

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Факультет електроніки та інформаційних технологій

Кафедра комп'ютерних наук

«До захисту допущено»

В.о. завідувача кафедри

_____ Ігор ШЕЛЕХОВ
(підпис)

_____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

зі спеціальності 122 – Комп'ютерні науки,

освітньо- професійної програми «Інформатика»

на тему: «ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ЛОКАЛІЗАЦІЇ УРАЖЕНЬ
АГРОКУЛЬТУРИ З БОРТУ БЕЗПЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ»

здобувача групи Ін-04р, Рустам Ешанкулов

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело.

_____ (підпис)

Рустам ЕШАНКУЛОВ

Керівник доцент,
кандидат фізико-математичних наук

Сергій ШАПОВАЛОВ

_____ (підпис)

(підпис)

Суми – 2024

Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних наук

«Затверджую»

В.о. завідувача кафедри

Ігор ШЕЛЕХОВ

(підпис)

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавра

зі спеціальності 122 - Комп'ютерні науки, освітньо-професійної програми «Інформатика»
здобувача групи Ін-04р, Рустам Ешанкулов

1. Тема роботи: «ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ЛОКАЛІЗАЦІЇ УРАЖЕНЬ АГРОКУЛЬТУРИ З БОРТУ БЕЗПІЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ»

затверджую наказом по СумДУ від «22» квітня 2024 р. №0414-VI

2. Термін здачі здобувачем кваліфікаційної роботи до 09 червня 2024 року

3. Вхідні дані до кваліфікаційної роботи

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити)

1) Інформаційний огляд безпілотних літальних апаратів. 2) Сучасний стан застосування безпілотних літальних апаратів. 3) Формування вхідного математичного опису. 4) Предметний аналіз існуючих фреймворків комп'ютерного зору 5) Програмна реалізація локалізації уражень агрокультури

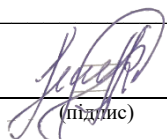
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

6. Консультанти до проекту (роботи), із зазначенням розділів проекту, що стосується їх

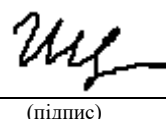
Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання «___» _____ 20__ р.

Завдання прийняв до виконання


(підпис)

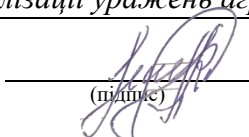
Керівник


(підпис)

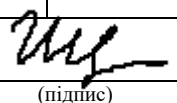
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання	Примітка
1	Інформаційний огляд безпілотних літальних апаратів		
2	Сучасний стан застосування безпілотних літальних апаратів		
3	Формування вхідного математичного опису		
4	Предметний аналіз існуючих фреймворків комп'ютерного зору		
5	Програмна реалізація локалізації уражень агрокультури		

Здобувач вищої освіти


(підпис)

Керівник


(підпис)

АНОТАЦІЯ

Записка: 37 стор., 18 рис., 1 додаток, 23 використаних джерел.

Обґрунтування актуальності теми роботи – Розроблена система підтримки прийняття рішень є актуальною, адже дозволяє значно спростити роботу агроному під час локалізації уражень посівів на полі шляхом аерофотозйомки з борту безпілотного літального апарату, що значно пришвидшує роботу й інспектування великих площ аграрних полів.

Об'єкт дослідження – процес підтримки прийняття рішень.

Мета роботи – розробка системи підтримки прийняття рішень для використання в аграрному секторі.

Методи дослідження – моделі та алгоритми комп'ютерного зору.

Результати – система локалізації уражень поля.

**КОМП'ЮТЕРНИЙ ЗІР, ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА, ІНФОРМАЦІЙНА
ПІДТРИМКА, ОБРОБКА ЗОБРАЖЕНЬ, АГРОКУЛЬТУРА**

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 ІНФОРМАЦІЙНИЙ ОГЛЯД.....	7
1.1 Інформаційний огляд безпілотних літальних апаратів.....	7
1.2 Сучасний стан застосування безпілотних літальних апаратів.....	10
1.3 Інформаційний огляд програмного забезпечення безпілотних літальних апаратів.....	15
1.4 Постановка задачі	20
2 ОПИС МЕТОДУ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	21
2.1 Формування вхідного математичного опису	21
2.2 Предметний аналіз існуючих фреймворків комп'ютерного зору.....	23
3 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ.....	27
3.1 Опис алгоритму локалізації уражень поля.....	27
3.2 Локалізація уражень агрокультури	28
ВИСНОВКИ.....	31
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	32
ДОДАТОК	35

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Все помітнішою в сучасному світі стає тенденція використання безпілотних літальних апаратів, типу квадрокоптер, в багатьох сферах економіки та господарства. Логістичні бізнес-задачі для свого рішення все частіше використовують широкий спектр їх можливостей та застосувань.

