

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Чорноморський національний університет імені Петра Могили
Факультет комп'ютерних наук
Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

ДОПУЩЕНО ДО ЗАХИСТУ
В. о. завідувача кафедри АКІТ,
кандидат технічних наук, доцент
_____ М.І. Сіделев
“ ____ ” _____ 2023 р.

МАГІСТЕРСЬКА НАУКОВА РОБОТА
на тему: «Інтелектуальна система пошуку в мобільних механізмах»

Пояснювальна записка

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
151 – МНР – 671.21717105

Студент _____ Головченко Д.С.

Керівник _____ Сіделев М.І.

Консультант _____ Григор'єва Л.І.

(дата)

Миколаїв – 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Чорноморський національний університет ім. Петра Могили
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет, відділення: Комп'ютерних наук
Кафедра, циклова комісія: Автоматизація та КІТ
Освітньо-кваліфікаційний рівень: рівень вищої освіти другий (магістр)

Напрямок підготовки 151 «Автоматизація та приладобудування»
(шифр і назва)

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В. о. завідувача кафедри, голова циклової комісії

Сіделєв М.І.

“___” _____ 2022 року

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Головченко Дмитру Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи)

Інтелектуальна система пошуку в мобільних механізмах

керівник проекту (роботи) канд.техн.наук, доцент Сіделєв Микола іванович,
затверджені наказом вищого навчального закладу від “___” _____ 2022 року № ___

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 16.06.2023

3. Вихідні дані до проекту (роботи)

Відкрите поле розміри, мобільний дрон з камерою, ноутбук з операційною системою Ubuntu

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

Аналіз подібних систем розпізнавання агрокультур, вибір алгоритмів та методів для розпізнавання об'єктів та вибір БПЛА, розробка та аналіз ефективності інтелектуальної системи пошуку, охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

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

Демонстраційний матеріал, представлений у форматі презентації PowerPoint (*.ppt).

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Сідєлев М.І., доцент кафедри АКІТ	13.10.2022	
2	Сідєлев М.І., доцент кафедри АКІТ	03.01.2023	
3	Сідєлев М.І., доцент кафедри АКІТ	03.04.2023	
4	Алексєва А.О., доцент кафедри екології	19.04.2023	

7. Дата видачі завдання «17» жовтня 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Затвердження пропозицій теми від керівника	20.09.2022	
2	Обговорення із студентом затвердженої теми	01.10.2022	
3	Формування завдання	15.10.2022	
4	Визначення актуальності, об'єкту, предмету	01.11.2022	
5	Пошук літератури, патентний пошук, уточнення задач дослідження	15.11.2022	
6	Виконання першої частини	01.12.2022	
7	Аналіз керівником записки першої частини (ЕВ*), формування зауважень та пропозицій	29.12.2022	
8	Опрацювання другої частини	01.03.2023	
9	Робота над третьою частиною	01.04.2023	
10	Робота над розділом з охорони праці	19.04.2023	
11	Передзахисти	19.05.2023	
12	Передача автореферату кваліфікаційної роботи в електронному вигляді	10.06.2023	
13	Передача (ДВ) кваліфікаційної роботи	17.06.2023	

*ЕВ – електронний варіант, ДВ – друкований варіант.

Студент _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Пояснювальна записка: 77 с., 26 рис., 1 табл., 27 джерел.

Об'єкт дослідження – система комп'ютерного зору для виявлення та розпізнавання об'єктів у реальному часі з камери квадрокоптера.

Предмет дослідження – методи та моделі, що ґрунтуються на принципах асоціативної логіки.

Методи дослідження – методи асоціативної логіки, метод штучних нейронних мереж, метод кластерного аналізу.

Мета кваліфікаційної роботи – покращення ефективності та оптимальне використання ресурсів, підвищення якості продукції та зниження витрат на фермі.

У першому розділі був проведено детальний аналіз технологічного процесу, зокрема вивчено основні етапи цього процесу. Далі розглянуті існуючі системи, такі як Hummingbird, Taranis, Farmers Edge та Cropio, здійснений їх аналіз. Також, сформульовано технічне завдання, яке визначає основні вимоги до розробки нової системи розпізнавання специфічних агрокультур.

У другому розділі проведено детальний аналіз методів розпізнавання об'єктів. Розглянуті різні підходи до розпізнавання об'єктів, зокрема алгоритми порогової сегментації, методи фільтрації візуальної інформації та алгоритми розпізнавання об'єктів. Кожен метод та алгоритм були ретельно проаналізовані з метою визначення їх переваг, недоліків та придатності для використання у вибраній системі розпізнавання агрокультур.

У третьому розділі проведено розробку та детальний аналіз роботи інтелектуальної системи пошуку. Була розроблена функціональна схема роботи системи, яка включає в себе послідовність дій та взаємозв'язок між її компонентами. Також був здійснений вибір квадрокоптера, що відповідає вимогам та потребам системи. Для навчання системи були зібрані необхідні дані, які були підготовлені перед початком навчання. Проведено тренування моделі та оцінка ефективності ідентифікації системи.

У четвертому розділі проведено комплексний аналіз з питань охорони праці, безпеки та заходів, пов'язаних з надзвичайними ситуаціями. Розглянуті аспекти охорони праці, зокрема безпека роботи з комп'ютером, аналіз умов праці у приміщенні, заходи щодо забезпечення пожежної безпеки, мікроклімат, шум та розрахунок штучного освітлення. Для забезпечення належних умов працівників у лабораторії, де відбувається розробка, навчання та тестування програмного та апаратного забезпечення, були вжиті відповідні заходи, такі як налагодження ергономічного обладнання, забезпечення відповідної вентиляції та освітлення, а також проведення навчань з питань охорони праці та безпеки. Надані рекомендації до використання дронів. Розглянуті питання безпеки у надзвичайних ситуаціях, спрямовані на забезпечення безпеки працівників та зменшення ризику виникнення негативних наслідків.

ABSTRACT

Explanatory note: 77 pages, 1 tables, 26 figures, 27 sources.

The object of research is methods and models based on associative logic principles.

The subject of research – computer vision system for real-time object detection and recognition from a quadcopter camera.

Research methods – methods of associative logic, artificial neural network method, cluster analysis method.

The purpose of the qualification work is to improvement of efficiency and optimal resource utilization, enhancement of product quality, and reduction of costs on the farm.

Chapter 1 provides a detailed analysis of the technological process, including the study of its main stages. Existing systems such as Hummingbird, Taranis, Farmers Edge, and Cropio are examined and analyzed. The technical task is formulated, which defines the main requirements for developing a new system for specific crop recognition.

Chapter 2 conducts a thorough analysis of object recognition methods. Various approaches to object recognition, including threshold segmentation algorithms, visual information filtering methods, and object recognition algorithms, are discussed. Each method and algorithm are carefully analyzed to determine their advantages, disadvantages, and suitability for the chosen crop recognition system.

Chapter 3 focuses on the development and detailed analysis of the intelligent search system. The functional scheme of the system is developed, encompassing the sequence of actions and the interrelation between its components. The selection of a quadcopter that meets the system's requirements and needs is performed. The necessary data for system training is collected and prepared before the training phase. The model is trained, and the system's identification performance is evaluated.

Chapter 4 presents a comprehensive analysis of labor protection, safety, and emergency measures. Aspects of labor protection, including computer work safety, analysis of working conditions, fire safety measures, microclimate, noise, and artificial lighting calculations, are discussed. Measures to ensure proper working conditions in the laboratory, where software and hardware development, training, and testing take place, are implemented. Recommendations for drone usage are provided. Safety issues during emergencies are addressed, focusing on ensuring employee safety and reducing the risk of negative consequences.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	3
ВСТУП.....	4
АНАЛІЗ ПОДІБНИХ СИСТЕМ РОЗПІЗНАВАННЯ АГРОКУЛЬТУР.....	6
1.1 Аналіз технологічного процесу.....	6
1.2 Аналіз існуючих продуктів.....	7
1.2.1 Hummingbird.....	8
1.2.2 Taranis.....	10
1.2.3 Farmers Edge.....	12
1.2.4 Cropio.....	13
1.3 Технічне завдання.....	15
1.4 Висновки до першого розділу.....	16
ВИБІР АЛГОРИТМІВ ТА МЕТОДІВ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ.....	17
2.1 Аналіз методів розпізнавання об'єктів.....	17
2.2 Алгоритми порогової сегментації.....	18
2.3 Методи фільтрації візуальної інформації.....	22
2.4 Алгоритми розпізнавання об'єктів.....	26
2.3 Архітектура алгоритму YOLO.....	29
2.4 Висновки до другого розділу.....	30
РОЗРОБКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПОШУКУ.....	32
3.1 Розробка функціональної схеми роботи системи.....	32
3.2 Вибір квадрокоптера.....	33
3.3 Використання DJI Matrice 300 RTK для аерофотокартування.....	35
3.3.1 Перелік передпольотних перевірок.....	35
3.3.2 Планування місії.....	36
3.3.3 Методики покращення якості зображення.....	37
3.4 Збір даних для навчання.....	38
3.4 Підготовка даних для навчання.....	39
3.5 Тренування моделі.....	43
3.6 Оцінка ефективності ідентифікації.....	49
3.7 Висновки до третього розділу.....	51
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	53
4.1 Охорона праці.....	53
4.1.1 Охорона праці при роботі з комп'ютером.....	53
4.1.2 Аналіз умов праці у приміщенні.....	53
4.1.3 Заходи щодо забезпечення пожежної безпеки.....	55
4.1.4 Мікроклімат.....	56
4.1.5 Шум.....	57
4.1.6 Розрахунок штучного освітлення.....	57
4.2 Рекомендації з безпеки використання дронів.....	60
4.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях.....	61
4.4 Висновки до четвертого розділу.....	63
ВИСНОВКИ.....	65
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	67

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

YOLO – You Only Look Once.

R-CNN – Region-based Convolutional Neural Network.

ДЗЗ – Дистанційне зондування землі.

БПЛА – Безпілотний літальний апарат.

ЗЗР – Засоби захисту рослин

NDVI – Normalized Difference Vegetation Index

RTK – Real-Time Kinematics

CUDA – Compute Unified Device Architecture

cuDNN – CUDA Deep Neural Network

ВСТУП

Комп'ютерний зір став важливим інструментом у розвитку технологій для виявлення різноманітних агрокультур на фермах. Інтелектуальні системи зору дозволяють підвищити ефективність та точність виявлення певних рослин, які важко помітити людським оком.

Використання комп'ютерного зору для виявлення агрокультур на фермах забезпечує оперативний та точний збір даних про кількість та якість рослин. Така система дозволяє вести моніторинг стану врожаю та вчасно виявляти відхилення від норми, що допомагає вчасно реагувати на проблеми та зберігати якість врожаю.

Об'єкт дослідження – система комп'ютерного зору для виявлення та розпізнавання об'єктів у реальному часі з камери квадрокоптера.

Предмет дослідження – методи та моделі, що ґрунтуються на принципах асоціативної логіки.

Методи дослідження – методи асоціативної логіки, метод штучних нейронних мереж, метод кластерного аналізу.

Мета кваліфікаційної роботи – покращення ефективності та оптимальне використання ресурсів, підвищення якості продукції та зниження витрат на фермі.

Для досягнення мети поставлені такі завдання:

1. Виконати аналітичний огляд схожих систем.
2. Провести аналіз методів та алгоритмів розпізнавання об'єктів і вибрати найкращі для задачі розпізнавання специфічних агрокультур
3. Розробити функціональну схему роботи системи
4. Вибрати дрон з можливістю аерофотографування та розробити методику його використання.
5. Зібрати дані для навчання моделі для задачі розпізнавання специфічних агрокультур.

6. Навчити модель класифікувати об'єкти специфічних агрокультур та перевірити її ефективності за допомогою різних показників.

7. Розглянути питання охорони праці у лабораторії де проводиться розробка, розробити рекомендації щодо використання дронів у контексті охорони праці.

Інформаційна база дослідження включатиме наукові статті, публікації та практичні рекомендації з області комп'ютерного зору, асоціативної логіки, методів штучних нейронних мереж та кластерного аналізу. Для розробки системи комп'ютерного зору можуть бути використані такі інструменти та технології, як OpenCV, TensorFlow, Keras тощо.

АНАЛІЗ ПОДІБНИХ СИСТЕМ РОЗПІЗНАВАННЯ АГРОКУЛЬТУР

1.1 Аналіз технологічного процесу

Процес збору огірків на фермі можна розділити на блоки:

1. Огляд врожаю перед збором: включає в себе оцінку готовності огірків до збору шляхом огляду рослин. Це допомагає визначити оптимальний час для збору огірків, коли вони досягнуть необхідного розміру, форми, кольору і смакових якостей. Такий огляд можна проводити щоденно або залежно від темпів зростання огірків.

2. Збірка обладнання: включає в себе всі необхідні пристрої для збирання огірків, такі як транспортери, крюки, контейнери тощо.

3. Підготовка до збирання: включає в себе підготовку огірків до збирання, наприклад, обрізання листя, яке може заважати процесу.

4. Збирання: включає в себе сам процес збирання огірків за допомогою спеціальних пристроїв.

5. Сортування: включає в себе сортування зібраних огірків за якістю та розміром.

6. Упакування: включає в себе упакування огірків у відповідні контейнери для транспортування.

7. Транспортування: включає в себе переміщення упакованих огірків до місця їх подальшої переробки або продажу.

На етапі огляду врожаю, розпізнавання огірків на зеленому фоні листя може бути складною задачею. Для розв'язання цієї проблеми можуть використовуватися різні методи автоматизації процесу.

Для автоматизації ідентифікації об'єктів пропонується використовувати дрон. Камери дронів мають високу точність в межах 2-15 см/піксель та можливість планувати польоти самостійно. В середньому дрон може охоплювати 1000 гектарів протягом дня.

Пропозиції до реалізації ідентифікації за допомогою дрона:

1. Інфрачервоний сенсор: цей сенсор може вимірювати теплове випромінювання від огірків та визначати їх положення.
2. Камера, з високою якістю зображення та передачею кольору: цей сенсор може використовувати камеру та алгоритми комп'ютерного зору для ідентифікації огірків на фермі.
3. Модуль лідера: цей сенсор використовує технології поглинання та розсіювання світла для розпізнавання тривимірних об'єктів.

1.2 Аналіз існуючих продуктів

На ринку існує багато пропозицій, що базуються на зборі та аналізі великих обсягів даних. Основне завдання полягає в наданні повної інформації та допомозі у прийнятті обґрунтованих рішень, що досягається за допомогою спеціалізованих платформ. Компанії, такі як Cropio, Hummingbird, Taranis та Farmers Edge, є провідними у цьому напрямку.

Для цих платформ загальним джерелом інформації є спутникові або дроніві знімки, проте обробку цих даних кожна компанія виконує самостійно.

Алгоритми обробки високоякісних знімків використовуються для створення карт стану посівів, вологообеспеченості, насиченості ґрунтів мікроелементами та інших параметрів. Інформаційний набір, що надається, є індивідуальним і залежить від культур, які вирощуються, та потреб господарства.

Крім аналізу спутникових знімків, зазначені компанії надають різноманітну корисну інформацію для ефективно організації виробництва. Вибір платформи залежить від розміру господарства, ступеня його автоматизації, географічного розташування, готовності інвестувати в модернізацію та особистих вподобань, що базуються на професійному досвіді.

1.2.1 Hummingbird

Hummingbird використовує унікальні алгоритми машинного навчання та штучного інтелекту для обробки знімків супутників ДЗЗ, БПЛА та невеликих літаків. Клієнт отримує інформацію у вигляді широкого спектру векторних карт з можливістю перегляду на панелі пристрою. Інформація у форматі shapefile (формат векторного збереження об'єктів, що описуються геометрією та супутніми атрибутами) містить геолокаційну прив'язку та топографічні дані, які використовуються при роботі з польовим обладнанням. Це значно спрощує виконання диференційованого внесення добрив, ЗЗР або пестицидів.

