реалізується із застосуванням алгоритмів глибинного навчання, а саме нейромережевої моделі YOLOv5 Tiny, яка завантажується на вбудовану платформу SIPEED Maixduino. Як джерело зображення використовується камера, сумісна з мікроконтролером, яка забезпечує відеопотік у реальному часі. Голосове повідомлення генерується модулем синтезу мовлення, після чого передається користувачу через динамік або навушники. Таким чином, система формує замкнутий цикл виявлення — інтерпретації — інформування, спрямований на оперативне прийняття рішень слабозорою особою під час пересування в реальному середовищі.

## 2.2 Мета створення системи

Основна ціль побудови комп’ютерної системи виявлення небезпеки для слабозрячих людей полягає у підвищенні рівня безпеки та автономності осіб з порушенням зору шляхом впровадження інтелектуальної навігаційної підтримки на

основі виявлення об’єктів у навколишньому середовищі та голосового інформування користувача про потенційні загрози.

Досягнення мети роботи можливе при розв’язанні сукупності наступних задач:

– проведення аналізу сучасних систем допомоги для сліпих і слабозрячих осіб, зокрема інтелектуальних засобів орієнтації у просторі;

– розробка структурної та функціональної архітектури комп’ютерної системи, орієнтованої на виявлення об’єктів та озвучення інформації про них у режимі реального часу;

– обґрунтування вибору апаратного забезпечення (плати SIPEED Maixduino, камери, дисплея, модуля звукового виводу);

– розробка електричної схеми підключення основних компонентів системи;

– реалізація програмного забезпечення для захоплення відео, розпізнавання об’єктів (на основі моделі YOLOv5 Tiny), формування текстових повідомлень і перетворення їх у мовлення;

– проведення тестування розробленої системи та оцінка її функціональної придатності, точності виявлення і швидкодії.

## 2.3 Характеристика об'єкту

Комп’ютерна система, яка проєктується у межах цієї кваліфікаційної роботи, є прикладом сучасного технічного рішення, орієнтованого на підвищення мобільності та безпеки людей із порушенням зору. Система інтегрує технології комп’ютерного зору, глибинного навчання, вбудованих мікроконтролерів та синтезу мовлення, що дозволяє класифікувати її як інтелектуальну допоміжну систему для персонального користування в умовах відкритого середовища.

Основною характеристикою системи є її здатність у реальному часі виявляти об’єкти у полі зору користувача, зокрема, транспортні засоби, пішоходів, знаки дорожньої інфраструктури або інші перешкоди, – визначати їхнє положення (ліворуч,

праворуч, по центру) та напрям руху, а також озвучувати відповідну інформацію через звуковий канал.

Для реалізації цих функцій у системі використовується компактна плата SIPEED Maixduino, до якої підключена відеокамера, LCD-дисплей та модуль звукового виводу. Камера здійснює постійне відеоспостереження за простором попереду користувача. Отримане відео передається у мікроконтролер, де обробляється за допомогою попередньо навчених моделей нейронної мережі YOLOv5 Tiny, здатної з високою точністю виконувати детекцію та класифікацію об’єктів.

Після ідентифікації об’єкта система визначає його координати в полі зору та напрямок руху (наприклад, зліва направо). Відповідно до отриманих даних формується текстове повідомлення, яке передається до синтезатора мовлення та озвучується у динаміці або навушниках користувача. Таким чином, система забезпечує безперервний цикл «виявлення – інтерпретація – інформування».

Для забезпечення стабільної роботи система також передбачає виведення службової інформації на LCD-дисплей. Крім того, може бути реалізована вібраційна сигналізація для дублювання критичних повідомлень, що підвищує доступність системи у шумному середовищі або для користувачів із поєднаними сенсорними обмеженнями.

Мікроконтролер Maixduino забезпечує достатню обчислювальну потужність для розгортання оптимізованих моделей машинного навчання, а також має периферійні інтерфейси для підключення додаткових сенсорів чи модулів розширення. Система передбачає можливість оновлення прошивки, що дозволяє з часом удосконалювати алгоритми виявлення або додавати нові функції.

Для енергозабезпечення передбачено використання автономного живлення — павербанку або акумулятора, що дає змогу користувачеві використовувати пристрій під час руху без обмежень. Управління системою реалізується через мінімальний набір кнопок: увімкнення/вимкнення, повтор повідомлення, перезавантаження.