При цьому доступність дронів робить їх достатньо популярними серед цивільного населення. Багато хто використовує квадрокоптери для розваг чи хобі. Цьому сприяє відносно низький поріг входу в тему безпілотників, адже більшість виробників інтегрують спрощені режими керування, які дозволяють максимально швидко освоїти базові навички пілотування дроном, а процес кастомізації нагадує більше збирання своєрідного конструктору.

Але найбільш перспективним напрямком виглядає саме агропромисловий сектор господарства, очевидні перспективи використання безпілотних літальних апаратів з метою інспектування полів для попередження захворювань та масової гибелі посівів.

Тому розробка інформаційної системи підтримки прийняття рішень для агронома, яка здатна спрощувати локалізацію уражених ділянок поля за результатами аерофотозйомки з борту безпілотного літального апарату є актуальною. Подібний програмний застосунок надасть можливість автоматизувати та пришвидшити роботу аграрного сектору, адже в перспективі за допомогою розробленої інтелектуальної компоненти ми матимемо можливість доглядати за будь-якими посівами.

Об'єкт дослідження. Процес підтримки прийняття рішень.

Предмет дослідження. Інформаційна система локалізації уражень агрокультур.

Гіпотеза дослідження полягає в тому, що інформаційна технологія розпізнавання уражених ділянок поля за результатами аерофотозйомки з борту

безпілотного літального апарату розв'яже низку проблем в агробізнесі й допоможе зберігати неушкоджені посіви агрокультур.

Наукова новизна. Досліджено основні науково-методологічні проблеми використання безпілотних літальних апаратів для розпізнання локальних уражень агрокультур використовуючи аерофотозйомки. Запропоновано на цій основі інформаційну технологію, що вирішить проблему слідкування за посівами й локалізувати їх ураження шкідниками.

Структура. Кваліфікаційна бакалаврська робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатку.

1 ІНФОРМАЦІЙНИЙ ОГЛЯД

1.1 Інформаційний огляд безпілотних літальних апаратів.

Сучасні безпілотні літальні апарати (БПЛА, FPV) здатні автоматизувати робочі процеси в значній кількості сфер людської діяльності. Від простої доставки товарів побуту [6] до воєнної промисловості. При цьому більшість із цих задач можна зробити повністю автоматизованими. Навіть якщо це по якимось причинам не можливо, то керування більшістю дронів достатньо інтуїтивне і будь-яка людина здатна освоїти базові навички за 10-15 годин навчання. Оскільки більшість цивільних БПЛА передбачають наявність режимів керування, які спрощують цей процес. Тому це лише питання часу, коли дрони стануть невід'ємною частиною сучасного світу.

Хоч існує достатня велика кількість різновидів FPV, проте вони схожі між собою. Тому середньостатистичному пілоту, на практиці, відносно легко масштабувати свій досвід керування на різні типи БПЛА цивільного сектору. Тим не менш, варто розглянути основні види FPV, адже хоч за принципом роботи вони схожі, проте сфери їх використання відрізняються.

Мініквадрокоптери (рис.1.1). Достатньо дешева іграшка, яка підходить для ознайомлення з БПЛА. Не зважаючи на те, що у середньому мініквадрокоптери важать не більше ніж 50 грамів, проте відчуття при керуванні ідентичні до повнорозмірних FPV. Серед недоліків варто виділити якість зображення з камери, якщо вона присутня в моделі, та незначний запас заряду батареї, який обумовлений її розміром.