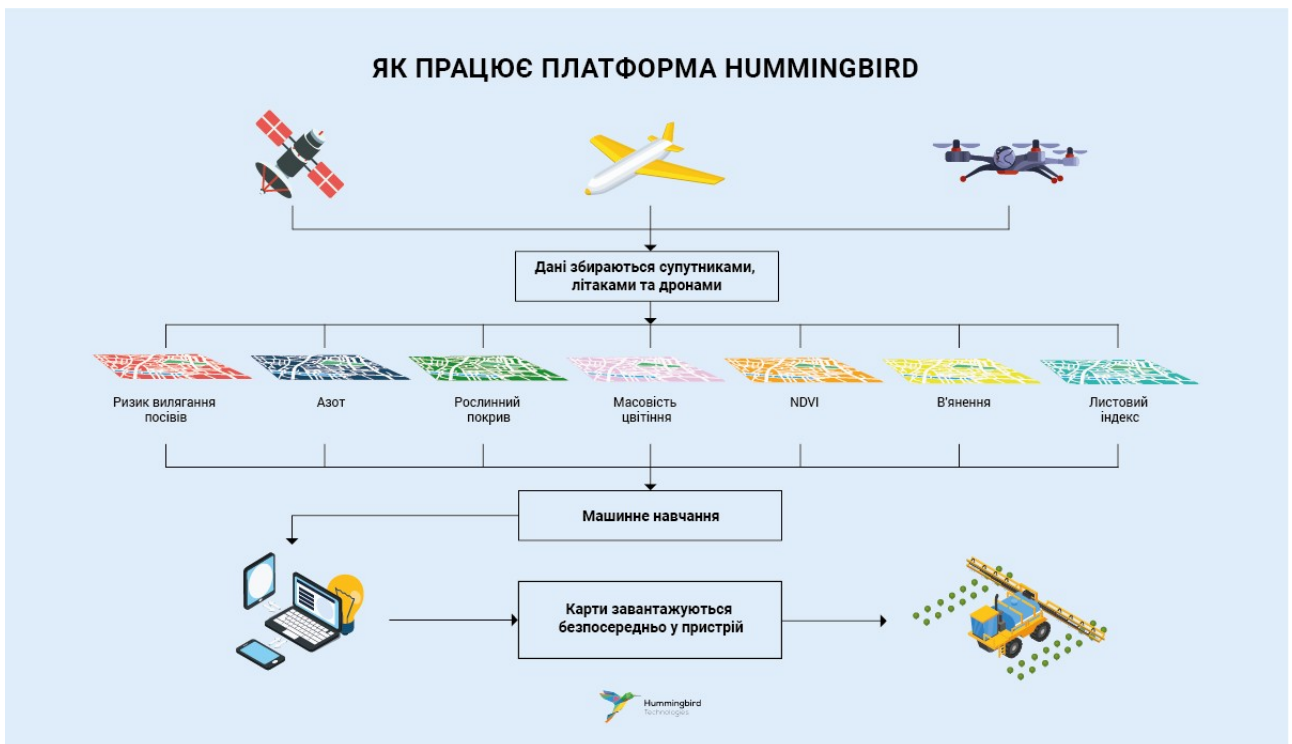


Рисунок 1.1 – Функціональна схема роботи платформи hummingbird [4]

Алгоритми аналізу розроблені для конкретних вирощуваних культур з чітким визначенням кількості та термінів польотів та вимірюваних параметрів. Індивідуальний підхід, який враховує особливості рослинних культур, дозволяє фермеру визначати пріоритетність завдань на конкретному етапі розвитку і надає актуальну своєчасну інформацію для прийняття необхідних заходів.



Рисунок 1.2 – Оцінка польової схожості на картопляному полі за допомогою Hummingbird [4]

Співпраця Hummingbird з компанією Pix4D та впровадження рішень Pix4Dengine у платформу дозволило оптимізувати процеси фотограмметрії та корекції аерофотознімків. Додаток дозволяє автоматизувати повторювані завдання з обробки, аналізу даних та зберігання десятків тисяч зображень. В результаті покращується оперативність надання інформації та її актуальність.

Для покращення здатності ідентифікації хвороб рослин платформа додає рішення ClearAg від Iteris, провідної цифрової фермерської платформи для аналізу врожаю. Клієнти матимуть змогу виявляти проблемні ділянки перед появою явних симптомів захворювань рослин.

З використанням платформи Hummingbird агропродуценти матимуть змогу створювати:

- план диференційованого внесення азоту;
- карти наявності бур'янів перед посівом та в міжряддях;
- план диференційованого внесення гербіцидів;
- розрахунок щільності сходів;
- розрахунок площ рослинного покриву та прогнозування врожайності;
- моделювання режимів орошення.

За словами представників компанії, в Україні Hummingbird планує забезпечити економію гербіцидів на рівні 20%. Цей показник можливо досягти при вирощуванні кукурудзи та соняшнику за виконання всіх рекомендацій, які пропонує платформа.

1.2.2 Taranis

Система управління прийняття рішень Taranis включає кілька технологій. Перша з них - це технологія прогнозу погоди. З точністю понад 90% на наступні 48 годин користувач може отримати інформацію про кількість і ймовірність опадів, температуру та вологість повітря, швидкість вітру та вологість листя для конкретного поля. Система надає можливість переглядати годинний, щоденний і поточний прогноз погоди, а також погодні фактори за минулі дні для кожного поля окремо.

За допомогою Taranis можна відстежувати стан розвитку рослин без виходу з офісу за допомогою різних індексів, включаючи індекс NDVI. Також можна порівнювати стан розвитку рослин за різні періоди, оскільки система постійно оновлює і зберігає попередні карти, зібрані з багатьох супутників.

При виявленні проблемних ділянок на полі користувач може наказати агроному перевірити конкретну ділянку. За допомогою мобільного додатка агроном знаходить проблемну зону на полі, завантажує фотографію місця або проблеми, додає коментар, а система аналізує цю проблему і генерує звіт, пов'язаний з конкретною точкою та полем загалом.

Taranis надає можливість порівнювати графічні дані за різними критеріями для будь-яких полів і в будь-який період. Наприклад, швидкість вітру, температура, кількість опадів, значення NDVI, кількість внесених гербіцидів та добрив і т.д.

Система працює з картами, які агропродуцент може самостійно завантажити, таких як карта врожайності або ґрунту. Також є можливість створювати власні картографічні зони, наприклад, накладаючи карту врожайності на карту NDVI. В результаті агропродуцент отримує готову карту

для точного внесення добрив або препаратів у потрібній кількості та місцях, де це необхідно.

Компанія розробила власні алгоритми для прогнозування хвороб рослин та проблем зі шкідниками. Кожне зображення аналізується системою глибокого навчання, що дозволяє ідентифікувати широкий спектр хвороб і шкідників на основі мільйонів прикладів у базі даних програми.



Рисунок 1.3 – Інтерфейс системи Taranis [5]

Платформа Taranis надає можливість агропродуцентам в реальному часі відстежувати всі аспекти польових умов і отримувати повідомлення про потенційні та поточні загрози. Клієнти отримують інформацію про кількість рослин, проблеми з бур'янами (виявлення на початкових стадіях та ідентифікація видів бур'янів) і можливі фізичні пошкодження.

Taranis інтегрує дані з польових сенсорів, наземних метеостанцій, польових досліджень і т. д. Програма допомагає користувачу перетворити дані зображень на конкретні польові події і визначити пріоритетність завдань. Для уникнення конфліктів при виконанні різних операцій, клієнти мають доступ до диспетчера

завдань. Під час планування завдань фермер отримує повідомлення про небагатоприятні погодні умови.

1.2.3 Farmers Edge

Компанія Farmers Edge надає своїм клієнтам високоякісні супутникові знімки з вищою роздільною здатністю (3,1 метра на 1 піксель) і більшою частотою оновлення, ніж у їх конкурентів.

Послуги компанії також включають моніторинг з використанням наземних метеостанцій і датчиків вологості ґрунту. Господарство отримує оперативну інформацію про температуру, швидкість та напрямок вітру, кількість опадів та інші параметри.

Зонд для вимірювання вологості ґрунту встановлюється, обслуговується та видаляється перед збиранням врожаю. Температура і вологість вимірюються на шести різних рівнях. Клієнт отримує інформацію про вологообеспеченість ділянки, наявність вологи у кореневій зоні, інфільтрацію та втрати, прогноз урожайності на основі показників вологості та інші відомості. Крім цього, користувач отримує рекомендації щодо необхідності поливу та оптимальних термінів його проведення.

Застосунок FarmCommand об'єднує всі джерела даних, що забезпечує швидкий доступ до інформації. За допомогою щоденно оновлюваних супутникових знімків створюються карти розвідки, які допомагають виявляти відхилення в розвитку рослин (наприклад, захворювання, шкідники, сорна рослинність) ще на ранніх стадіях, до того, як зміни стануть видимими на картах вегетації.

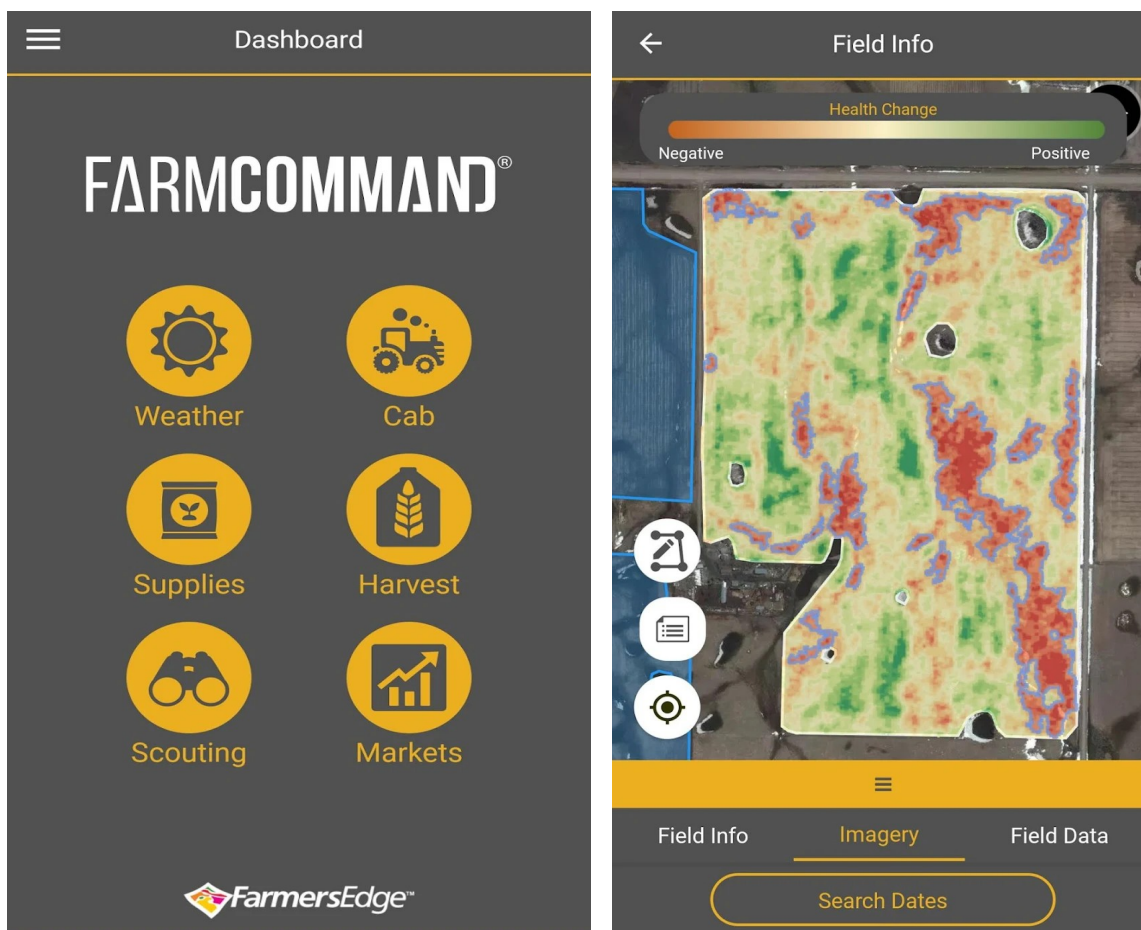


Рисунок 1.4 – Інтерфейс програми FarmCommand [6]

Одним з важливих переваг компанії є активна зворотна зв'язок з користувачем. Фахівці Farmers Edge надають консультації клієнтам з питань агрономії і технічних аспектів. У регіонах, де працює компанія, наявні команди спеціалістів, які виїжджають на поля. Вони встановлюють та обслуговують наземні метеостанції та датчики вологості ґрунту. Клієнт отримує повідомлення про всі зміни, які відбуваються на його полі.

1.2.4 Cropio

Головна відмінність платформи в порівнянні з конкурентами полягає у спрямованості на організацію та контроль сільськогосподарських операцій. Програма не лише оцінює стан сільськогосподарських культур, але й надає широкий спектр можливостей у плануванні та моніторингу робіт. Продукт

інтегрується з системами 1С, GPS-моніторингу з відкритим протоколом та системами наземного моніторингу.

Уніфікація інформації щодо навігації сільськогосподарської техніки була складною завданням через різні виробники машинного парку. Більшість машин мають вбудовані GPS-пристрої, але програмне забезпечення конкурентів не може зчитувати їх сигнали. У січні 2017 року компанія Сторіо уклала договір з компанією CarCops, що призвело до розробки програмного забезпечення, яке поєднує дані польових спостережень з моніторингом роботи техніки.

Клієнти Сторіо отримують реальночасову інформацію про проведені польові роботи, вид використаної техніки та її точне місцезнаходження. Датчики, встановлені на робочих агрегатах, передають дані про час роботи, обсяг виконаної роботи, рівень палива, швидкість руху та результати зважування.



Рисунок 1.5 – Інтерфейс програми Storwise Operations [7]

Вся інформація про кожне поле і кожну одиницю техніки зберігається в окремих файлах. Агрономи можуть у будь-який момент переглянути стан рослинності та проведені роботи на конкретному полі, а також інформацію про кількість та час зміни сільськогосподарської машини та механізатора, який виконував завдання.

Вся інформація має чітку структуру, що спрощує роботу з нею та, відповідно, прийняття обґрунтованих рішень. Такий підхід сприяє максимально спрощеному плануванню. З'являється можливість координувати роботу автопарку на тиждень вперед, а система повідомляє про можливі конфліктні операції. Клієнт заздалегідь знає, коли і на якій ділянці поля буде знаходитися потрібна йому техніка.

Крім того, спрощується контроль над працівниками - у разі витоку палива, втрати зерна, порушення швидкісного режиму під час робіт, несанкціонованих робіт, простою техніки, відхиленням від маршруту та інших випадках, керівництво отримує повідомлення про порушення. Ця функція дозволяє виявляти нечесних працівників і сприяє дисципліні в колективі. Механізатори більш відповідально підходять до виконання завдань, що призводить до зростання продуктивності на підприємстві.

1.3 Технічне завдання

Необхідно розробити систему, яка здатна ідентифікувати огірки на фермі за допомогою дрона та класифікувати їх у чотири групи: "готовий до збору", "перезрілий", "квіточка", "зарано збирати". Система повинна надавати інформацію фермеру про те, чи настав час збору огірків відповідно до їх стану.

Вимоги до системи:

Система повинна використовувати дрон для збору зображень огірків на фермі.

Система повинна надавати точну інформацію про стан огірків з мінімальною кількістю помилок.

Система повинна бути ефективною з точки зору швидкості обробки зображень та роботи з дроном.

Система повинна здатна розрізняти огірки на основі їх стану: "готовий до сбору", "перезрілий", "квіточка", "зарано збирати".

Система повинна виявляти огірки на зображенні, отриманому від дрона, та виділяти їх контур.

Система повинна здатна аналізувати кольорові характеристики огірків для класифікації.

Розміри ферми: 10 гектарів (100 000 квадратних метрів).

1.4 Висновки до першого розділу

Різні платформи мають різну швидкість підготовки аналітичних файлів. Крім того, не всі з них пропонують можливість завантаження shapefiles безпосередньо на монітори техніки. Коли у господарства є великий земельний банк і немає багато часу на прийняття оптимального рішення щодо використання певної технології, швидкість стає надзвичайно важливою.

Усі ці системи не дозволяють ідентифікувати огірки для визначення врожайності та якості плодів. Огірки мають різні стадії зростання, і кожна стадія вимагає певного догляду та обробки. Розпізнавання огірків допомагає фермерам визначити точну стадію росту кожного огірка, що дозволяє забезпечити належний догляд, такий як полив, добрива або обрізка, на кожному етапі росту.

ВИБІР АЛГОРИТМІВ ТА МЕТОДІВ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ

Розпізнавання об'єктів - це процес ідентифікації та класифікації об'єктів, які можуть бути зображені на фотографії, відео, або відтворені в аудіозаписі. Застосування розпізнавання об'єктів може бути дуже широким - від автоматичного розпізнавання номерів автомобілів до виявлення певних змін у стані здоров'я людини за допомогою медичних зображень.

Одним з ключових елементів розпізнавання об'єктів є образ. Образ - це класифікаційне угруповання об'єктів, яке об'єднує їх за певною ознакою. Кожен образ має свою характерну властивість, яка відрізняє його від інших образів, але в той же час, властивість, що є спільною для всіх об'єктів, що входять до цього класу.

Вирішальне правило використовується для прийняття рішення про те, до якого конкретного класу належить певний об'єкт. Вирішальне правило є логічним правилом або формулою, яка призначена для класифікації об'єктів, які потрібно розпізнати на основі їх властивостей. Наприклад, якщо ми хочемо розпізнати обличчя людей, можна створити вирішальне правило, яке буде враховувати форму обличчя, наявність очей, ніздрей, рота та інших характерних ознак, які є спільними для більшості людей. Це вирішальне правило допоможе класифікувати нові зображення обличчя, визначаючи до якого конкретного класу (наприклад, людина або не-людина) воно належить, на основі співставлення його ознак з навчальним набором даних.

2.1 Аналіз методів розпізнавання об'єктів

Основна мета розпізнавання образів - визначити, чи містяться на зображенні шукані об'єкти, з точністю вказати їх положення та розмір в системі зображення.