# 3 Вимоги до системи

## 3.1 Вимоги до системи в цілому

Вимоги, що висуваються до комп’ютерної системи виявлення небезпеки для слабозрячих людей, умовно можна поділити на дві категорії: функціональні та нефункціональні. Функціональні вимоги охоплюють як апаратну частину системи (камера, плата керування, аудіоінтерфейс), так і програмне забезпечення, яке забезпечує виявлення, обробку та озвучення інформації про об’єкти в полі зору користувача. Нефункціональні вимоги, у свою чергу, стосуються зручності використання, надійності, продуктивності, енергоефективності та адаптивності системи до змін середовища.

Основними функціональними вимогами, які висуваються до комп’ютерної системи виявлення небезпеки для слабозрячих людей, є:

– можливість отримання відеопотоку в реальному часі з камери, підключеної до плати Maixduino;

– здатність виявляти та класифікувати об’єкти, що мають потенційну небезпеку: пішоходи, автомобілі, велосипеди, дорожні знаки, світлофори тощо;

– можливість визначення положення об’єкта у візуальному полі користувача: ліворуч, праворуч, по центру;

– здатність аналізувати напрямок руху об’єкта (зліва направо, справа наліво, нерухомий);

– генерація коротких і зрозумілих голосових повідомлень на основі розпізнаної інформації;

– можливість передавання повідомлень через динамік або навушники користувача;

– безперервна робота в мобільному середовищі, незалежно від зовнішніх джерел живлення (робота від акумулятора);

– здатність працювати автономно без підключення до Інтернету;

– інтеграція на LCD-дисплей службової інформації (тестування, помилки, діагностика);

– можливість ручного перезапуску системи через фізичну кнопку.

На програмному рівні комп’ютерної системи повинні бути реалізовані наступні вимоги:

– здатність виявляти об’єкти з точністю не нижче 90% у реальних умовах міського середовища;

– час реагування на появу об’єкта — не більше 2 секунд;

– оновлення голосового повідомлення з інтервалом не більшим, ніж 1,5 с при зміні ситуації;

– можливість одночасного виявлення кількох об’єктів та генерація об’єднаного повідомлення;

– логування даних про тип і кількість об’єктів, що були виявлені під час роботи системи;

– можливість конфігурації типів об’єктів, які підлягають озвученню (наприклад, ігнорування статичних знаків);

– здатність відновлення попереднього стану системи після аварійного вимкнення;

– модуль самодіагностики при запуску системи для перевірки готовності всіх компонентів (камера, аудіо, модель тощо);

– оптимізоване енергоспоживання при роботі у фоновому режимі.

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

У комп’ютерній системі виявлення небезпеки для слабозрячих людей необхідно забезпечити ефективну та стабільну взаємодію між усіма апаратними та програмними компонентами. З цією метою доцільно передбачити використання мікроконтролера, який поєднує в собі обробку відеопотоку, виконання алгоритмів виявлення об’єктів, а також координацію периферійних пристроїв для виводу інформації користувачу.

В основу апаратної архітектури покладено одноплатний контролер Maixduino, який повинен забезпечити прийом даних із відеокамери, їхню обробку з використанням нейронної мережі YOLOv5 Tiny, а також передавання результатів до модулів звукового виводу. Усі з'єднання між компонентами повинні відповідати вимогам швидкодії, надійності, а також сумісності з фізичними інтерфейсами, підтримуваними контролером.

До Maixduino фізично підключаються:

– камера, яка передає відеопотік для аналізу (через FPC-роз'єм або UART/CSI інтерфейс);

– LCD-дисплей (SPI/8-bit interface), що виконує функцію відображення службової інформації;

– аудіовихід (через ЦАП і підсилювач), що забезпечує передачу голосових повідомлень через динамік або навушники;

– кнопки ручного керування, зокрема для перезапуску або примусового переходу до режиму очікування.

У разі необхідності розширення функціоналу (наприклад, інтеграції GPS-модуля чи вібромотора), зв'язок з додатковими компонентами може здійснюватися через послідовні інтерфейси UART, I2C або SPI. Для перспективних конфігурацій допускається організація безпровідного обміну даними між окремими модулями системи (наприклад, модуль з камерою + нейромережа та автономний блок аудіоінтерфейсу) із використанням Wi-Fi або Bluetooth, вбудованих в ESP32-модуль, що входить до складу Maixduino.