Рисунок 1.1 – Приклади мініквадрокоптерів

FPV мікроквадрокоптери (рис.1.2). Це вже більш продвинутий варіант, який ідеально підійде для навчання пілотів-початківців, адже ці моделі оснащені радіо антеною, яка дозволяє передавати відео у реальному часі, тому ці коптери можна використовувати разом з окулярами для FPV (рис 1.3.а) або ж спеціальні екрани (рис.1.3.б), що дозволяє отримати максимально достовірний досвід пілотування дроном.



Рисунок 1.2 – Приклади FPV мікроквадрокоптерів



а



б

Рисунок 1.3 – Приклади FPV пристроїв: а) FPV окуляри; б) FPV дисплей

Вище зазначених квадрокоптерів цілком достатньо для навчання і ознайомлення з FPV дронами. Тим не менш, малогабаритні БпЛА не підходять для вирішення прикладних задач. Потужності їх моторів не вистачить для переміщення вантажу, батарея сідає після 1-2 хвилин активного використання, а покриття радіосигналу значно обмежує дистанцію польоту. Тому наступний рівень пілотування – це використання повногабаритних FPV дронів.

Найбільш важливим аспектом сучасних БПЛА є їх довільна кастомізація [9]. У деякому сенсі, це своєрідний конструктор, який можна зібрати під різні вимоги та задачі. Хоча це не аби яка перевага, але також подібна різноманітність створює достатньо високий поріг входу для нових користувачів, адже модифікації піддаються буквально всі компоненти дрона: рама, мотори, пропелери, камера, антени радіозв'язку, батарея, тощо. І це лише його технічне оснащення, бо модифікувати можливо ще й програмну частину дрона. Звісно, що на ринку представлені й, так звані, ready to fly (RTF) квадрокоптери, які не потребують додаткової кастомізації, але такий підхід значно обмежує можливості при використанні БПЛА.

Якщо не брати до уваги максимально специфічні БПЛА, то 93% доступних для покупки дронів відрізняються між собою лише габаритами та, відповідно, потужністю. У спрощеному вигляді, можна вивести лінійну залежність, чим важче і більше БПЛА, тим більша батарея, лопасті та, як результат, загальна підйомна сила. Однак, найпомітніша різниця між цивільними дронами – це габарити їх рами від якої залежить вибір більшості інших компонент квадрокоптеру. Розглянемо найпоширеніші з них:

5-6 дюймові рами – це найбільш популярний вибір для більшості задач звичайного користувача. По-перше, такі квадрокоптери достатньо потужні, щоб літати з додатковою вагою без значних змін у налаштуваннях прошивки. По-друге, достатньо легко знайти нові компоненти для покращення характеристик та модифікацій.

2-4 дюймові рами – невеликі квадрокоптери, які цілком можна використовувати в приміщенні, а також без зайвого дискомфорту літати на них в громадських місцях, адже такі дрони достатньо тихі, в порівнянні з більш габаритними моделями.

7-10 дюймові рами – дозволяє значно розширити можливості використання дрону, але при цьому вимагають від пілота максимального професіоналізму, адже такі БПЛА, як наприклад Iflight chimera7 pro v2 (рис 1.4.) [10], важать понад 2 кг

і здатні розвивати швидкість до 140 км/год, що створює не аби яку небезпеку як для самого пілота, так й для оточуючих.



Рисунок 1.4 – FPV дрон Iflight chimera7 pro v2

Варто зазначити, що найбільш популярним варіантом використання БПЛА – є аерофотозйомка місцевості. Тому більшість модифікацій дрону спрямовані на покращення функціонування при виконанні саме цієї задачі. Хоча при бажанні можна адаптувати найпоширеніші моделі FPV для конкретних бізнес задач, бо можливості кастомізації дозволяють це зробити.

1.2 Сучасний стан застосування безпілотних літальних апаратів

Хоч при бажанні можна придумати не один десяток варіантів застосування безпілотних літальних апаратів, але головною їх задачею залишається аерофотозйомка, яка є основою при виконанні більшості завдань БПЛА. Тим не менш, середньостатистичний користувач найчастіше цікавиться FPV тематикою для наступних сфер професійної діяльності або як хобі:

Зйомка відео. Із-за своєї конструкції FPV дозволяють знімати масштабні об'єкти швидко та комплексно за короткий час.

Фотографування. Знаходження не очевидних кутів для створення захоплюючих фото. При цьому, із-за відносно не великих розмірів багатьох дронів їх легко транспортувати.