При розпізнаванні об'єктів на зображеннях можуть виникати різноманітні труднощі, які зазвичай пов'язані з наступними чинниками:

1. Низька якість зображень: недостатня роздільна здатність, шуми, спотворення, неправильна експозиція, різке змінення освітлення і т.д.
2. Варіативність об'єктів: об'єкти можуть мати різні форми, розміри, текстури, кольори, а також знаходитися в різних ракурсах та умовах освітлення.
3. Наявність фону: об'єкти можуть знаходитися на фоні, який має схожі кольори та текстури, що ускладнює їх виділення та розпізнавання.
4. Наявність перешкод: інші об'єкти на зображенні можуть перекривати шуканий об'єкт, що ускладнює його виділення та розпізнавання.
5. Незваження на контекст: розпізнавання об'єкта повинно враховувати контекст зображення, який може допомогти визначити, що саме є об'єктом та допомогти у його розпізнаванні.
6. Обмежені ресурси: розпізнавання об'єктів може вимагати великої кількості обчислювальних ресурсів, що ускладнює застосування методів розпізнавання у реальному часі.

Задача розпізнавання ділиться на етапи:

- попередня обробка;
- сегментація;
- фільтрація;
- розпізнавання об'єктів.

2.2 Алгоритми порогової сегментації

Сегментація зображення - це процес розділення зображення на окремі сегменти з метою спрощення та полегшення аналізу. Сьогодні, семантична сегментація є ключовою проблемою у галузі комп'ютерного зору. Це завдання високого рівня, яке дозволяє повністю розуміти сцену на зображенні. У зв'язку з тим, що все більше та більше застосувань ґрунтується на виведенні знань з зображень, розуміння сцени стає основною проблемою комп'ютерного зору. Це стосується таких застосувань, як самокеровані транспортні засоби, взаємодія людини та комп'ютера, віртуальна реальність тощо. Семантична сегментація є природним кроком у прогресі від загального висновку до точного визначення

кожного пікселя на зображенні, де кожен піксель позначає клас свого об'єкту або регіону. За останні роки, з поширенням глибокого навчання, багато проблем семантичної сегментації були вирішені за допомогою глибоких згорткових нейронних мереж, які є більш точними та ефективними, в порівнянні з іншими методами. Сегментація зображення базується на двох принципах: розривності та подібності.

Алгоритм Оцу. Алгоритм був запропонований японським вченим Нобуюкі Оцу в 1979 році і з тих пір використовується для бінаризації зображень в різних областях, таких як комп'ютерний зір, обробка зображень, медична діагностика та інші.

Метою алгоритму Оцу є знаходження порогу, який ділить зображення на дві класи з максимально можливим внутрішнім дисперсією (із різними інтенсивностями пікселів), але з мінімальною дисперсією між класами. Інакше кажучи, алгоритм шукає оптимальне значення порогу, яке розділить зображення на дві частини так, щоб сума дисперсій кожної частини була максимальною.

Алгоритм Оцу працює за наступним алгоритмом:

1. Обчислити гістограму інтенсивності зображення.
2. Обчислити загальну кількість пікселів на зображенні.
3. Для кожного порогового значення (від 0 до максимальної інтенсивності пікселів) обчислити вагу кожної частини зображення (до порогу і після порогу), а також середні значення інтенсивності для кожної частини.
4. Для кожного порогового значення обчислити дисперсії кожної частини (відносно середнього значення інтенсивності кожної частини) та загальну внутрішню дисперсію, використовуючи вагу кожної частини.
5. Знайти поріг, для якого дисперсія міжкласової дисперсії максимальна.
6. Застосувати отриманий поріг до зображення.

Алгоритм Оцу дозволяє знайти оптимальний поріг бінаризації зображення, що робить його особливо корисним у випадках, коли гістограма зображення має дві чітко відміні групи пікселів. В цьому випадку він надає

точну і надійну бінаризацію зображення, що допомагає покращити якість подальшої обробки зображень.

Алгоритм Бернсена. Використовує дві константи: верхній та нижній пороги інтенсивності пікселів. Ці пороги визначаються як середнє значення інтенсивності пікселів в межах пікселів, які належать об'єкту і фону відповідно.

Алгоритм Бернсена працює за наступним алгоритмом:

1. Обчислити гістограму інтенсивності зображення.
2. Обчислити середнє значення інтенсивності пікселів для всього зображення.
3. Для кожного пікселя на зображенні, порівняти його інтенсивність з верхнім та нижнім порогом інтенсивності.
4. Якщо інтенсивність пікселя більша за верхній поріг, то цей піксель відноситься до об'єкту.
5. Якщо інтенсивність пікселя менша за нижній поріг, то цей піксель відноситься до фону.
6. Якщо інтенсивність пікселя знаходиться між верхнім та нижнім порогом, то визначається його рівень контрастності. Якщо рівень контрастності більше за поріг контрастності, то цей піксель відноситься до об'єкту, в іншому випадку - до фону.

Алгоритм Бернсена є простим та ефективним методом порогової сегментації, особливо для зображень з нерівномірним освітленням та шумом. Однак, цей метод може бути неефективним для зображень зі складною текстурою та мало контрастними об'єктами.

Алгоритм Еквелі. метод обробки зображень, що використовується для рівномірного розподілу гістограми зображення.

Основна ідея алгоритму полягає в тому, що зображення перетворюється таким чином, щоб відношення кількості пікселів з різними значеннями інтенсивності було максимально рівномірним.

Для досягнення цієї мети алгоритм працює за наступними кроками:

1. Обчислення гістограми зображення - визначення кількості пікселів з кожним значенням інтенсивності.
2. Обчислення функції розподілу - побудова кумулятивної функції розподілу інтенсивності зображення.
3. Обчислення нормалізованої функції розподілу - нормалізація функції розподілу таким чином, щоб вона містила значення в діапазоні від 0 до 1.
4. Обчислення нових значень інтенсивності.
5. Застосування нових значень - заміна старих значень інтенсивності на нові.

Алгоритм Еквелі є простим та ефективним методом для покращення якості зображення та поліпшення його візуального сприйняття. Він зазвичай використовується в обробці фотографій та зображень для підвищення контрастності та зроблення зображення більш насиченим та зрозумілим для сприйняття. Алгоритм Еквелі просто використовувати та швидко працює, що робить його популярним в індустрії та наукових дослідженнях. Однак, його використання має деякі обмеження, особливо коли зображення містить дуже мало пікселів, або містить значний рівень шуму.

Алгоритм Кітлера. Він використовує класичну статистичну теорію прийняття рішень для визначення оптимального порогу бінаризації зображення.

Алгоритм Кітлера базується на теорії двох гіпотез: гіпотеза про наявність об'єктів та гіпотеза про їх відсутність. Алгоритм розглядає кожен піксель зображення як випадкову змінну, що може приймати значення 0 або 1. Задача алгоритму полягає у виборі такого порогу, при якому сумарна помилка визначення об'єктів та їх відсутності буде мінімальною.

Алгоритм Кітлера складається з наступних кроків:

1. Обчислити гістограму зображення.
2. Обчислити кумулятивні гістограми і суму пікселів зображення.
3. Обчислити середнє значення пікселів.

4. Використовуючи середнє значення пікселів та стандартне відхилення, обчислити початкові значення параметрів для гіпотез про наявність та відсутність об'єктів.

5. Для кожного порогу від 0 до максимального значення пікселів зображення, обчислити параметри гіпотез про наявність та відсутність об'єктів та сумарну помилку визначення.

6. Обрати поріг, при якому сумарна помилка мінімальна.

Однією з переваг алгоритму Кітлера є те, що він здатний працювати з різноманітними типами зображень, включаючи зображення з шумом та з різним освітленням. Однак, як і більшість алгоритмів порівняння з порогом, він також має свої обмеження. Наприклад, якщо зображення має дуже низький контраст, алгоритм може не знайти підходящого порогу, що призведе до поганої якості обробленого зображення. Також, алгоритм може бути дуже чутливим до зміни параметрів, тому необхідно проводити налаштування під конкретні умови та задачі обробки зображень.

2.3 Методи фільтрації візуальної інформації

Останнім часом дослідники звертають увагу на проблему автоматичного визначення заданих об'єктів на знімках, яка відома як розпізнавання образів. Одним із найбільших труднощів у цьому завданні є низька якість знімків, спричинена різними спотвореннями, такими як хмарності, туман, імла. Тому для ефективного розпізнавання об'єктів використовують попередню обробку зображень, що включає застосування стандартних фільтрів низьких частот або медіанного фільтру. Однак такі фільтри розмивають кордони об'єктів, що ускладнює їх розпізнавання. Тому розглядається метод пре-обробки зображення, що використовує послідовне застосування білатерального фільтра і шок-фільтра. Проводять дослідження впливу попередньої обробки з використанням даного методу на ефективність і швидкість розпізнавання.

Медіанний фільтр. Цей метод базується на заміні значення пікселів зображення на медіану значень в околі даного пікселя.

У порівнянні з іншими методами фільтрації, медіанний фільтр має кілька переваг. Він добре працює зі зображеннями, на яких присутні сильні шуми, такі як сітчастий шум або шум Соль і перець. Також медіанний фільтр зберігає різкість границь між об'єктами на зображенні.

Принцип роботи медіанного фільтра полягає в наступному: для кожного пікселя зображення формується околиця (матриця) певного розміру, і збираються значення яскравості всіх пікселів, що потрапляють в цю околицю. Значення розміщуються в порядку зростання, і в результаті вибирається медіанне значення.

Наприклад, якщо зображення має розмір 3×3 пікселів, то матриця для медіанного фільтрування буде мати розмір 3×3 . Медіанне значення знаходять зі списку значень яскравості, який складається з 9 значень - значення кожного пікселя в цій матриці.

Хоча медіанний фільтр є ефективним методом для видалення шуму на зображеннях, він має певні недоліки. Наприклад, він не працює добре з великими об'єктами на зображенні, і може затемнити дрібні деталі зображення, якщо їх розмір порівнянний з розміром матриці фільтра.

Гаусівський фільтр. один з найбільш поширених методів фільтрації зображень в області комп'ютерного зору і обробки зображень. Він отримав свою назву від функції Гауса, яка використовується для обчислення ваг фільтра.

Гаусівський фільтр працює за допомогою вікна, що ковзається по зображенню. У кожній точці вікна обчислюється середнє значення пікселів, використовуючи вагові коефіцієнти згідно з функцією Гауса. Чим більша відстань від центру вікна, тим менша вага має піксель. Таким чином, пікселі біля центру вікна мають більшу вагу, ніж ті, які знаходяться на краях.

Гаусівський фільтр добре видаляє шум з зображення, зокрема гаусівський шум, який є найбільш поширеним видом шуму в цифрових зображеннях. Він також зберігає різні деталі зображення, які можуть бути втрачені при застосуванні інших методів фільтрації.

Однак, використання Гаусівського фільтра може призвести до розмиття деяких деталей зображення, зокрема гострих країв і контурах. Тому, якщо метою застосування фільтра є розпізнавання об'єктів на зображенні, може бути необхідно використовувати інші методи фільтрації або комбінувати різні фільтри для досягнення оптимального результату.

Фільтр Собеля. Він використовується для підсилення контурів зображення та покращення його якості. Ідея фільтра Собеля полягає в згладжуванні зображення за допомогою ядра (матриці) розміром 3×3 або 5×5 .

Це ядро включає два різних набори значень в залежності від напрямку границь, які потрібно визначити на зображенні. Один набір значень відповідає за визначення горизонтальних границь, а інший за вертикальні границі. При застосуванні фільтра Собеля до зображення, ядро пересувається по всій поверхні зображення і на кожній позиції відбувається обчислення інтенсивності границі в тій точці.

Кожне значення у ядрі Собеля множиться на відповідне значення пікселя зображення в позиції ядра. Після цього отримані результати сумуються та нормалізуються. Останнім кроком є порівняння значення границі з певним порогом, щоб відрізнити границі від шумів.

Фільтр Собеля дуже ефективний у виявленні контурів та розрізненні границь на зображеннях. Його легко реалізувати та використовувати для покращення якості зображень. Він також може бути комбінований з іншими методами обробки зображень, щоб покращити їх ефективність.

Вейвлет-фільтри. Фільтри, які використовуються для обробки сигналів і зображень. Вони отримали свою назву від математичного об'єкта - вейвлета, який є коротким відрізком функції з нульовою середньою, що плавно зменшується в амплітуді до нуля.

Вейвлет-фільтри застосовуються для вилучення різних частотних складових з сигналу або зображення. Їх можна використовувати для зменшення шуму, підвищення різкості зображення, розпізнавання образів, стискання даних та інших завдань обробки зображень.

У порівнянні з іншими фільтрами, вейвлет-фільтри мають більш високу чутливість до локальних змін і деталей на зображенні. Вони можуть виділяти різні ділянки зображення з різними характеристиками (наприклад, краї або текстури) і обробляти їх окремо. Це дозволяє досягати кращих результатів обробки зображення і розпізнавання образів.

Один з найпоширеніших вейвлет-фільтрів - це дискретний вейвлет-фільтр Хаара. Він використовується для виявлення країв на зображеннях. Для кожного пікселя зображення він розраховує різницю між значеннями пікселів у його сусідніх рядках та стовпцях. Якщо різниця перевищує певне порогове значення, то це означає, що на зображенні можна виявити край.

Адаптивний фільтр. Застосування стандартних фільтрів, таких як гаусівський чи медіанний, може привести до змивання деяких важливих деталей зображення, особливо якщо маємо справу з зображенням, яке містить як шум, так і важливі деталі. У таких випадках, адаптивний фільтр дозволяє зберегти важливу інформацію на зображенні, позбавивши його від шуму.

Адаптивний фільтр розрізняється від стандартних фільтрів тим, що він користується інформацією з оточуючих пікселів для визначення того, як слід змінювати параметри фільтрування на пікселі. Він застосовується для зменшення шуму і підвищення контрасту на зображенні.

Один з найбільш поширених методів адаптивного фільтрування - це метод адаптивного середнього фільтру. Цей метод використовується для зменшення шуму на зображенні. Для кожного пікселя на зображенні обчислюється середнє значення якості сигналу в околі пікселя. На основі цього значення визначається ваговий коефіцієнт, який буде використовуватися для обчислення нового значення пікселя на зображенні.

2.4 Алгоритми розпізнавання об'єктів

Алгоритми розпізнавання образів - це комп'ютерні алгоритми, які дозволяють розпізнавати об'єкти на зображеннях або відео. Ці алгоритми є ключовими для розвитку сучасних систем комп'ютерного зору, автоматичного контролю якості, медичної діагностики, безпеки та багатьох інших сфер.

Одним з найпоширеніших алгоритмів розпізнавання образів є "нейронні мережі". Нейронні мережі - це алгоритми, які моделюють біологічні нейронні мережі, що знаходяться у мозку людини. Вони дозволяють автоматично вивчати складні взаємозв'язки між даними та використовувати їх для розпізнавання образів.

YOLO. Це алгоритм об'єктного розпізнавання, який використовує нейронні мережі для виявлення об'єктів на зображеннях та відео.

Основна ідея YOLO полягає у тому, щоб розділити зображення на сітку (grid) та для кожної клітинки сітки передбачати набір обмежуючих прямокутників (bounding boxes) та ймовірності того, що в клітинці знаходиться об'єкт певної категорії. Також, для кожного bounding box передбачаються його координати та розміри, а також ймовірності присутності певних об'єктів у межах цього bounding box.

Одна з головних переваг YOLO - це швидкість роботи. Алгоритм працює в режимі реального часу на звичайних комп'ютерах та мобільних пристроях, що робить його привабливим для застосування в різних проектах. Також, YOLO дозволяє виявляти кілька об'єктів на зображенні, навіть якщо вони перекриваються.

Faster R-CNN. Один з найефективніших алгоритмів для об'єктного розпізнавання, який поєднує в собі глибинне навчання та область зацікавленості (Region of Interest, RoI).

Алгоритм складається з двох основних частин: Region Proposal Network (RPN) та детектора об'єктів. RPN відповідає за відбір пропозицій областей, що містять об'єкти на зображенні. Він використовує навчальну мережу, що приймає

на вхід зображення та генерує набір пропозицій областей, які, на думку мережі, містять об'єкти.

Після відбору пропозицій областей, детектор об'єктів виконує подальший аналіз цих областей та класифікує їх за наявністю об'єктів та їх класом. Для цього використовується сверточна мережа, що працює з областями зацікавленості, які були відібрані RPN.

Faster R-CNN дозволяє досягнути високої точності розпізнавання об'єктів на зображеннях та має високу швидкість роботи порівняно з іншими алгоритмами, що базуються на застосуванні R-CNN технології. Цей алгоритм дозволяє автоматично визначати області на зображенні, які містять об'єкти, і залучається для вирішення різноманітних завдань, таких як визначення позиції, розміру та класифікації об'єктів на зображенні.

Mask R-CNN. Це розширення алгоритму R-CNN, що дозволяє не тільки розпізнавати об'єкти на зображеннях, а й створювати маски, що точно описують їх форму.