### 3.1.2 Вимоги по діагностуванню системи

Діагностування комп'ютерної системи виявлення небезпеки для слабозрячих людей передбачає перевірку коректної роботи як окремих апаратних і програмних компонентів, так і функціонування системи в цілому, з урахуванням типових та аварійних режимів її експлуатації. Діагностика повинна здійснюватися під час ініціалізації системи, а також у процесі її роботи з фіксацією результатів у лог-файлах.

На етапі запуску система має автоматично перевіряти справність основних апаратних вузлів:

– відеокамери (наявність сигналу, доступність об’єктива);

– мікроконтролера (Maixduino) – працездатність основного ядра та периферійних інтерфейсів (UART, SPI, GPIO);

– LCD-дисплея (реагування на тестовий вивід службової інформації);

– аудіосистеми (перевірка звуку через динамік або навушники);

– кнопок керування (виявлення натискань, відгук на сигнали);

– модуля синтезу мовлення (TTS) – правильність перетворення тестового повідомлення.

Особливу увагу при діагностиці слід приділяти перевірці функціональності алгоритмів виявлення та класифікації об’єктів. Для цього повинно передбачатися завантаження контрольного зображення або подача тестового відеопотоку, що містить типові об’єкти (людина, автомобіль, велосипед), з подальшою перевіркою точності та швидкості реагування моделі.

Система також повинна перевіряти наявність з’єднання між її основними модулями (вбудована взаємодія відеомодуля, блоку обробки, модуля виводу). За необхідності (у розширених конфігураціях) діагностується безпровідний зв’язок (Wi-Fi або Bluetooth) між модулями системи.

Таким чином, система діагностики повинна забезпечити повний контроль за працездатністю системи виявлення небезпек для слабозрячих осіб, що є запорукою її стабільної та безпечної експлуатації у реальному середовищі.

### 3.1.3 Перспективи розвитку, модернізація системи

Серед перспектив подальшого розвитку та модернізації комп’ютерної системи виявлення небезпеки для слабозрячих людей слід насамперед виділити розширення її функціональних можливостей за рахунок інтеграції додаткових модулів і технологій. Зокрема, перспективним є підключення GPS-модуля, що дозволить користувачеві не

лише отримувати інформацію про об’єкти у полі зору, а й орієнтуватися у просторі, визначати своє розташування та формувати маршрут до заданої точки призначення.

Ще одним напрямом модернізації є впровадження вібраційного інтерфейсу, який забезпечить дублювання звукових сповіщень у тактильному форматі. Це стане особливо корисним для використання у шумному середовищі або для осіб з поєднаними сенсорними порушеннями (погіршення слуху та зору одночасно).

До потенційних напрямів модернізації також належить впровадження мобільного застосунку, синхронізованого з пристроєм через Bluetooth або Wi-Fi. Такий додаток може відображати детальну інформацію про розпізнані об’єкти, дозволяти змінювати налаштування системи, а також надавати статистику щодо щоденного переміщення користувача, трекінг маршрутів тощо.

У перспективі також можлива масштабована архітектура з підключенням до «розумного міста» або міських серверів — з метою отримання оперативної інформації про аварії, ремонтні роботи чи зміни у дорожньому русі, які можуть впливати на безпеку руху слабозорих осіб.

Усі вищезазначені розширення дозволяють сформувати інтелектуальну навігаційну платформу нового покоління, яка не тільки забезпечить фізичну безпеку користувача, а й підвищить його автономність, впевненість і якість життя у міському середовищі.

### 3.1.4 Вимоги до надійності системи

Комп’ютерна система виявлення небезпеки для слабозрячих людей повинна забезпечувати високий рівень надійності, оскільки її правильне функціонування безпосередньо впливає на безпеку користувача під час орієнтації у просторі. Надійність починається з точного розпізнавання об’єктів, яке має бути стабільним при різних умовах освітлення та фонового середовища.

Система повинна безперервно здійснювати спостереження в режимі реального часу, швидко реагуючи на появу об’єктів. У випадку збою або вимкнення пристрою має забезпечуватися повернення до попереднього стану після перезапуску.