Спорт. Враховуючи швидкість польоту та маневреність квадрокоптерів, чи мала кількість ентузіастів використовують FPV для спорту, у вигляді перегонів з перешкодами.

Окрім вже зазначених варіантів використання дрони все частіше застосовуються для вирішення різнопланових бізнес-задач. Це може бути збирання актуальної геоінформації місцевості, перенос вантажу, автоматизована ідентифікація об'єктів інтересу, перевірка справності інфраструктурних мереж у реальному часі, тощо. Але слід зауважити, що специфікація БПЛА у таких випадках може наймовірно розрізнятися. На практиці, є дрони, які важать понад 100 кг, або існують програмні рішення, які передбачають організацію одразу десятків квадрокоптерів. Тому конкретна специфікація БПЛА залежить від задачі. Розглянемо деякі з сфер людської діяльності, де доцільне і актуальне використання FPV:

Служби екстреного порятунку. Із-за своєї мобільності FPV здатні за короткий час облетіти важко доступну територію. Наприклад, завали після землетрусу та визначити місцезнаходження постраждалих. У таких випадках, за допомогою БПЛА, можна швидко переправити предмети першої допомоги [11,12], ще до того, як на місце прибудуть рятувальники. Також, останнім часом, можна зустріти системи порятунку потоплюючих (рис.1.5) за допомогою FPV, які так само у найменший час здатні переправити людині в небезпеці потрібні для виживання знаряддя.



Рисунок 1.5 – Приклад порятунку потоплюючого за допомогою БПЛА

Сільське господарство. FPV активно використовуються для спостереження за станом посівів або ж масивів лісів [13]. Це не аби як актуально враховуючи площі, які можуть займати сільськогосподарські поля. До того ж дрони активно залучають для обробки або поливу, адже за допомогою FPV цей процес можна повністю автоматизувати, проте для таких цілей потрібні надгабаритні БпЛА (рис. 1.6)



Рисунок 1.6 – Приклад аграрного дрону

Перевірка інфраструктурних мереж. Оскільки елементи сучасної інфраструктури представляють із себе неперервні мережі, які охоплюють собою цілі країни, то для їх перевірки доцільно використовувати FPV. Наприклад, це може бути інспектування доріг чи трубопроводу, перевірка їх на дефекти або ж високовольтні лінії електропередачі (рис.1.7), які із-за своїх габаритів складно піддаються мануальній перевірці.