Алгоритм Mask R-CNN є комбінацією двох попередніх алгоритмів - Faster R-CNN для розпізнавання об'єктів і Fully Convolutional Network (FCN) для створення масок. Алгоритм працює в два етапи: спочатку він використовує Faster R-CNN для виявлення об'єктів на зображенні та вибірки регіонів із зображення, що містять ці об'єкти. Потім використовуючи FCN, алгоритм генерує маску для кожного об'єкту, що було виявлено на попередньому етапі.

У процесі тренування, Mask R-CNN використовує більш складну функцію втрат, ніж просто функція втрат для класифікації та регресії, яка використовується в Faster R-CNN. Ця функція втрат, яку називають "Mask Loss", враховує як точність класифікації та регресії, так і точність створення масок.

Mask R-CNN дозволяє точно визначати контур об'єктів на зображенні, що дає можливість використовувати цей алгоритм для багатьох задач, таких як розпізнавання облич, розпізнавання дорожніх знаків, відео-аналітика та багато іншого.

Single Shot MultiBox Detector. це алгоритм об'єктного визначення, що використовується для розпізнавання об'єктів на зображенні. Він був розроблений компанією Google та опублікований в 2016 році. SSD є ефективним алгоритмом, який може працювати в реальному часі на відеопотоці.

Основна ідея алгоритму полягає у використанні мережі глибокого навчання, яка здатна відразу визначати координати та клас об'єкта на зображенні. SSD використовує мережу з декількох шарів, яка може здійснювати детекцію об'єктів на різних масштабах та аспектах зображення.

SSD використовує анкерні рамки (англ. anchor boxes) для визначення різних масштабів та аспектів об'єктів на зображенні. Кожна анкерна рамка - це прямокутник з фіксованими пропорціями та розмірами, який використовується для визначення об'єктів на певному масштабі та аспекті зображення. Мережа SSD використовує кілька анкерних рамок різних розмірів та пропорцій, щоб забезпечити детекцію об'єктів на різних масштабах та аспектах.

SSD використовує вихідні шари мережі для визначення областей, де можуть знаходитись об'єкти на зображенні. Кожен анкерний прямокутник розміщується над кожною точкою на цих вихідних шарах. Потім застосовується конволюційний шар, щоб вирівняти розмір кожної анкерної рамки з розміром вихідного шару.

Після цього мережа SSD здійснює класифікацію та регресію для кожної анкерної рамки. Для класифікації використовується softmax функція, яка повертає вектор імовірностей для кожного класу об'єктів. Для регресії використовується лінійний шар, який зміщує та масштабує кожну анкерну рамку, щоб відповідати розташуванню та розміру об'єкта на зображенні.

Оскільки мережа SSD використовує вихідні шари мережі для визначення анкерних рамок, це дозволяє їй працювати з різними розмірами зображень без необхідності ресайзування зображення або збільшення обчислювальних ресурсів.

SSD також використовує техніку жорсткої ненормалізації (hard negative mining), яка допомагає зменшити кількість неправильних детекцій шляхом відбору найбільш неправильно класифікованих анкерних рамок та використання їх для тренування мережі.

Ще однією перевагою SSD є те, що вона може виявляти об'єкти, які перекриваються частково або повністю, завдяки використанню non-maximum suppression (NMS) алгоритму, який забезпечує відбір тільки найкращих об'єктів та прибирання дублікатів.

Ці переваги роблять SSD популярним алгоритмом для детекції об'єктів на зображеннях з високою швидкістю та точністю.

2.3 Архітектура алгоритму YOLO

Алгоритм YOLO бере зображення на вхід і використовує просту глибоку згорткову нейронну мережу для виявлення об'єктів на зображенні. Архітектура моделі CNN, яка є основою YOLO на рисунку 2.1.

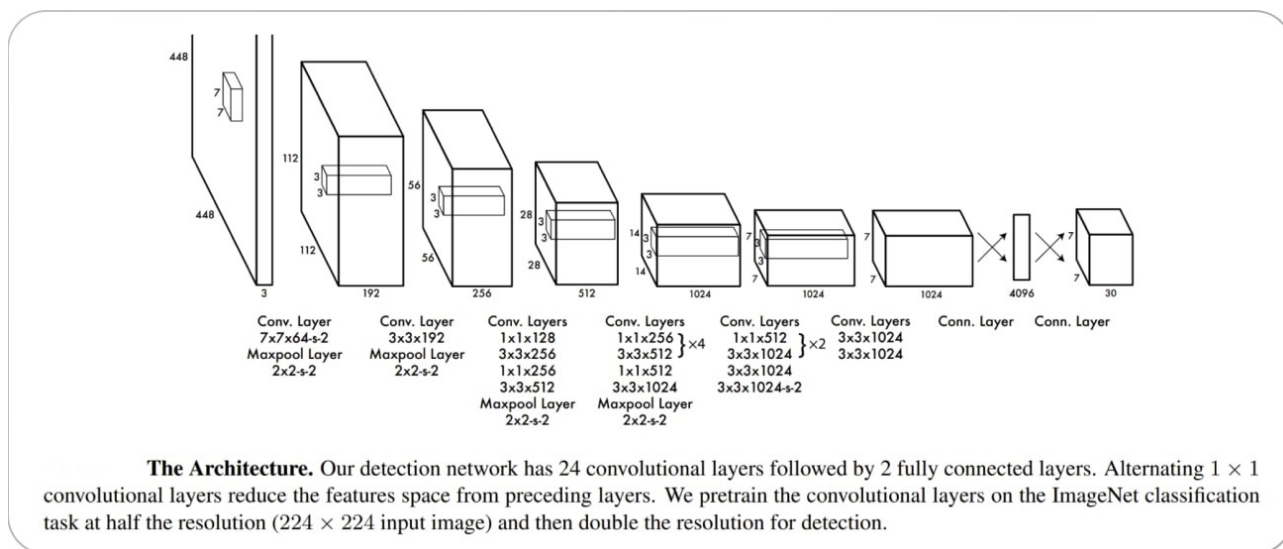


Рисунок 2.1 – Архітектура алгоритму YOLO [28]

Перші 20 згорткових шарів моделі попередньо натреновані з використанням ImageNet, використовуючи тимчасовий шар середнього пулінгу та повнозв'язний шар. Після цього, ця натренована модель перетворюється для

виконання завдання виявлення об'єктів, оскільки попередні дослідження показали, що додавання згорткових та повнозв'язних шарів до натренованої мережі покращує її продуктивність. Останній повнозв'язний шар YOLO виконує передбачення як ймовірностей класів, так і координат обмежувальних рамок.

YOLO розділяє вхідне зображення на сітку розміром $S \times S$, де кожна комірка відповідає за виявлення об'єктів, якщо їх центри потрапляють в ці комірки. В кожній комірці сітки передбачається B обмежувальних рамок і відповідні оцінки впевненості для цих рамок. Ці оцінки впевненості вказують на те, наскільки модель впевнена, що об'єкт знаходиться в рамці, а також на якій мірі передбачення рамки є точним.

У YOLO передбачається кілька обмежувальних рамок для кожної комірки сітки. Під час тренування ми прагнемо забезпечити, щоб кожен прогнозувальник обмежувальних рамок був "відповідальним" за прогнозування об'єкта на основі прогнозу з найвищим значенням IOU (перекриття зразків) з правильною інформацією. Це призводить до спеціалізації між прогнозувальниками обмежувальних рамок, при якій кожен прогнозувальник стає кращим у передбаченні певних розмірів, співвідношень сторін або класів об'єктів, що покращує загальний показник повторного виявлення.

Для поліпшення точності виявлення об'єктів, YOLO використовує метод немаксимального придушення (NMS). Ця техніка дозволяє ідентифікувати та видалити надлишкові або неправильні обмежувальні рамки, які можуть бути створені для одного об'єкта. В результаті застосування NMS вибирається лише одна обмежувальна рамка для кожного об'єкта на зображенні, що покращує якість та ефективність процесу виявлення.

2.4 Висновки до другого розділу

Розглянуто основні питання, пов'язані з розпізнаванням об'єктів на зображеннях. Розглянуто алгоритми порогової сегментації, які дозволяють виділити окремі об'єкти на зображенні, а також методи фільтрації візуальної

інформації, що покращують якість зображення. Детально описані алгоритми розпізнавання об'єктів, такі як YOLO, Faster R-CNN, Mask R-CNN і SSD. Кожен з цих алгоритмів має свої переваги та недоліки і може використовуватись для різних завдань.

Архітектура YOLO є потужним методом виявлення об'єктів на зображеннях. Вона використовує глибоку згорткову нейронну мережу, яка розділяє вхідне зображення на сітку комірок і передбачає обмежувальні рамки та класи об'єктів у кожній комірці. Шляхом використання методу немаксимального придушення (NMS), YOLO видаляє зайві або неправильні обмежувальні рамки, залишаючи лише найбільш впевнені прогнози для кожного об'єкта.

Одним з головних переваг YOLO є його швидкодія, оскільки він прогнозує об'єкти одночасно на всьому зображенні, уникнувши необхідності в багаторазовому пропуску зображення через мережу. Крім того, використання готових попередньо натренованих моделей, таких як ImageNet, дозволяє використовувати передбачення, зроблені на великому наборі даних, що сприяє кращій загальній точності.

РОЗРОБКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПОШУКУ

3.1 Розробка функціональної схеми роботи системи

Для ідентифікації об'єктів використовується дрон який може робити фотографії для об'єднання їх в одну картинку для того щоб можна було зробити потім повний звіт. Інакше система буде ідентифікувати об'єкти декілька разів.

На рисунку 3.1 представлена функціональна схема роботи системи. Оператор який налаштовує на польот над полем за допомогою пульта керування. Пульт у загальному вигляді контролює всі взаємодії з дроном через контролер дрону, який в свою чергу отримує всю інформацію з датчиків та контролює двигуни посередньо через ПІД регулятор, та контролює позицію камери. Після завершення польоту, дані збережені на карті пам'яті завантажуються на комп'ютер, з'єднуються в одну картинку та оператор або спеціаліст може подивитися на результат з повним звітом, для прийняття рішень.



Рисунок 3.1 – Функціональна схема роботи системи

На пульті керування дроном має бути можливість будувати маршрути для автоматичного керування дроном. У лінійки DJI є така опція. Можна створити один раз маршрут і використовувати скільки треба. Опція має назву «Mapping» (рис. 3.2). Потрібно вибрати місце з обмеженнями обльоту, вибрати висоту

польоту відносно води або відносно старту. Після цього маршрут з'явиться на екрані і дрон почне виконувати знімки. Для оптимізації є багато параметрів: камера, швидкість зльоту, швидкість польоту, кут направлення, кількість знімків, запас і т.д.

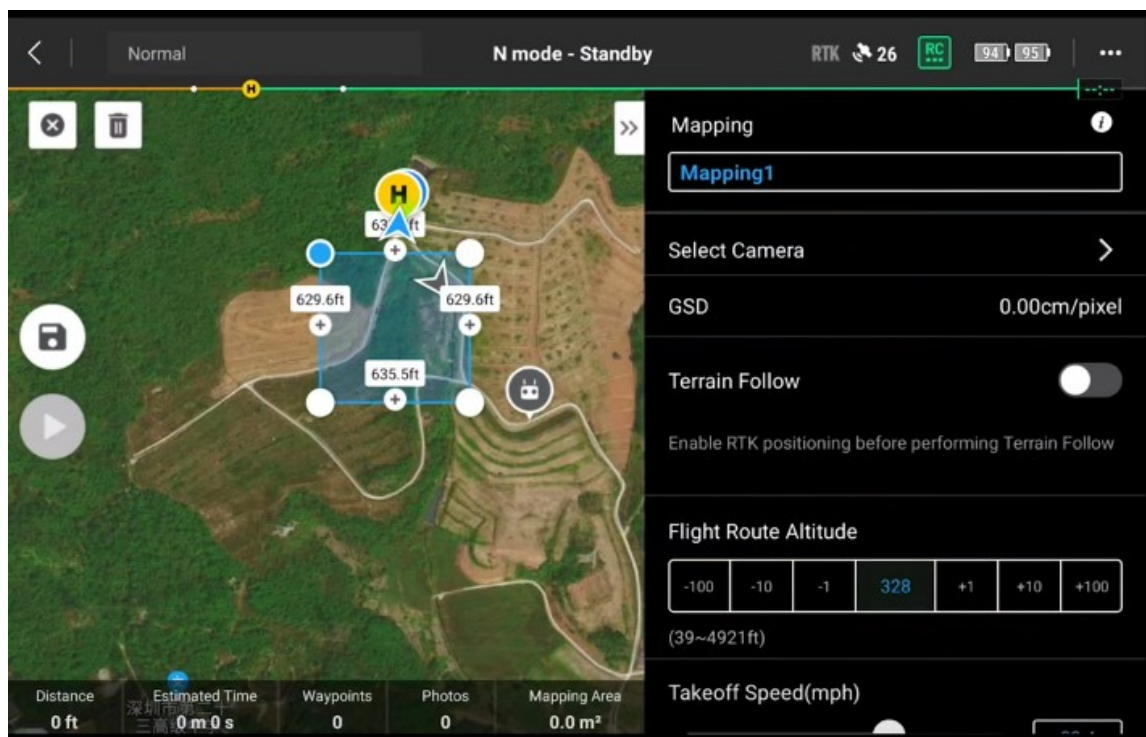


Рисунок 3.2 – Програмне забезпечення пульта для дрону

3.2 Вибір квадрокоптера

Перш за все, важливо мати дрон з високоякісною камерою. Камера повинна мати високу роздільну здатність та добре підходити для завдання розпізнавання огірків. Оптимальною вибором може бути дрон з камерою високої роздільної здатності, такою як 4K або навіть 8K, щоб забезпечити достатню деталізацію зображень огірків. Крім того, варто звернути увагу на оптичний зум, який дозволить отримувати докладні зображення навіть на великій відстані.

Контролер дрона повинен мати додаткові функції, які дозволяють точно керувати дроном та забезпечити стабільну польотну характеристику. Важливо

мати можливість легко переміщуватися по заданій області та встановлювати точні точки для отримання зображень.

Надійність та автономність є ще одними ключовими факторами. Дрон має бути надійним, стійким до впливу погодних умов та забезпечувати достатній час польоту для здійснення необхідних місій. Варто звернути увагу на дрони з довгим часом польоту та можливістю автоматичного повернення до базової точки або заряджання на польотній станції.

Усі ці потреби задовільняє квадрокоптер DJI Matrice 300 RTK.



Рисунок 3.3 – Квадрокоптер DJI Matrice 300 RTK [16]

Технічні характеристики дрона:

Час роботи акумулятора – до 55 хвилин.

Ступінь захисту – IP45.

Максимальна швидкість – 82.8 км/год.

Температура навколишнього середовища – від -20 до +50 град.

Максимальна допустима швидкість вітру – 54 км/год.

GPS – ГЛОНАСС + BeiDou + Galileo.

Максимальний радіус дії дистанційного керування – 15 км.

Особливості: система RTK, можливість гарячої заміни батареї, автоматичне повернення.

Zenmuse H20T є високоякісною камерою, розробленою спеціально для використання на дронах. Ця камера поєднує в собі кілька типів датчиків, забезпечуючи розширені можливості зйомки і спостереження з повітря. Zenmuse H20T має в собі трьохосний стабілізований гімбал, що забезпечує стабільну платформу для зйомки в різних умовах.

Технічні характеристики камери Zenmuse H20T:

Камери – 12МП/24мм широкий кут, 20МП/317-556.2мм 17.5X зум, дальномір 3-1200 метрів, тепловізор 58мм.

Оптичний зум – 23X.

Максимальний зум – 200X.

Затвор – 1 ~ 1/8000с.

ISO – 100-25600.

Діафрагма – f/1.6-f/11; f/2.8-f/11.

Особливості: лазерний дальномір, тепловізор.

3.3 Використання DJI Matrice 300 RTK для аерофотокартування

3.3.1 Перелік передпольотних перевірок

Перевірка систем – перед початком польотної місії необхідно перевірити дрон. Переконайтеся, що всі пристрої та батареї заряджені. Підключіть планшет до пульта керування, увімкніть його, а потім включіть дрон. Переконайтеся, що захисна кришка гімбала знята. Перевірте та виправте будь-які попередження.

Заряд батареї – це особливо важливо, особливо якщо ви збираєтеся подорожувати далеко від дому. У полі буде важко заряджати батареї для планшета, пульта керування та дрона. Це також затримає вашу місію та обмежить час польоту дрона, якщо батареї не заряджені.

Оновлення прошивки – зазвичай варто оновити прошивку вдома, перш ніж вирушати у місію. Проте, якщо ваш дрон є версією P3 і він на даний момент з'єднаний з контролером, рекомендуємо проігнорувати запит на оновлення прошивки, оскільки DJI головним чином додав більше обмежень до дрона у своїх останніх оновленнях.