Важливою є стабільність передачі даних між компонентами, особливо якщо використовуються безпровідні інтерфейси. Канал зв’язку має бути захищений від втрат сигналу або зовнішніх перешкод.

Програмне забезпечення повинно мати механізми обробки помилок та працювати без збоїв у критичних ситуаціях. Апаратні з’єднання між камерою, платою, динаміком та іншими модулями мають бути фізично надійними та відповідати технічним вимогам, щоб уникнути порушення функціональності.

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

Вимоги до функцій і задач, які повинна виконувати комп’ютерна система виявлення небезпеки для слабозрячих людей, зводяться до забезпечення виявлення потенційних загроз у навколишньому середовищі та інформування користувача в режимі реального часу. Система має працювати автономно та реагувати на зміну обстановки без участі сторонніх осіб.

Функція виявлення об’єктів (людей, транспорту, перешкод) реалізується як інтелектуальний модуль на базі мікроконтролера з попередньо навченою нейромережею YOLOv5 Tiny. Обробка відеопотоку з камери повинна забезпечувати розпізнавання з мінімальною затримкою. У разі фіксації об’єкта формується текстове повідомлення, яке передається на синтезатор мовлення та озвучується користувачу.

Мікроконтролер повинен також виконувати такі завдання:

– прийом та обробка відеоданих з камери;
– генерація голосового повідомлення про об’єкт та його місцезнаходження;
– відтворення звукового сигналу через динамік або навушники;
– виведення службової інформації на дисплей (при наявності);
– обробка натискань кнопок для ручного керування чи повтору повідомлень.

Таким чином, система повинна забезпечувати виявлення об’єктів, озвучення просторової інформації та безперервну роботу у мобільному середовищі. Усі функції мають виконуватись із достатнім рівнем точності, швидкодії та зручності для користувача з порушенням зору.

### 3.1.6 Вимоги до апаратного забезпечення

Вимогами до апаратного забезпечення комп’ютерної системи виявлення небезпеки для слабозрячих людей є надійність, енергоефективність, компактність та здатність працювати в реальному часі з високою точністю. Усі апаратні компоненти повинні бути сумісними між собою та забезпечувати виконання ключових функцій: захоплення відео, обробку інформації, генерацію голосових повідомлень і взаємодію з користувачем.

Основними апаратними складовими системи є:

– мікроконтролер SIPEED Maixduino – основний обчислювальний блок для обробки відеопотоку, виконання моделі виявлення об’єктів та керування іншими елементами системи;

– камера (наприклад, OV2640 або GC0328) – забезпечує передачу зображення у реальному часі на мікроконтролер для аналізу;

– LCD-дисплей (опційно) – виведення службової інформації для обслуговуючого персоналу;

– динамік або навушники – акустичний канал передачі повідомлень до користувача;

– фізичні кнопки – для керування живленням, перезапуску або взаємодії користувача з системою;

– джерело живлення (акумулятор або павербанк) – забезпечує автономність роботи;

– розширювальні модулі (GPS, вібромотор) – за потреби інтеграції додаткових функцій у майбутньому.

Усі компоненти повинні бути енергоощадними, легкими для носіння та пристосованими до роботи в умовах змінного освітлення, температури та шуму міського середовища.

### 3.1.7 Вимоги до програмного забезпечення

Програмне забезпечення комп’ютерної системи повинно забезпечувати стабільну роботу усіх апаратних модулів, а також підтримку модулів штучного інтелекту для виявлення об’єктів і генерації голосових повідомлень. Основними вимогами до ПЗ є:

– сумісність з архітектурою RISC-V, яка використовується в SIPEED Maixduino;

– реалізація логіки керування системою мовою C++ для високої ефективності роботи на мікроконтролері;

– підтримка Python для роботи з моделями комп’ютерного зору та нейронних мереж (YOLOv5 Tiny, текст у мовлення);

– можливість розгортання нейромережевих моделей за допомогою фреймворків, сумісних із MaixPy (наприклад, K210 SDK);

– реалізація функції автоматичного завантаження, самодіагностики та логування помилок;

– інтеграція TTS-модуля для генерації голосових повідомлень українською мовою;

– підтримка оновлення прошивки через USB або SD-карту.