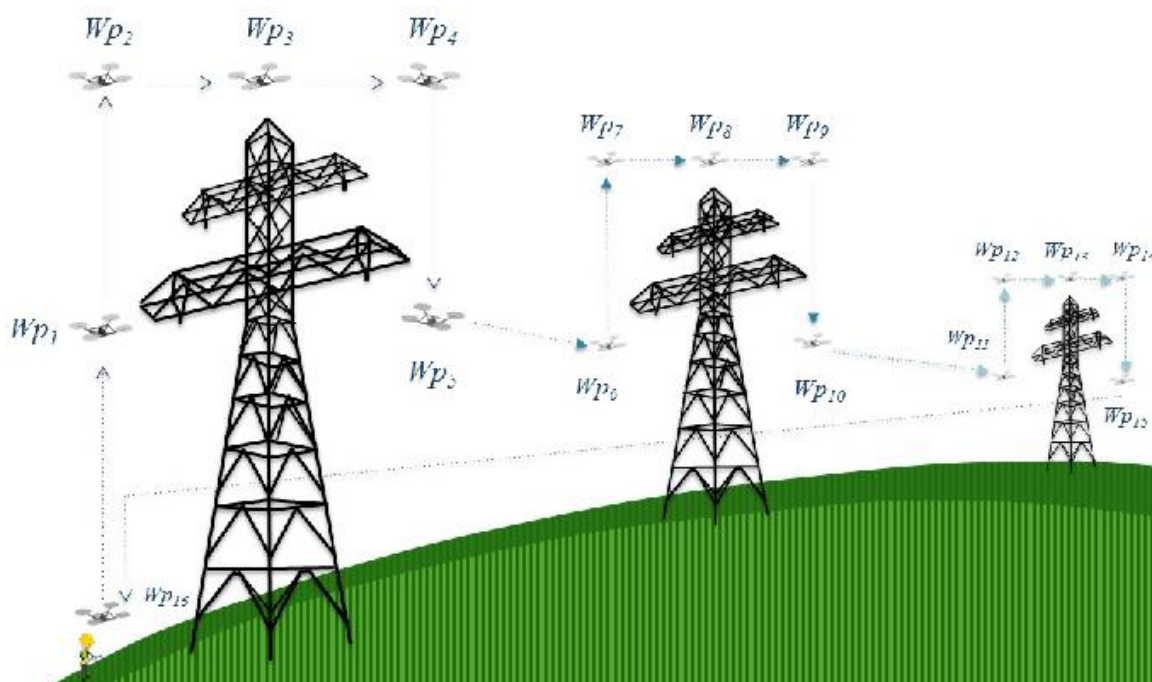


Рисунок 1.7 – Схема перевірки ліній електропередачі за допомогою FPV

Правоохоронні органи. У цій сфері діяльності FPV не аби як допомагають швидко знаходити розшукуємий об'єкт у межах міста, адже враховуючи неоднорідність вулиць – це далеко не тривіальна задача. Окрім цього дрони допомагають отримати максимально повну інформацію про місцевість у межах якої правоохоронці проводять свої операції.

Воєнна галузь. За останні 10 років FPV вплинули на тактику бойових дій змінивши хід багатьох війн. Адже дрони – це дешевий і надзвичайно ефективний спосіб враження різногабаритних цілей, рисунок 1.8. Звісно, що в повній мірі вони не здатні замінити артилерію чи піхоту, але змогли результативно їх доповнити [17]. Окрім підтримки вогнем, FPV виявилися неймовірно ефективними розвідниками, які в найменші строки здатні отримати максимально актуальну інформацію про поле бою, яке постійно змінюється. Дрони стали настільки популярними у військовій галузі, що породили окремий вектор досліджень спрямований на протидію безпілотникам.



Рисунок 1.8 – Приклад FPV з бо припасом

Сфера послуг. Усі можливі способи доставки посилок [8]. Наприклад, Amazon активно впроваджує цю технологію з 2017 року, адже це не тільки зручно, а ще й економить чи малі кошти корпораціям. Єдина проблема, що для повноцінної роботи такої системи потрібно налагодити складну інфраструктуру з док станцій, де дрон може підзарядитися під час польоту з точки А в точку Б. Тим не менш, все в більшій кількості міст з'являються можливості для реалізації такої системи.

Звісно, що не можливо досягнути весь спектр використання БПЛА, але навіть зазначених варіантів застосування достатньо для формування уявлення про можливості FPV. Головне, що варто виділити – дрони дозволяють швидко досягти будь-якої позиції на відкритій місцевості. Це і є їх головною цінністю в прикладних задачах.

Збільшення попиту на використання безпілотників та забезпечення безпеки України вимагають дотримання деяких правил використання дронів в рамках державних кордонів. В умовах сучасності краще отримати дозвіл на використання повітряного простору. Потрібно проінформувати органи управління Повітряних Сил Збройних Сил України, органи Державної прикордонної служби України, органи об'єднаної цивільно-військової системи організації повітряного руху України, органи обслуговування повітряного руху/управління повітряним рухом.

Існує спеціально розроблена карта України, на якій вказані зони можливого застосування квадрокоптерів, та зони заборони їх використання.



Рисунок 1.9 – Показ на мапі України зон можливих використання безпілотних апаратів

1.3 Інформаційний огляд програмного забезпечення безпілотних літальних апаратів

Хоча можливості для технічної кастомізації FPV по справжньому вражають, проте на практиці набагато більшу роль грає програмне забезпечення дрону, адже саме воно дозволяє майже повністю автоматизувати чи малу кількість прикладних задач.