Перевірка пам'яті SD-карти – переконайтеся, що старі зображення та відео збережені та видалені. Вам повинно бути повністю вільною пам'ять, щоб зняти вашу місію в полі. Було б дуже розчаруванням здійснити польот та виявити, що на карті недостатньо вільного простору для фотографій. Якщо це можливо, принесіть запасну порожню SD-карту з собою.

Калібрування компаса – калібруйте компас тільки тоді, коли програма DJI Go або індикатор статусу вимагають цього.

3.3.2 Планування місії

1. Огляд місцезнаходження проекту за допомогою Google Maps або супутникових зображень.
2. Підготуйте план польоту за допомогою DroneDeploy або іншої програми для планування місій.
3. Перевірте тривалість польоту, висоту, роздільну здатність пікселів тощо.
4. Збережіть місію.



Рисунок 3.4 – Планування місії за допомогою DroneDeploy

Важливо розуміти процес зшивання зображень для оптимізації можливості успішної генерації карт. Кожне фото, зроблене з дрону, містить "ознаки" такі як ряди культур, дерева, будівлі, сліди, залишені обладнанням або будь-що інше, що чітко розпізнається у візуальному просторі.

Під час виконання місії літальний апарат знімає безперервні фото, захоплюючи кілька зображень кожної окремої ознаки з різних кутів. Ці ознаки ідентифікуються та зіставляються за допомогою математичного процесу і накладаються одна на одну.

3.3.3 Методики покращення якості зображення

Політ на вищій висоті – дозволяє об'єктиву камери (з визначеним полем огляду) охопити більшу площу землі на одному зображенні. Це надає дрону більше можливостей для зафіксування загальних унікальних особливостей на кількох зображеннях, що може допомогти у картографуванні в областях з однорідними зображеннями (наприклад, крони дерев або сільськогосподарські угіддя). Крім того, це дозволяє досягти більшого нахилу камери для заданої камери. Політ на вищій висоті є найефективнішим способом покращення якості даних.

Зміна траєкторії польоту – використання функції "Flight Direction" дозволяє змінити напрямок польоту дрона. Зміна траєкторії польоту може бути корисною, коли ви картографуєте вузьку форму, щоб дрон економив заряд батареї. Вона також може допомогти при польоті проти вітру. Під час зміни обертання польоту поверніться до свого плану польоту, щоб переглянути зміни і переконайтеся, що вони працюють найкраще для вашого польоту. Обов'язково перегляньте місце початку польоту, щоб ваша траєкторія була чіткою.

Політ у хмарний день – дозволяє використовувати хмари як великий дифузор світла. Дифузори світла поширені в професійній фотографії, оскільки вони забезпечують м'яке, рівномірне освітлення об'єкта. Це може значно зменшити тіні, розмитість та блиск на відбивних поверхнях, що покращить якість карти.

Збільшення бічного перекриття під час планування – політ з більшим перекриттям між кожною лінією польоту є найпростішим способом отримати більше співпадаючих особливостей на зображеннях, але це вимагає зменшення площі, яку може охопити дрон за один польот.

Збільшення переднього перекриття під час планування – це збільшить кількість фотографій, зроблених під час кожної лінії польоту, просто змушуючи вашу камеру швидше знімати фотографії. Ваша камера має межу того, наскільки швидко вона може працювати, тому після досягнення цієї точки ви не побачите подальших покращень.

Початкова точка маршруту – якщо ви хочете розпочати польот з певної точки маршруту або продовжуєте місію, виберіть точку, з якої ви хочете, щоб дрон розпочав картографування.

Максимальна швидкість польоту – встановити максимальну швидкість, з якою дрон може летіти. Зверніть увагу, що максимальна швидкість не позначає фактичну швидкість дрона. Швидкість польоту дрона може змінюватися в залежності від параметрів польоту, таких як висота і налаштування перекриття.

3.4 Збір даних для навчання

Для навчання моделі нейронної мережі хороші дані мають бути різноманітними: з різним освітленням, різними ракурсами, різними фонами, різними умовами, перешкодами (таке як листя, стовбури рослини, чи інші огірки) і на різних стадіях розвитку. Різноманітність даних дозволяє моделі отримати більш широке уявлення про об'єкти і ситуації, з якими вона може стикатись у реальному світі.

Також при виборі фотографій важливим є висока якість зображення. Якість даних значно впливає на якість результату.

Картинки полей з огірками були завантажені з google images та instagram (пошуком по хештегу `cucumberfarming`).

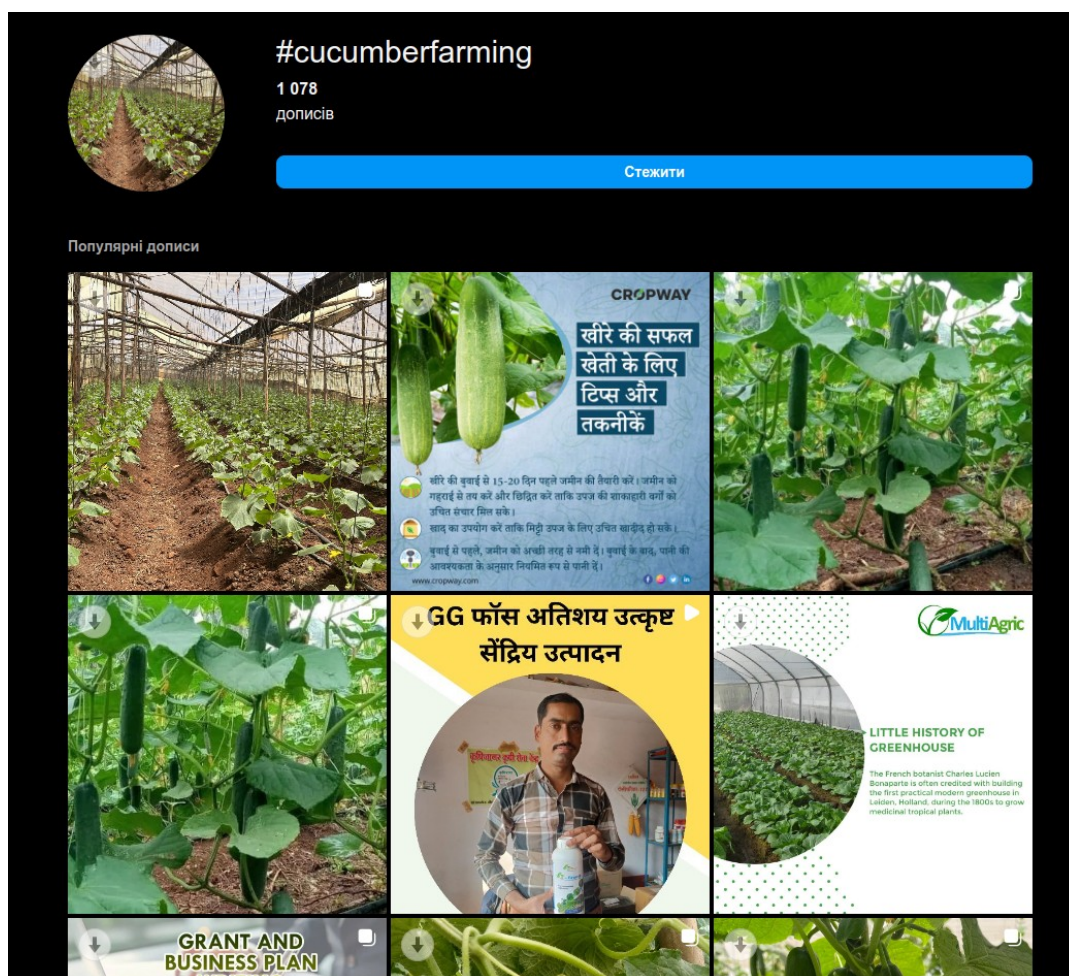


Рисунок 3.5 – Пошук даних для навчання за допомогою Instagram

3.4 Підготовка даних для навчання

Деякі фотографії були з логотипом, з людьми та іншою інформацією, тому деякі фотографії були обрізані за допомогою програми Krita. На майже всіх фотографіях був більше ніж один об'єкт.

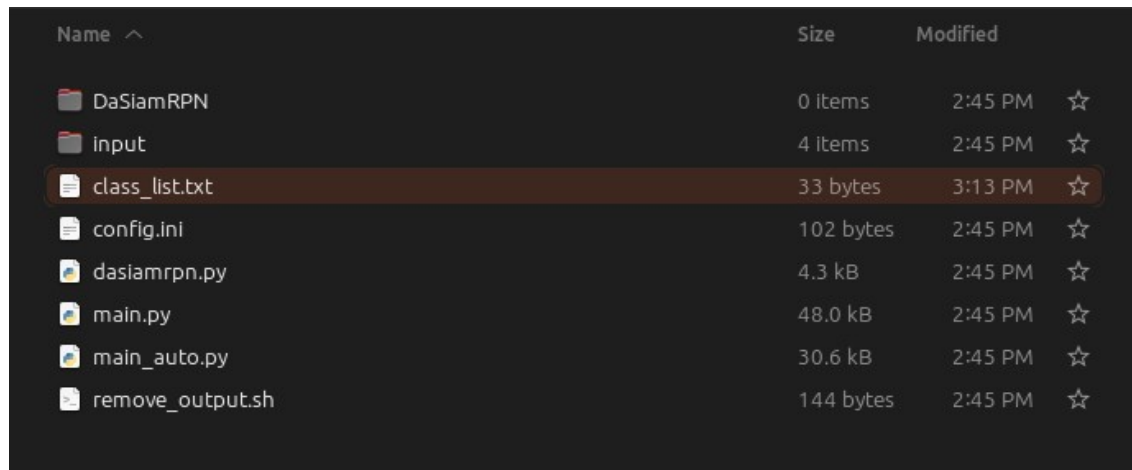
Після того, як на фотографіях нема нічого зайвого можна починати процес маркування даних. Маркування даних - це процес ідентифікації вихідних даних (зображень, текстових файлів, відео та ін.) і додавання одного або декількох значущих та інформативних міток, щоб надати контекст, за допомогою якого модель машинного навчання може вчитися з них.

Для цього можна використати інструмент маркування під назвою OpenLabeling, який запускається як скрипт Python з розташуванням, що містить

директорію вхідних зображень та текстовий файл із назвами всіх необхідних класів, записаних у ньому.

Після завантаження інструменту OpenLabeling з Github репозиторію, потрібно встановити залежності за допомогою пакетного менеджера pip для виконання скрипту. На момент проектування системи останнє оновлення було у лютому 2021, тому найновіша версія python, тобто 3.11.4 не підтримується. Методом експерименту було виявлено, що підтримується версії від 3.7 до 3.10 включно. Для встановлення потрібної версії був використаний інструмент для управління версіями python pyenv. Дуже важливо не видаляти версію python що встановлена за замовчуванням, інакше зламається графічна оболонка Ubuntu.

У папці main потрібно змінити файл class_list.txt, написати маркування як будуть використані для об'єктів, як роздільник між маркуваннями використовується новий рядок, були вибрані такі маркування: flower (квітка), young (малий), ready to harvest (готовий до збирання), overripe (перезрілий).



Name	Size	Modified
DaSiamRPN	0 items	2:45 PM
input	4 items	2:45 PM
class_list.txt	33 bytes	3:13 PM
config.ini	102 bytes	2:45 PM
dasiamrpn.py	4.3 kB	2:45 PM
main.py	48.0 kB	2:45 PM
main_auto.py	30.6 kB	2:45 PM
remove_output.sh	144 bytes	2:45 PM

Рисунок 3.6 – Зміст папки main

Всі зображення потрібно покласти у папку input. Далі потрібно запустити файл main.py, це створить папки YOLO_darknet та PASCAL_VOC всередині нової папки output. У цих папках є файли ".txt" та ".xml" з тим самим іменем, що й вхідні зображення. Ці файли ".txt" та ".xml" є порожніми. Вони будуть

зберігати дані міток після маркування зображення. Крім того, відкриється вікно програми.

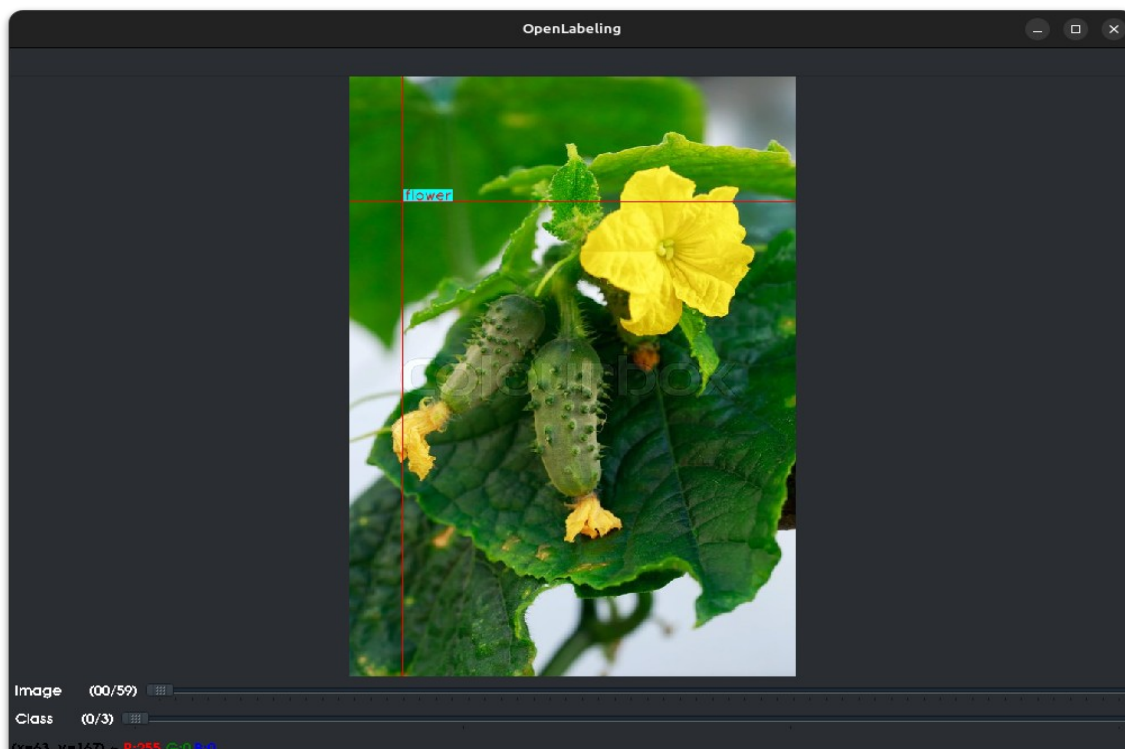


Рисунок 3.7 – Вікно програми для маркування зображення

Для зміни класу маркування можна використовувати клавіші W та S. Для переміщення між зображеннями використовуються клавіші A та D. Лівою клавішею миші потрібно натиснути для початку обведення і натиснути з протилежної сторони щоб вийшов об'єкт у прямокутнику. Якщо прямокутник був випадково намальований, то потрібно просто натиснути на нього правою клавішею миші.

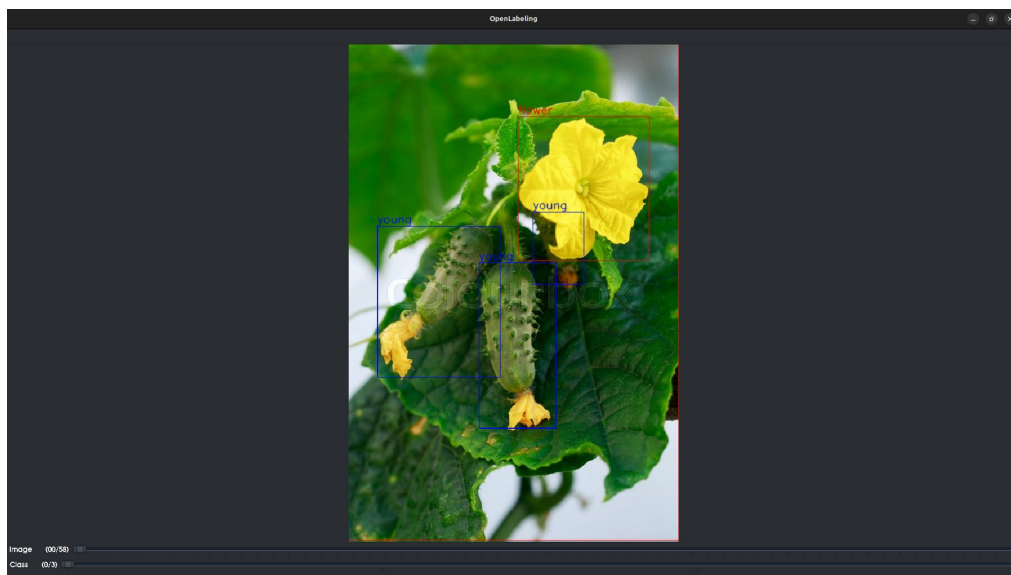


Рисунок 3.8 – Маркування об’єктів у програмі OpenLabeling

Зберігати нічого не потрібно, все зберігається автоматично, навіть якщо виникли помилки при роботі програми. Наприклад, якщо змінити клавіатуру на українську виникне помилка при переключенні та програма закриється, але все буде збережено.