Програмне забезпечення повинно бути оптимізованим для обмежених обчислювальних ресурсів, а також забезпечувати швидкий відгук і низьку затримку при виявленні об’єктів і генерації повідомлень.

## 4 Вимоги до документації

Документація повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ

Комплект документації повинен складатись з:

– пояснювальної записки;

– графічного матеріалу:

1 Архітектура комп’ютерної системи.

2 Структурна схема MaixDUINO.

3 Схема підключення компонентів комп’ютерної системи.

4 Блок-схема алгоритму роботи комп’ютерної системи.

*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 технічного завдання | 27.01 – 02.02 |
| 2. | Аналіз вимог і типових рішень автоматизації при пересуванні людей з порушенням зору | 03.02-01.03 |
| 3. | Побудова архітектури та налаштування системного рівня комп’ютерної системи виявлення небезпеки для слабозрячих людей | 01.03-27.03 |
| 4. | Імплементація моделі розпізнавання об’єктів у системі виявлення небезпеки для слабозрячих людей | 27.03-05.05 |
| 5. | Безпека життєдіяльності, основи охорони праці | 05.05-30.05 |
| 6. | Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу | 30.05-08.06 |
| 7. | Перевірка на академічний плагіат, перевірка керівником та консультантами | 9.06 – 15.06 |
| 8. | Попередній захист кваліфікаційної роботи бакалавра | 16.06 – 22.06 |
| 9. | Захист кваліфікаційної роботи бакалавра | 25.06.2025 |

## 6 Додаткові умови виконання кваліфікаційної роботи

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

Додаток Б

Програмний код встановлення параметрів компіляції та модель квантування

```
import os
import numpy as np
import onnx
import onnxsim
from sklearn.metrics.pairwise import cosine_similarity
import nncase
def get_cosine(vec1, vec2):
"""
result compare
"""
return cosine_similarity(vec1.reshape(1, -1), vec2.reshape(1, -1))
def read_model_file(model_file):
"""
read model
"""
with open(model_file, 'rb') as f:
model_content = f.read()
return model_content
def parse_model_input_output(model_file):
"""
parse onnx model
"""
onnx_model = onnx.load(model_file)
input_all = [node.name for node in onnx_model.graph.input]
input_initializer = [node.name for node in
onnx_model.graph.initializer]
input_names = list(set(input_all) - set(input_initializer))
input_tensors = [
node for node in onnx_model.graph.input if node.name in input_names]
# input
inputs = []
for _, e in enumerate(input_tensors):
onnx_type = e.type.tensor_type
```

```
input_dict = {}
input_dict['name'] = e.name
input_dict['dtype'] =
onnx.mapping.TENSOR_TYPE_TO_NP_TYPE[onnx_type.elem_type]
input_dict['shape'] = [i.dim_value for i in onnx_type.shape.dim]
inputs.append(input_dict)
return onnx_model, inputs
def model_simplify(model_file):
"""
simplify onnx model
"""
if model_file.split('.')[-1] == "onnx":
onnx_model, inputs = parse_model_input_output(model_file)
onnx_model = onnx.shape_inference.infer_shapes(onnx_model)
input_shapes = {}
for input in inputs:
input_shapes[input['name']] = input['shape']
onnx_model, check = onnxsim.simplify(onnx_model,
input_shapes=input_shapes)
assert check, "Simplified ONNX model could not be validated"
model_file = os.path.join(os.path.dirname(model_file),
'simplified.onnx')
onnx.save_model(onnx_model, model_file)
print("[ onnx done ]")
elif model_file.split('.')[-1] == "tflite":
print("[ tflite skip ]")
else:
raise Exception(f"Unsupport type {model_file.split('.')[-1]}")
return model_file
def run_kmodel(kmodel_path, input_data):
print("n---------start run kmodel---------")
print("Load kmodel...")
model_sim = nncase.Simulator()
with open(kmodel_path, 'rb') as f:
model_sim.load_model(f.read())
print("Set input data...")
```

```
for i, p_d in enumerate(input_data):
model_sim.set_input_tensor(i, nncase.RuntimeTensor.from_numpy(p_d))
print("Run...")
model_sim.run()
print("Get output result...")
all_result = []
for i in range(model_sim.outputs_size):
result = model_sim.get_output_tensor(i).to_numpy()
all_result.append(result)
print("-----------------end-----------------")
return all_result
```