Після закінчення маркування всіх об’єктів на картинці маємо заповнені файли txt та xml. Xml файл не знадобиться.

```

800px_COLOURBOX22631330.txt
~/Projects/thesis master degree/OpenLabeling/main/output/YOLO_darknet
Ln 1, Col 1
1 0 0.7110694183864915 0.289375 0.3977485928705441 0.28875
2 1 0.27204502814258913 0.516875 0.3714821763602251 0.30375
3 1 0.5103189493433395 0.605 0.2326454033771107 0.3325
4 1 0.6341463414634146 0.409375 0.15384615384615385 0.14625

```

Рисунок 3.9 – Зміст txt файлу після маркування

Файл з маркуванням YOLO містить 5 значень. Перше значення - це індекс ідентифікатора класу, як зазначено у файлі class_list.txt. Індекс починається з 0

(нуля). Таким чином, значення 0 тут означає, що це перший клас, тобто "квітка". Решта 4 значень у файлі - це координати об'єкта, а також висота і ширина обмежувальної рамки. У файлі міток будуть збережені нормалізовані значення для всіх 5 параметрів, тому їх значення будуть в діапазоні від 0 до 1.

Тепер структуруємо файли як звичайні датасет для YOLO, для цього потрібно txt файли покласти в одну папку зі зображеннями та створити для цієї папки архів obj.zip.

3.5 Тренування моделі

Для тренування будемо використовувати Google Colab, який надає доступ до потужних обчислювальних ресурсів, включаючи GPU та TPU, що дозволяє виконувати обчислювально важкі завдання швидше. У Google Calab можна писати, виконувати та візуалізувати код.

Створимо папку yolo та всередині неї папку training на Google Drive. У папці training будуть зберігатися навчені ваги. Вивантажимо маркований набір даних obj.zip у папку yolo.

Створимо папку data у папці yolo. Завантажимо файл yolov-custom.cfg по адресі <https://github.com/AlexeyAB/darknet/blob/master/cfg/yolov4-custom.cfg>. Редагуємо його: можна змінити ширину та висоту розміру мережі (будь-яке значення кратне 32), поставимо 416 обидва значення (при більшому значенні Google Colab показує помилку про дефіцит пам'яті). Змінимо значення max_batches, рекомендується не менше 6000. Змінимо steps до 80% та 90% відсотків від значення max_batches, тобто steps 4800,5400. Змінимо filters на $filters=(classes + 5)*3$, у нашому випадку classes=4, тому filters=27. Відповідно змінимо classes=4. Вивантажимо файл у нову папку data.

У папці yolo створимо файли obj.data та у папці data – obj.names. У файл obj.data запишемо параметри: кількість класів; шлях до файлів train.txt і test.txt, які будуть створені пізніше; шлях до файлу obj.names, в якому містяться назви класів; шлях до папки тренування, де будуть збережені ваги навчання.

```

1 classes = 4
2 train = data/train.txt
3 valid = data/test.txt
4 names = data/obj.names
5 backup = /content/drive/MyDrive/yolo/training

```

Рисунок 3.10 – Зміст файл obj.data

Файл obj.names має той самий зміст що і class_list.txt, що заповнювалось при підготовці даних. Далі потрібно зробити скрипт process.py, який розділить дані на 2 частини: для тренування та тестування.

```

1 import glob
2 import os
3
4 # Current directory
5 current_dir = os.path.dirname(os.path.abspath(__file__))
6 print(current_dir)
7
8 current_dir = 'data/obj'
9
10 # Percentage of images to be used for the test set
11 percentage_test = 10
12
13 # Create and/or truncate train.txt and test.txt
14 file_train = open('data/train.txt', 'w')
15 file_test = open('data/test.txt', 'w')
16
17 # Supported image formats
18 supported_formats = ['.jpg', '.jpeg', '.png']
19
20 # Populate train.txt and test.txt
21 counter = 1
22 index_test = round(100 / percentage_test)
23
24 for pathAndFilename in glob.iglob(os.path.join(current_dir, "*")):
25     if any(pathAndFilename.endswith(ext) for ext in supported_formats):
26         title, ext = os.path.splitext(os.path.basename(pathAndFilename))
27
28         if counter == index_test:
29             counter = 1
30             file_test.write("data/obj" + "/" + title + ext + "\n")
31         else:
32             file_train.write("data/obj" + "/" + title + ext + "\n")
33         counter = counter + 1

```

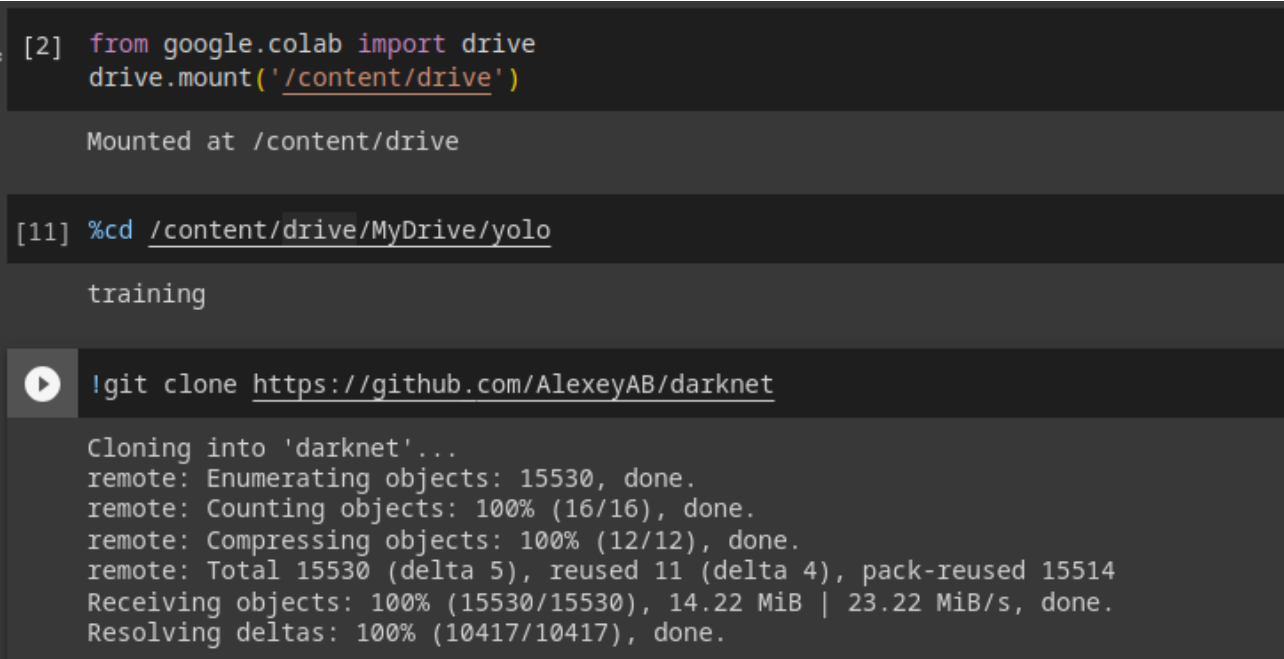
Рисунок 3.11 – Python скрипт, що розділяє зображення на тренувальні та тестувані

Підключемо гугл диск до google colab для зберігання результатів та використання файлів та скриптів проекту.

Для тренування використаємо відкритий нейромережевий фреймворк, Darknet був розроблений Джозефом Редмоном і є основою для алгоритму YOLO, який відомий своєю можливістю виявлення об'єктів у реальному часі.

Darknet написаний мовами C і CUDA, що робить його високоефективним та придатним як для обчислень на центральному процесорі, так і на графічному процесорі. Він надає потужний набір інструментів та функціональностей для створення та тренування глибоких нейронних мереж.

Важливо відзначити, що Darknet не потрібно асоціювати з терміном "темний інтернет" у контексті незаконних дій. Darknet виключно відноситься до відкритого програмного забезпечення і не має ніякого відношення до зловживань у мережі.



```
[2] from google.colab import drive
drive.mount('/content/drive')

Mounted at /content/drive

[11] %cd /content/drive/MyDrive/yolo
training

!git clone https://github.com/AlexeyAB/darknet

Cloning into 'darknet'...
remote: Enumerating objects: 15530, done.
remote: Counting objects: 100% (16/16), done.
remote: Compressing objects: 100% (12/12), done.
remote: Total 15530 (delta 5), reused 11 (delta 4), pack-reused 15514
Receiving objects: 100% (15530/15530), 14.22 MiB | 23.22 MiB/s, done.
Resolving deltas: 100% (10417/10417), done.
```

Рисунок 3.12 – Підключення диску та завантаження проект darknet

Використання CUDA та cuDNN дозволяє Darknet виконувати обчислення на графічному процесорі (GPU) замість центрального процесора (CPU), що забезпечує значну прискорення роботи над глибоким навчанням.

CUDA - це платформа розподілених обчислень, розроблена компанією NVIDIA. Вона дозволяє програмістам використовувати мову програмування C для написання паралельних програм, які виконуються на GPU. CUDA надає доступ до великої кількості обчислювальних ресурсів, що присутні в сучасних графічних процесорах, що дозволяє ефективно виконувати інтенсивні обчислення, такі як операції глибокого навчання.

CUDNN - це набір бібліотек, розроблених NVIDIA, які оптимізують роботу глибоких нейронних мереж на платформі CUDA. Вона надає набір оптимізованих функцій та алгоритмів для прискорення роботи з нейронними мережами на графічних процесорах. Завдяки cuDNN, Darknet може виконувати операції над нейронними мережами швидше та ефективніше, що сприяє прискоренню процесу навчання та виконання моделей.

Для включення CUDA та cuDNN потрібно замінити деякі значення у файлі Makefile (рис. 3.13)

```
[4] %cd darknet/  
!sed -i 's/OPENCV=0/OPENCV=1/' Makefile  
!sed -i 's/GPU=0/GPU=1/' Makefile  
!sed -i 's/CUDNN=0/CUDNN=1/' Makefile  
!sed -i 's/CUDNN_HALF=0/CUDNN_HALF=1/' Makefile  
!sed -i 's/LIBSO=0/LIBSO=1/' Makefile
```

Рисунок 3.13 – Заміна значення для включення CUDA та cuDNN

Скомпілюємо вихідний код Darknet для створення виконуваного файлу програми (рис. 3.14). Операція зайняла приблизно 2 хвилини.

Компіляція вихідного коду потрібна для перетворення файлів з вихідним кодом Darknet, написаним на мові програмування C, в виконуваний файл, який може бути запущений на конкретній операційній системі та апаратному забезпеченні. Компіляція також включає процес зв'язування залежностей та бібліотек, необхідних для правильної роботи програми.

```

# build darknet
make

mkdir -p ./obj/
mkdir -p backup
chmod +x *.sh
g++ -std=c++11 -std=c++11 -Iinclude/ -I3rdparty/stb/include -DOPENCV pkg-config --cflags opencv4 2> /dev/null || pkg-config --cflags opencv -DGPU -I/usr/local/cuda/inc
./src/image_opencv.cpp: In function 'void draw_detections_cv_v3(void**, detection*, int, float, char**, image**, int, int)':
./src/image_opencv.cpp:946:23: warning: variable 'rgb' set but not used [-Wunused-but-set-variable]
   946 |         float rgb[3];
       |         ^~~~~
./src/image_opencv.cpp: In function 'void draw_train_loss(char*, void**, int, float, float, int, int, float, int, char*, float, int, int, double)':
./src/image_opencv.cpp:1147:19: warning: this 'if' clause does not guard... [-Wmisleading-indentation]
   1147 |         if (iteration_old == 0)
       |         ^
./src/image_opencv.cpp:1150:10: note: ...this statement, but the latter is misleadingly indented as if it were guarded by the 'if'
   1150 |         if (iteration_old != 0){
       |         ^
./src/image_opencv.cpp: In function 'void cv_draw_object(image, float*, int, int*, float*, int*, int, char**)':
./src/image_opencv.cpp:1444:14: warning: unused variable 'buff' [-Wunused-variable]
   1444 |         char buff[100];
       |         ^
./src/image_opencv.cpp:1420:9: warning: unused variable 'it_tb_res' [-Wunused-variable]
   1420 |         int it_tb_res = cv::createTrackbar(it_trackbar_name, window_name, &it_trackbar_value, 1000);
       |         ^
./src/image_opencv.cpp:1424:9: warning: unused variable 'lr_tb_res' [-Wunused-variable]
   1424 |         int lr_tb_res = cv::createTrackbar(lr_trackbar_name, window_name, &lr_trackbar_value, 20);
       |         ^
./src/image_opencv.cpp:1428:9: warning: unused variable 'cl_tb_res' [-Wunused-variable]
   1428 |         int cl_tb_res = cv::createTrackbar(cl_trackbar_name, window_name, &cl_trackbar_value, classes-1);
       |         ^
./src/image_opencv.cpp:1431:9: warning: unused variable 'bo_tb_res' [-Wunused-variable]
   1431 |         int bo_tb_res = cv::createTrackbar(bo_trackbar_name, window_name, boxonly, 1);
       |         ^
g++ -std=c++11 -std=c++11 -Iinclude/ -I3rdparty/stb/include -DOPENCV pkg-config --cflags opencv4 2> /dev/null || pkg-config --cflags opencv -DGPU -I/usr/local/cuda/inc
./src/http_stream.cpp: In member function 'bool JSON_sender::write(const char)':
./src/http_stream.cpp:253:21: warning: unused variable 'n' [-Wunused-variable]
   253 |         int n = _write(client, outputbuf, outlen);
       |         ^
./src/http_stream.cpp: In member function 'bool MJPG_sender::write(const cv::Mat&)':
./src/http_stream.cpp:511:95: warning: format '%zu' expects argument of type 'size_t', but argument 3 has type 'int' [-Wformat=]
   511 |         sprintf(head, "--mjpegstream\r\nContent-Type: image/jpeg\r\nContent-Length: %zu\r\n\r\n", outlen);
       |         ~~~~~^~~~~~

```

Рисунок 3.14 – Компіляція коду Darknet

Потрібно очистити всі зайві файли у папці data, окрім папки labels (використовується для зберігання файлів міток або анотацій, пов'язаних з навчальним набором даних).

Далі, завантажемо файли obj.names та obj.data у папку data. Туди ж розпакуємо архів (папка з датасетом матиме ім'я obj). Скопіюємо скрипт process.py у папку darknet.

```

[6] # Clean the data and cfg folders first except the labels folder in data which is required

%cd data/
!find -maxdepth 1 -type f -exec rm -rf {} \;
%cd ..

!rm -rf cfg/
!mkdir cfg

/content/drive/MyDrive/yolo/darknet/data
/content/drive/MyDrive/yolo/darknet

[7] # Unzip the obj.zip dataset and its contents so that they are now in /darknet/data/ folder

!unzip /content/drive/MyDrive/yolo/obj.zip -d data/

[8] # Copy the yolov4-custom.cfg file so that it is now in /darknet/cfg/ folder

!cp /content/drive/MyDrive/yolo/yolov4-custom.cfg cfg

# verify if your custom file is in cfg folder
!ls cfg/

yolov4-custom.cfg

[11] # Copy the obj.names and obj.data files from your drive so that they are now in /darknet/data/ folder

!cp /content/drive/MyDrive/yolo/obj.names data
!cp /content/drive/MyDrive/yolo/obj.data data

# verify if the above files are in data folder
!ls data/

labels obj obj.data obj.names

```

Рисунок 3.15 – Операції переміщення файлів

Запустимо скрипт process.py, це створить два файли train.txt та test.txt. В них знаходяться шляхи до файлів. Перший буде використаний для тренування.

Завантажемо файл yolov4.conv.137 є ваговими файлами, які використовуються в Darknet для ініціалізації моделі YOLOv4 перед початком тренування. Вагові файли містять попередньо навчені ваги нейронної мережі, які були отримані шляхом тренування на великому наборі даних.

```
[13] # run process.py ( this creates the train.txt and test.txt files in our darknet/data folder )
python process.py

# list the contents of data folder to check if the train.txt and test.txt files have been created
ls data/

/content/drive/MyDrive/yolo/darknet
labels obj obj_data obj_names test.txt train.txt

# Download the yolov4 pre-trained weights file
wget https://github.com/AlexeyAB/darknet/releases/download/darknet_yolo_v3_optimal/yolov4_conv_137

--2023-06-21 18:33:47-- https://github.com/AlexeyAB/darknet/releases/download/darknet_yolo_v3_optimal/yolov4_conv_137
Resolving github.com (github.com)... 140.82.113.3
Connecting to github.com (github.com)[140.82.113.3]:443... connected.
HTTP request sent, awaiting response... 302 Found
location: https://objects.githubusercontent.com/github-production-release-asset-2e65be/75388965/48bfe500-889d-11ea-819e-c4d182fcf0db7X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=aws4_credentials/20230621/us-east-1/s3/aws4_credentials/Yolov4Conv137-X-Amz-Expires=300&X-Amz-Security-Token=token/20230621/us-east-1/s3/aws4_credentials/Yolov4Conv137-X-Amz-SignedHeaders=host
--2023-06-21 18:33:48-- https://objects.githubusercontent.com/github-production-release-asset-2e65be/75388965/48bfe500-889d-11ea-819e-c4d182fcf0db7X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=aws4_credentials/20230621/us-east-1/s3/aws4_credentials/Yolov4Conv137-X-Amz-Expires=300&X-Amz-Security-Token=token/20230621/us-east-1/s3/aws4_credentials/Yolov4Conv137-X-Amz-SignedHeaders=host
Resolving objects.githubusercontent.com (objects.githubusercontent.com)... 185.199.108.133, 185.199.109.133, 185.199.110.133, ...
Connecting to objects.githubusercontent.com (objects.githubusercontent.com)[185.199.108.133]:443... connected.
HTTP request sent, awaiting response... 200 OK
Length: 170038676 (162M) [application/octet-stream]
Saving to: 'yolov4.conv.137'

yolov4.conv.137 100%[=====] 162.16M 67.4MB/s in 2.4s
2023-06-21 18:33:50 (67.4 MB/s) - 'yolov4.conv.137' saved [170038676/170038676]
```

Рисунок 3.16 – Завантаження файл з вагами

Тепер можна тревати модель, для цього потрібно вести команду з параметрами конфігурацій та шляхом до файлу з вагами. Тренування займало 6-7 годин.

```
# train your custom detector! (uncomment %%capture below if you run into memory issues or your Colab is crashing)
# %%capture

!./darknet detector train data/obj_data cfg/yolov4-custom.cfg yolov4.conv.137 -dont_show -map

CUDA-version: 11080 (12000), cuDNN: 8.9.0, CUDNN_HALF=1, GPU count: 1
CUDNN_HALF=1
OpenCV version: 4.2.0
Prepare additional network for mAP calculation...
0 : compute_capability = 750, cudnn_half = 1, GPU: Tesla T4
net.optimized_memory = 0
mini_batch = 1, batch = 16, time_steps = 1, train = 0
layer filters size/strd(dil) input output
0 Create CUDA-stream - 0
Create cudnn-handle 0
conv 32 3 x 3/ 1 640 x 640 x 3 -> 640 x 640 x 32 0.708 BF
1 conv 64 3 x 3/ 2 640 x 640 x 32 -> 320 x 320 x 64 3.775 BF
2 conv 64 1 x 1/ 1 320 x 320 x 64 -> 320 x 320 x 64 0.839 BF
3 route 1 -> 320 x 320 x 64
4 conv 64 1 x 1/ 1 320 x 320 x 64 -> 320 x 320 x 64 0.839 BF
5 conv 32 1 x 1/ 1 320 x 320 x 64 -> 320 x 320 x 32 0.419 BF
6 conv 64 3 x 3/ 1 320 x 320 x 32 -> 320 x 320 x 64 3.775 BF
7 Shortcut Layer: 4, wt = 0, wn = 0, outputs: 320 x 320 x 64 0.007 BF
8 conv 64 1 x 1/ 1 320 x 320 x 64 -> 320 x 320 x 64 0.839 BF
9 route 8 2 -> 320 x 320 x 128
10 conv 64 1 x 1/ 1 320 x 320 x 128 -> 320 x 320 x 64 1.678 BF
11 conv 128 3 x 3/ 2 320 x 320 x 64 -> 160 x 160 x 128 3.775 BF
12 conv 64 1 x 1/ 1 160 x 160 x 128 -> 160 x 160 x 64 0.419 BF
13 route 11 -> 160 x 160 x 128
14 conv 64 1 x 1/ 1 160 x 160 x 128 -> 160 x 160 x 64 0.419 BF
15 conv 64 1 x 1/ 1 160 x 160 x 64 -> 160 x 160 x 64 0.210 BF
```

Рисунок 3.17 – Операції переміщення файлів

Після тренування у папці training з'явилися файли з вагами на різній стадії тренування.

Name	Owner	Last modified	File size
yolov4-custom_last.weights	me	10:45 AM me	244.2 MB
yolov4-custom_final.weights	me	10:45 AM me	244.2 MB
yolov4-custom_6000.weights	me	10:45 AM me	244.2 MB
yolov4-custom_5000.weights	me	10:16 AM me	244.2 MB
yolov4-custom_best.weights	me	10:04 AM me	244.2 MB
yolov4-custom_4000.weights	me	9:47 AM me	244.2 MB
yolov4-custom_3000.weights	me	9:18 AM me	244.2 MB
yolov4-custom_2000.weights	me	8:47 AM me	244.2 MB
yolov4-custom_1000.weights	me	8:17 AM me	244.2 MB

Рисунок 3.18 – Файли з вагами у папці training

3.6 Оцінка ефективності ідентифікації

Після тренування за допомогою тестового датасета можна оцінити ефективність тренування, для цього виконаємо команду (рис. 3.16)

```
##You can check the mAP for all the saved weights to see which gives the best results ( xxxx here is the saved weight number like 4000.
!./darknet detector map data/obj.data cfg/yolov4-custom.cfg /content/drive/MyDrive/yolo/training/yolov4-custom_1000.weights -points 0
```

Рисунок 3.19 – Команда для перевірки ефективності роботи моделі

Виконаємо команду для всіх етапів від 1000 до 6000 (кількість ітерацій тренування).

Для оцінки ефективності моделі YOLO v4 використовуються такі показники, як точність, recall, AP (average precision), коефіцієнт перекриття IoU (Intersection over Union) і F1-score. Для цього використовуються наступні терміни: TP (true positive - правильно визнані позитивні), FP (false positive - помилково визнані позитивні), TN (true negative - правильно визнані негативні) і FN (false negative - помилково визнані негативні). R вказує на площу області

обмеження об'єкта, R' - на фактичну площу області обмеження об'єкта. mAP - це середнє значення середньої точності (AP), коли виявляється лист огірка.

$$\text{точність} = \frac{TP}{TP+FP} \cdot 100\% \quad (3.1)$$

$$\text{recall} = \frac{TP}{TP+FN} \cdot 100\% \quad (3.2)$$

$$AP = \sum_{c=1}^c AP \frac{(c)}{C} \quad (3.3)$$

$$IoU(R, R') = \frac{R \cap R'}{R \cup R'} \quad (3.4)$$

$$F1 - \text{score} = 2 \cdot \frac{\text{precision} \cdot \text{recall}}{\text{precision} + \text{recall}} \quad (3.5)$$

Таблиця 3.1 – Порівняння ефективності роботи тренерованої моделі

Кільк. ітерацій	AP, квітка, %	AP, малий, %	AP, готовий, %	AP, перезрів, %	Точність	Recall	F1-score	Average IoU, %
1000	70.0	2.9	47.1	0.0	0.45	0.33	0.38	30.3
2000	83.3	7.7	44.6	0.0	0.43	0.40	0.41	31.3
3000	83.3	3.9	60.7	0.0	0.71	0.48	0.57	52.5
4000	50.0	7.7	64.3	0.0	0.79	0.45	0.58	60.7
5000	100.0	6.0	55.8	0.0	0.73	0.38	0.50	54.1
6000	100.0	3.9	59.4	0.0	0.80	0.38	0.52	61.4

На стадії обробки даних виявилось що дані про перезрілі огірки не потрапили на тренування, а були вибрані для тестування. Тому показник AP для перезрівших огірок дорівнює 0.

Після тренування системи можна використовувати нове зображення, яке система ще не бачила, для оцінки ефективності у графічному вигляді.



Рисунок 3.20 – Робота ідентифікації на новому зображенні

3.7 Висновки до третього розділу

Проведена реалізація системи розпізнавання агрокультур на основі моделі YOLO. Застосовані методи та алгоритми були успішно втілені, що дозволило створити функціональну систему здатну аналізувати та оцінювати стан поля. Система виявила високу точність та ефективність навіть при обмеженій кількості наявних тренувальних даних. Систему можна використовувати для оцінки стану поля у відсотковому співвідношенні. Система допоможе прийняти рішення про початок збору огірків.

Найкращий показник був на останій шести тисячній ітерації. Можна зробити стверження що можливо система показала кращі результати при більшій кількості тренувань.

Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

Студент _____ Головченко Д.С.

«_____» _____ 2023 р.

Консультант _____ д.б.н, професор

Л.І. Григор'єва

«_____» _____ 2023 р.

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Охорона праці

Приміщення, розмірами 3.5 метри в ширину, 8 метрів в довжину та 2.5 метри висоти, є лабораторією, спеціально призначеною для програмування та навчання нейронних мереж. Усередині лабораторії розташовані різні елементи, що забезпечують комфортні та ефективні умови для досліджень та розробок у галузі штучного інтелекту.

Лабораторія обладнана двома робочими місцями, на кожному з яких розміщений комп'ютер з достатньою обчислювальною потужністю та встановленим спеціалізованим програмним забезпеченням для розробки та навчання нейронних мереж. Кожне робоче місце має необхідні периферійні пристрої, такі як монітор, клавіатура, миша та інші необхідні пристрої.

4.1.1 Охорона праці при роботі з комп'ютером

Сучасний розвиток технічного та технологічного стану виробництва передбачає постійну автоматизацію та оптимізацію виробничих процесів. Сьогодні, напевно, важко уявити компанію, господарська діяльність в якій здійснювалась би без використання комп'ютерної техніки. Через масовий характер робіт, що виконуються працівниками за допомогою комп'ютера, законодавством України чітко врегульовано норми та вимоги до використання комп'ютерної техніки на підприємстві, безпосередньо й охорона праці при роботі з комп'ютером.

4.1.2 Аналіз умов праці у приміщенні

При роботі з комп'ютером людина піддається ряду небезпечних і шкідливих факторів.

До небезпечних виробничих фізичних факторів відносяться:

- підвищення рівня статистичної електроенергії;
- підвищений рівень електромагнітного випромінювання;

– гіподинамія.

Крім фізичних факторів, існують і психофізіологічні фактори:

- інтелектуальні навантаження та напруженість праці;
- тривалі статистичні навантаження;
- одноманітність роботи.

Розглянемо більш конкретно кожен потенційну небезпеку з аналізом характеру їх дій на організм людини.

Електромагнітне поле, що виробляється джерелами живлення будь-яких пристроїв, сприяє осіданню пилу і аерозольних частинок на обличчі, руках, шії, що може викликати у людей, які дуже чутливі до такого впливу, негативні реакції – сухість і алергію.

Електростатичне поле впливає на іонний склад повітря, що погіршує навколишнє середовище в приміщенні, де знаходяться комп'ютери.

Інфрачервоне випромінювання є найбільш небезпечним, так як воно проникає в тканини і підвищує їх температуру. Це може викликати почервоніння очей, подразнення та запалення.

У приміщеннях, де використовується сучасна комп'ютерна техніка, часто присутній шум, вібрація. Джерелами шуму в таких приміщеннях можуть бути вентиляційні установки, кондиціонери або периферійне обладнання для ПК. Тривалий ефект цих шумів негативно позначається на емоційному стані персоналу. Гранично допустимі значення рівня шуму і вібрації у приміщеннях, обладнаних ПЕОМ, регламентуються Постановою про Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин ДСанПіН 3.3.2.007-98. Відповідно до ДСТУ в приміщеннях комп'ютерних центрів рівні звуку та еквівалентні рівні звуку не повинні перевищувати 50 дБ.

Недолік освітлення призводить до напруженого зору, послаблює увагу, призводить до настання передчасної втоми. Надмірно яскраве освітлення викликає роздратування і біль в очах. Неправильний напрямок світла на робочому місці може створювати різкі тіні, відблиски, дезорієнтувати

працівника. Всі ці причини можуть призвести до нещасного випадку на виробництві або професійного захворювання. Таким чином, перенапруження зорового нерву дуже сильно залежить від освітлення на робочих місцях. Основні вимоги до освітлення у приміщеннях визначені у постанові про Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин ДСанПіН 3.3.2.007-98.

Сидяча робота користувачів ПК призводить до зниження м'язової активності – гіподинамії. При нестачі рухів спостерігається зниження споживання клітинами організму кисню, сповільнюється обмін речовин. Це може призвести до розвитку атеросклерозу, ожиріння, а також викликати дистрофію міокарда, хронічний головний біль, безсоння, роздратування тощо.

4.1.3 Заходи щодо забезпечення пожежної безпеки

Комп'ютер інженера при розробці комплексного захисту інформації для підприємства визначається як електроприлад з напругою живлення 220/380.

Щоб уникнути ураження електричним струмом, появи пожеж і порушень роботи ПК, важливо дотримуватися таких заходів електропожежної безпеки, як:

- забороняється вмикати комп'ютер і периферійні пристрої зі знятою кришкою;
- забороняється робота комп'ютера з шнуром живлення з будь-якою несправністю;
- забороняється підключати певні периферійні пристрої до комп'ютера при включеному живленні;
- робота комп'ютера заборонена в приміщенні з підвищеною вологістю або сильно забрудненим повітрям;
- під час роботи необхідно дотримуватися певних заходів, які виключають різні удари та падіння комп'ютера;
- не залишати робочий комп'ютер без спостереження;
- запобігати потраплянню небажаних сторонніх предметів, рідин і сипучих речовин всередину комп'ютера і периферійних пристроїв;

- не допускати перегини, передавлення та натягувань силових кабелів;
- не встановлювати комп'ютер поруч з джерелами тепла;
- запобігати закриттю вентиляційних отворів на ПК та периферійних пристроях;
- електропостачання робочого місця необхідно підключити через вимикач, який встановлюється в зручному місці для швидкого відключення електроенергії на робочому місці, а також необхідно вжити заходів щодо знеструмлення робочого місця в екстрених ситуаціях;
- приміщення з ПК повинні бути обладнані вогнегасниками. Ручні вуглекислотні вогнегасники (наприклад, ВВ-2, ВВ-7), розташовуються в приміщеннях з різним обчислювальним обладнанням, виходячи з розрахунку один вогнегасник на 40-50 м² площі та від двох на приміщення.

4.1.4 Мікроклімат

Величезний вплив на мікроклімат всередині будівлі надають джерела тепла, такі як ПК, прилади освітлення приміщення, а також сонячне випромінювання. При цьому найбільші тепловиділення приміщень, які обладнанні комп'ютерами, в середньому віддають близько 80% (але не більше) тепла у сумі. Від пристроїв, що випромінюють світло, виділення тепла становить близько 12%, від персоналу – 1%, від сонячної радіація 6%. Виділення тепла через непрозорі огорожувальні конструкції – 1%.

Середня вологість повітря також має величезний вплив на організм людини і роботу обладнання. Якщо вологість повітря досягає 40%, то основа магнітної стрічки стає крихкою, що збільшує знос магнітних головок, ізоляція проводів виходить з ладу, під час руху носіїв інформації в комп'ютері виникає статична електрика.

4.1.5 Шум

У зонах, де рівень звукового тиску більше ніж 135дБ працювати заборонено.

Для робочих місць, які використовують пристрої, а також в адміністративних будівлях і лабораторіях, які повторюваними операціями, пов'язані з регулярно гранично допустиме значення рівнозначного рівня звуку повинно бути менше 60 дБ при адекватній 8-годинній робочій зміні. В якості захисту від шуму або його оптимізації застосовуються наступні заходи:

- раціональне розміщення робочих місць і обладнання, облік шумової карти приміщення;
- створення шумоізоляційних зон.

4.1.6 Розрахунок штучного освітлення

Штучне освітлення в приміщеннях, де використовуються монітор і ПК, повинно здійснюватися системою загального рівномірного освітлення. У промислових і адміністративно-громадських приміщеннях при більш продуктивній роботі з документами можна дозволити використання комбінованого освітлення.

Необхідно повністю виключити нерівномірний розподіл насичення освітлення в полі зору людини біля монітора і ПК, використовуючи співвідношення насичення освітлення між робочими поверхнями не більше 3:1-5:1, при цьому між робочими поверхнями і поверхнями обладнання та стін – 10:1.

В якості джерел освітлення необхідно використовувати в основному люмінесцентні лампи типу ЛБ, світлова віддача яких більше 75лм/Вт. Найбільш сприятливі для штучного освітлення – лампи білого кольору, потужністю 80 Вт, які мають майже природний спектральний склад світла, що дає оптимальну передачу кольору зображення.

Необхідно розрахувати кількість ламп. Освітлення приміщення здійснюється за допомогою люмінесцентної лампи LDC потужністю 80 Вт

(світловий потік – 3800 лм, довжина – 1.5 м). Стеля і стіни світлого кольору, вікна без штор та об'єм приміщення 70 м³ (довжина приміщення – 8 м, ширина – 3.5 м, висота – 2.5 м), то мінімальний коефіцієнт освітленості для люмінесцентної лампи $Z = 1.1$.

Відстань від стелі до робочої поверхні розраховується за формулою (4.1):

$$h_{\pi} = H - H_p, \quad (4.1)$$

де H – висота приміщення, м; H_p – висота робочої поверхні над підлогою, м.