Додаток В

Програмний код компіляції моделі розпізнавання об’єктів

```
import nncase
    import numpy as np
    import sys
    def compile_kmodel(model_path, dump_path, calib_data):
    """
    Set compile options and ptq options.
    Compile kmodel.
    Dump the compile-time result to 'compile_options.dump_dir'
    """
    print("n---------- compile ----------")
    print("Simplify...")
    model_file = model_simplify(model_path)
    print("Set options...")
    # import_options
    import_options = nncase.ImportOptions()
    ##########################################
    # The code below, you need to modify to fit your model.
    # You can find more details about these options in
    docs/USAGE_v2.md.
    ##########################################
    # compile_options
    compile_options = nncase.CompileOptions()
    compile_options.target = "k230" #"cpu"
    compile_options.dump_ir = False # if False, will not dump the
    compile-time result.
    compile_options.dump_asm = True
    compile_options.dump_dir = dump_path
    compile_options.input_file = ""
    # preprocess args
    compile_options.preprocess = False
    if compile_options.preprocess:
    compile_options.input_type = "uint8" # "uint8" "float32"
    compile_options.input_shape = [1,224,320,3]
```

```
compile_options.input_range = [0,1]
compile_options.input_layout = "NHWC" # "NHWC"
compile_options.swapRB = False
compile_options.mean = [0,0,0]
compile_options.std = [1,1,1]
compile_options.letterbox_value = 0
compile_options.output_layout = "NHWC" # "NHWC"
# quantize options
ptq_options = nncase.PTQTensorOptions()
ptq_options.quant_type = "uint8" # datatype : "float32", "int8",
"int16"
ptq_options.w_quant_type = "uint8" # datatype : "float32",
"int8", "int16"
ptq_options.calibrate_method = "NoClip" # "Kld"
ptq_options.finetune_weights_method = "NoFineTuneWeights"
ptq_options.dump_quant_error = False
ptq_options.dump_quant_error_symmetric_for_signed = False
# mix quantize options
# more details in docs/MixQuant.md
ptq_options.quant_scheme = ""
ptq_options.export_quant_scheme = False
ptq_options.export_weight_range_by_channel = False
##########################################
ptq_options.samples_count = len(calib_data[0])
ptq_options.set_tensor_data(calib_data)
print("Compiling...")
compiler = nncase.Compiler(compile_options)
# import
model_content = read_model_file(model_file)
if model_path.split(".")[-1] == "onnx":
compiler.import_onnx(model_content, import_options)
elif model_path.split(".")[-1] == "tflite":
compiler.import_tflite(model_content, import_options)
compiler.use_ptq(ptq_options)
# compile
compiler.compile()
```

```
    kmodel = compiler.gencode_tobytes()
    kmodel_path = os.path.join(dump_path, "test.kmodel")
    with open(kmodel_path, 'wb') as f:
    f.write(kmodel)
    print("----------------end-----------------")
    return kmodel_path
```

*Step 6:-*

*Type*

*!ls*

*to check the present directory. You should be in content directory showing the following folders in it*

*nncase*

*sample_data*

| Поз. позначення | Найменування | Кіл. | Примітка |
|---|---|---|---|
| | **Мікроконтролери** | | |
| U1 | SIPEED MaixDuino KIT | 1 | |
| | | | |
| | **LCD-дисплей** | | |
| LCD1 | TFT LCD дисплей 1.8” (SPI) | 1 | |
| | | | |
| | **Камери** | | |
| CAM1 | Камера OV2640 | 1 | |
| | | | |
| | **Роз’єми** | | |
| J1 | Роз’єм HEADER 2P-1.27mm | 1 | |

Перш. використ.

Довід. №

Підпис і дата

Інв. № дубл.

Зам. інв. №

Підпис і дата

Інв. № оригі.

| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дата |
|---|---|---|---|---|
| Розроб. | | Калігор М.М. | | |
| Перевір. | | Жаровський Р.О. | | |
| Реценз. | | | | |
| Н. контр. | | Тиш Є.В. | | |
| Зав. каф. | | Осухівська Г.М | | |

КС КРБ 123.220.00.00 ПЕ

Комп’ютерна система виявлення небезпеки для слабозрячих людей

Перелік елементів

| Літ | Аркуш | Аркушів |
|---|---|---|
| н | | |

ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-42