Таким чином відстань від стелі до робочої поверхні (м):

$$h_{\pi} = 2.5 - 0.6 = 1.9. \quad (4.2)$$

Відстань від стелі до світильника розраховується за формулою (4.3):

$$h_c = 0.2 \cdot h_{\pi}. \quad (4.3)$$

Звідси відстань від стелі до лампи (м):

$$h_c = 0.2 \cdot 1.9 = 0.38. \quad (4.4)$$

Висота підвісу світильника розраховується за наступною формулою (м):

$$h = h_{\pi} - h_c \quad (4.5)$$

Звідси висота підвісу (м):

$$h = 1.9 - 0.38 = 1.52. \quad (4.6)$$

Коефіцієнт відбиття стелі ($S_{ст}$) і стін ($S_{стн}$) визначається як:

$$S_{ст} = 70\%, S_{стн} = 50\% \quad (4.7)$$

Індекс приміщення визначається за формулою:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}, \quad (4.8)$$

де A – довжина приміщення, (м); B – ширина приміщення, (м); h – висота підвісу світильника, (м).

Звідси індекс приміщення:

$$i = \frac{8 \cdot 3.5}{1.52 \cdot (8 + 3.5)} = 1.6 \quad (4.9)$$

Коефіцієнт використання світлового потоку $K_{вик} = 0.33$. Коефіцієнт запасу $K_3 = 1.4$. Мінімальна нормована освітленість $E_n = 300$ люкс.

Світловий потік лампи (лм) визначається за формулою:

$$F = \frac{E_n \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{\eta}, \quad (4.10)$$

де S – площа приміщення, що має бути освітлене, (m^2); Z – коефіцієнт мінімальної освітленості; η – коефіцієнт використання світлового потоку.

$$F = \frac{300 \cdot 28 \cdot 1.4 \cdot 1.1}{0.35}. \quad (4.11)$$

Використовуються лампи LDC зі світловим потоком (лм):

$$F = 36960. \quad (4.12)$$

Необхідна кількість ламп (шт) визначається:

$$N = \frac{F}{F_{\text{л}}} = \frac{36960}{3800} = 10 \quad (4.13)$$

4.2 Рекомендації з безпеки використання дронів

Перевірка оточуючої обстановки: Перед запуском дрона переконайтеся, що оточуюча обстановка безпечна для польоту. Уникайте запуску неподалік від людей, тварин, будівель, автомобілів та інших перешкод.

Перевірка дрона: Перед кожним польотом необхідно оглянути дрон. Переконайтеся, що всі компоненти дрона у гарному стані та не пошкоджені. Перевірте акумулятори та переконайтеся, що вони заряджені.

Безпечне включення: Вмикайте дрон лише на відкритій площі, подалі від людей та інших об'єктів. Переконайтеся, що ваші руки знаходяться подалі від пропелерів, щоб уникнути травм.

Уникайте поганих погодних умов: Не запускайте дрон під час сильного вітру, грози, снігопаду або інших екстремальних погодних умов. Погода може серйозно вплинути на керованість та безпеку польоту дрона.

Бережіть акумулятор: Під час польоту стежте за рівнем заряду акумулятора дрона та повертайтеся на посадку з достатньою запасом енергії. Польот з розрядженим акумулятором може призвести до аварії та втрати контролю над дроном.

Безпечний зльот: Піднімайтеся поступово та контролюйте дрон під час зльоту. Переконайтеся, що у вас є достатньо місця для безпечного маневрування.

Керування висотою: Не піднімайте дрон занадто високо, щоб уникнути зіткнення з повітряними перешкодами та порушення обмежень висоти. Дотримуйтесь місцевих правил та регулювань щодо максимальної висоти польоту.

Спостереження за дроном: Під час польоту тримайте дрон у полі зору та слідкуйте за його положенням та рухом. Не втрачайте його з поля зору, щоб уникнути зіткнення з перешкодами або втрати контролю. Використовуйте візуальні орієнтири та допомогу візуальних індикаторів на пульті керування або мобільному пристрої для відстеження польоту.

Посадка на безпечну площу: Виберіть безпечне місце для посадки дрона, переважно відкрите просторове місце, вільне від людей та перешкод. Обережно керуйте дроном під час приземлення та переконайтеся, що він повністю зупинився перед вимкненням.

Будьте готові до аварійної ситуації: Майте план дій у разі аварії або втрати контролю над дроном. Знайте, як негайно вимкнути або аварійно приземлити дрон, якщо це необхідно, для мінімізації потенційних пошкоджень.

Дотримуйтесь інструкцій виробника: Завжди дотримуйтесь інструкцій, вказаних у посібнику користувача дрона. Виробник надасть рекомендації та вказівки щодо безпечного використання конкретної моделі дрона.

4.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях

В робочому середовищі можуть виникати непередбачені події та надзвичайні ситуації, які можуть поставити під загрозу безпеку працівників та навколишнє середовище. Для забезпечення безпеки та ефективного реагування у таких ситуаціях необхідно мати належно організовану систему безпеки та виконувати встановлені процедури.

План дій у разі надзвичайних ситуацій:

1. Визначення надзвичайної ситуації: Працівник, який виявляє надзвичайну ситуацію, повинен негайно повідомити про це відповідним особам або активувати сигнал тривоги.

2. Виклик екстрених служб: негайно зателефонуйте на номер екстрених служб (наприклад, пожежна охорона, швидка допомога, поліція) та повідомте про надзвичайну ситуацію. Надайте точну інформацію щодо місця події та типу надзвичайної ситуації.

3. Евакуація: В разі необхідності евакууйте працівників з небезпечної зони відповідно до плану евакуації. Забезпечте чітке відображення евакуаційних шляхів, виходів та місце збору поза будівлею.

4. Збір та реєстрація працівників: При виході з небезпечної зони зберіть та зареєструйте працівників на місці збору. Це допоможе переконатися, що всі працівники вийшли в безпечне місце і ніхто не залишився в небезпеці.

5. Надання першої допомоги: Забезпечте доступ до невеликого набору медичних матеріалів і інструментів першої допомоги. Навчіть працівників основам надання першої допомоги, щоб вони могли надати допомогу постраждалим до прибуття медичної допомоги.

6. Координація дій: Призначте особу, відповідальну за координацію дій у надзвичайній ситуації. Вона повинна забезпечити взаємодію між працівниками, екстреними службами та вирішувати проблеми, що виникають під час надзвичайних ситуацій.

7. Збереження доказів: Дотримуйтеся процедур збереження доказів щодо надзвичайної ситуації. Фотографуйте пошкодження, ведіть записи про подію та, якщо це можливо, зберігайте фізичні докази.

8. Післяподійний аналіз: Проведіть аналіз причин та наслідків надзвичайної ситуації. Визначте можливі шляхи запобігання подібним ситуаціям в майбутньому та внесіть необхідні корективи до системи безпеки.

9. Навчання та тренування: Забезпечте регулярну підготовку та тренування персоналу з питань безпеки та дій у надзвичайних ситуаціях. Це допоможе підвищити свідомість працівників та підготувати їх до ефективної реакції у разі виникнення непередбачених подій.

Навчання персоналу: Персонал систематично навчається правилам поведінки в надзвичайних ситуаціях та вмінню виконувати необхідні дії для

забезпечення безпеки. Це включає проведення тренувань, симуляційних вправ та навчання першої допомоги. Регулярне оновлення навичок та практика допомагають працівникам бути готовими до надзвичайних ситуацій і діяти швидко та ефективно.

Сигналізація та евакуаційні шляхи: Встановлено ефективну систему сигналізації та евакуаційних шляхів для оперативного сповіщення працівників про небезпеку та забезпечення швидкого та безпечного виходу з приміщення. Шляхи евакуації регулярно перевіряються та підтримуються у готовності.

Координація з екстреними службами: Встановлені механізми співпраці з екстреними службами, такими як пожежна охорона, швидка допомога та поліція. Це дозволяє швидко здійснити виклик необхідної допомоги та отримати професійну підтримку у надзвичайних ситуаціях.

Огляд та покращення системи безпеки: Проводиться регулярний огляд системи безпеки для виявлення можливих слабких місць та вдосконалення процедур. Запроваджуються заходи щодо попередження надзвичайних ситуацій, мінімізації ризиків та постійного покращення безпеки в робочому середовищі.

Інформування та свідомість працівників: Здійснюється постійна інформаційна робота серед працівників щодо правил безпеки, процедур дій у надзвичайних ситуаціях та засобів попередження небезпек. Це допомагає збільшити свідомість персоналу щодо безпеки та допомагає уникнути потенційних небезпек.

4.4 Висновки до четвертого розділу

Були розглянуті різні аспекти техніки безпеки в робочому середовищі. Досліджено охорону праці при роботі з комп'ютером у приміщенні, вивчено заходи з пожежної безпеки та мікроклімату. Також проведено розрахунок штучного освітлення.

Окрема увага була приділена безпеці використання дронів. Розглянуті рекомендації та правила щодо безпечного запуску та керування дронами з метою уникнення небезпек та потенційних аварійних ситуацій.

З метою забезпечення безпеки використання дронів на відкритому полі, були розроблені та надані рекомендації. Ці рекомендації включають оцінку ризиків перед польотами, вимоги до безпеки під час підготовки та запуску дрона. Оскільки наразі відсутні затверджені стандарти для використання дронів у конкретному контексті, наведені рекомендації базуються на найкращих практиках та наукових дослідженнях з безпеки дронів.

Застосування відповідних заходів безпеки та дотримання встановлених правил та регулювань є важливим аспектом для забезпечення безпечної та здорової робочої атмосфери. Основними рекомендаціями є проведення навчання та підвищення обізнаності працівників щодо правил техніки безпеки, впровадження відповідних заходів проти пожеж та надзвичайних ситуацій, а також регулярна перевірка та підтримання відповідних умов праці.

Усі наведені рекомендації та заходи мають на меті забезпечення безпеки працівників, запобігання можливим небезпекам та мінімізацію ризиків у робочому середовищі. Виконання цих рекомендацій сприятиме покращенню умов праці та збереженню здоров'я працівників.

ВИСНОВКИ

Виявлено, що існуючі системи не дозволяють ідентифікувати огірки для визначення врожайності, якості або стадію розвитку плодів. Розпізнавання огірків виявилось важливим для фермерів, оскільки різні стадії зростання огірків вимагають різних заходів догляду. Розпізнавання огірків допомагає точно визначити стадію росту кожного огірка і забезпечити належний догляд на кожному етапі.

Під час досліджень були розглянуті різні алгоритми та методи розпізнавання об'єктів на зображеннях, зокрема алгоритми порогової сегментації та YOLO. Алгоритм YOLO було обрано для виявлення огірків на полі, оскільки він відзначається швидкістю та точністю виявлення об'єктів.

Була реалізована система розпізнавання агрокультур на основі моделі YOLO. Це дозволило створити функціональну систему, здатну аналізувати та оцінювати стан поля. Система показала високу точність та ефективність, навіть при обмеженій кількості тренувальних даних. Вона може бути використана для оцінки стану поля у відсотковому співвідношенні та допомагатиме приймати рішення щодо збору, або догляд специфічних агрокультур.

Досліджено різні аспекти техніки безпеки в робочому середовищі, зокрема охорону праці при роботі з комп'ютером та використанні дронів. Застосування відповідних заходів безпеки та дотримання встановлених правил та регулювань є важливим аспектом для забезпечення безпечної та здорової робочої атмосфери. Рекомендації, розроблені для безпечного використання дронів, базуються на найкращих практиках та наукових дослідженнях з безпеки дронів.

Розпізнавання огірків на фермі дуже складна задача навіть при наявності сучасних технологій. Для підвищення точності розпізнавання потрібно комбінувати сенсори, тобто використати інфрачервону камеру разом з видимоспектральною. Хоча здавалося, що використовувати лідер сенсор є розумною ідеєю, тому що листя не буде сильно заважати пошуку, сенсор має

низьку точність, тому відрізнити огірки від не огірків буде можливим з високою похибкою.

У майбутньому, зображення, отримані за допомогою квадрокоптерів з камерами, можуть бути перетворені у тривимірну карту (3D), що відобразатиме деталізовану структуру рослин та полів. Це відкриває широкі можливості для досліджень та аналізу у сільському господарстві. За допомогою 3D карт, агрономи та науковці зможуть отримувати більш глибоке розуміння фізіології рослин, впливу факторів на їх зростання та урожайність, а також проводити аналіз рельєфу та дренажу полів. Ця технологія може стати інструментом для вдосконалення агрономічних практик та підвищення продуктивності та стійкості сільськогосподарських систем у майбутньому.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Актуальність застосування інновацій в агромоніторингу [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://aggeek.net/ru-blog/aktualnist-zastosuvannya-innovatsij-v-agromonitoringu-> – 20.05.2023.
2. Інноваційні системи моніторингу в сільському господарстві [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://aggeek.net/ru-blog/innovatsionnye-sistemy-monitoringa-v-selskom-hozyajstve> – 20.05.2023.
3. Автоматизація процесу збору та обробки знімків з дронів та супутників [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://aggeek.net/ru-blog/avtomatizatsiya-protsezu-zboru-ta-obrobki-znimkiv-z-droniv-ta-suputnikiv> – 20.05.2023.
4. Сторінка Facebook представників hummingbird techniquies в Україні [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://facebook.com/HummingbirdUkraine> – 20.05.2023.
5. Is It Legal for Drones to Fly Over My Farm [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.taranis.com/is-it-legal-for-drones-to-fly-over-my-farm/> – 20.03.2023.
6. Google Play застосунок FarmCommand [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.fe_cab – 20.03.2023.
7. Цифрове рішення для агровиробництва Cropwise Operations [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://ua.cropwise.com/operations> – 20.05.2023.
8. Different Types of Clustering Algorithm [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.geeksforgeeks.org/different-types-clustering-algorithm/?ref=lbp>. – 20.03.2023.
9. Bishop, C.. Pattern Recognition and Machine Learning. Springer Science+Business Media, LLC, 2006. – 738 pages.

10. Richard Szeliski. Computer Vision: Algorithms and Applications. The University of Washington, 2010 – 979 pages.
11. Rowel Atieze. Advanced Deep Learning with TensorFlow 2 and Keras. Packt Publishing Ltd, Birmingham, 2020 – 491 pages.
12. M. Bennamoun. Object Recognition: Fundamentals and Case Studies. Springer-Verlag, London, 2002 – 348 pages.
13. Simon J. D. Prince. Computer Vision: Models, Learning, and Inference, Cambridge University Press, 2012 – 582 pages.
14. C. H. Chen. Handbook of Pattern Recognition and Computer Vision, World Scientific, 2005 – 630 pages.
15. Boguslaw Cyganek. Object Detection and Recognition in Digital Images: Theory and Practice, Wiley, 2013 – 555 pages.
16. DJI Matrice 300 RTK [Электроний ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://vario.com.ua/ru/dji-matrice-300-rtk-cr.en.00000222.03/> – 20.03.2023.
17. Matrice 300 RTK User manual [Электроний ресурс] – Режим доступа до ресурсу: https://dl.djicdn.com/downloads/matrice-300/20200507/M300_RTK_User_Manual_EN.pdf – 20.03.2023.
18. J. Redmon, S. K. Divvala, R. B. Girshick, and A. Farhad. You only look once: Unified, real-time object detection. Las Vegas, NV, USA, 2016.
19. A Novel Automatic Detecting System for Cucumber Disease Based on the Convolution Neural Network Algorithm. [Электроний ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://gmsarnjournal.com/home/wp-content/uploads/2021/10/vol16no3-10.pdf> – 20.03.2023.
20. A Guide to the YOLO Family of Computer Vision. [Электроний ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://dataphoenix.info/a-guide-to-the-yolo-family-of-computer-vision-models/> – 20.03.2023.
21. TRAIN A CUSTOM YOLOv4 OBJECT DETECTOR (Using Google Colab). [Электроний ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://medium.com/analytics-vidhya/train-a-custom-yolov4-object-detector-using-google-colab-61a659d4868> – 20.03.2023.

22. Dataset Labeling/Annotation. [Электроний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://medium.com/analytics-vidhya/image-dataset-labeling-annotation-bec3390eda2d> – 20.03.2023.
23. How to Train YOLOv8 Object Detection on a Custom Dataset. [Электроний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://colab.research.google.com/github/roboflow-ai/notebooks/blob/main/notebooks/train-yolov8-object-detection-on-custom-dataset.ipynb> – 20.03.2023.
24. When to harvest cucumbers for the best quality and flavor. [Электроний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://savvygardening.com/when-to-harvest-cucumbers/> – 20.03.2023.
25. PointNet: Deep Learning on Point Sets for 3D Classification and Segmentation. [Электроний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://github.com/charlesq34/pointnet> – 20.03.2023.
26. Making Successful Maps. [Электроний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://help.dronedeploy.com/hc/en-us/articles/1500004964282-Making-Successful-Maps> – 20.03.2023.
27. Drone Mapping - Short Course. [Электроний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://portal.merit.mn/dataset/a153fbee-313a-44b8-a6a2-16e3b8b848a9/resource/93c682a9-590b-4425-bab0-06155b4e478a/download/drone-mapping-short-course-.pdf> – 20.03.2023.
28. YOLO: Algorithm for Object Detection Explained. [Электроний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.v7labs.com/blog/yolo-object-detection> – 20.03.2023.