Таким чином китайські інженери [2] запропонували по справжньому цікавий спосіб використання БПЛА – це визначення вмісту азоту в воді за допомогою спектрального аналізу знімків з борту безпілотної. Перед початком

дослідження було сформовано відповідний датасет аналізів води з річок та озер, але на цьому етапі виявилось не очевидна проблема – набір даних спектрального аналізу не детермінований і слабопрогнозований, а до того ж ще й відносно невеликий для використання його в навчанні стандартних згорткових нейромереж (CNN). Щоб подолати ці потенційні проблеми при застосуванні окремих алгоритмів машинного навчання (ML) було введено модель об'єднання рівня прийняття рішень (DLF) або структуру на основі ансамблю ML для генерації більш стабільних оцінок із задовільною точністю

Реалізація кожного алгоритму ML була виконана незалежно. Замість того, щоб використовувати ці результати окремо, автори пропонують злиття на рівні прийняття рішень, яка об'єднує різні результати моделі ML через вагові коефіцієнти, отримані на етапі попереднього навчання.

Дисперсія оцінки визначається наступним чином:

$$\text{Var}(\epsilon^{(i)}) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^N \left(\epsilon_j^{(i)} - \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \epsilon_j^{(i)} \right)^2$$

де N – це загальне число елементів в навчальній вибірці.

Тоді, якщо припустити, що I – вказує на загальну кількість моделей, w_i – це ваговий коефіцієнт i -th моделі, що виражається наступним рівнянням:

$$w_i = \frac{1/\text{Var}(\epsilon^{(i)})}{\sum_{k=1}^I 1/\text{Var}(\epsilon^{(k)})}$$

Таким чином було обрано моделі, які найкращим чином описують дані спектрального аналізу, щоб потім розглянути їх як вхідні дані та використати для побудови моделей DLF.

Важливо зауважити, що процес вибору правильної інтелектуальної компоненти – це дуже відповідальний етап, адже саме від нього напряму залежить ефективність усієї системи, а також її здатність до масштабування.

Окрім цього, для побудови адекватної математичної моделі потрібно максимально повно дослідити розглядаєми об'єкт.

Цікавими є і методи боротьби з дронами, це актуально не тільки в воєнній галузі, а й в цивільній та охоронній. Хоча для початку важливим завданням є виявити БпЛА, бо не озброєним оком це зробити важко, а у більшості випадках і зовсім неможливо. Тому авторами у роботі [3] було запропоновано виявляти дрон за допомогою звуку. Хоч це може здатися достатньо очевидним рішенням, але у місті, де високе шумове забруднення, неможливо виявити на слух квадрокоптер, який летить на висоті понад 50 метрів.

Автори використали два набори даних для позитивних (аудіо з дронів) і негативних (аудіо без дронів) класів, щоб створити навчальну вибірку. Акустичні зразки дронів, такі як шум гвинта, були записані спочатку в приміщенні. Потім, щоб зробити зразки безпілотників, для імітації сценарію реального життя, шум було додано шляхом штучного посилення з використанням загальнодоступного набору шумових даних.

Для класифікації акустичних зразків було використано класифікатор Support Vector Machine (SVM), який працює за принципом максимізації запасу, коли багатокласова класифікація виконується шляхом побудови гіперплощини для поділу даних на кілька груп із максимально можливою дисперсією. Різні ядра SVM навчаються на окремих комбінаціях вилучених функцій, щоб дослідити їх внесок у виявленні дронів. Перевірені ядра SVM включають лінійні, поліноміальні та гауссові.

Ефективність будь-якої інтелектуальної компоненти залежить від того, наскільки добре вдасться описати характеристики досліджуваного об'єкту. Навчальна вибірка повинна максимально точно передавати усі його основні характеристики.

У деякому сенсі, класичний підхід машинного навчання бортової системи БпЛА – це локалізація зони інтересу. Так, наприклад, у роботі [4] автори ідентифікують пізньоцвіт осінній, бо ця квітка є небезпечною для більшості

сільськогосподарських тварин. Цікаво, що для вирішення цієї задачі використовуються мета-дані про об'єкт дослідження. Таким чином, ми знаємо, що розроблювальна система буде використовуватися для інспектування пасовищ, які схожі між собою. Зона інтересу, а саме осередки розростання специфічного бур'яну, добре контрастують з оточенням. Тому можливо розробити систему, яка не потребуватиме донавчання.

Розроблена інтелектуальна компонента вирішує цю проблему за допомогою підходу машинного навчання шляхом сегментації зображення для ідентифікації пікселів на зображеннях, які належали квітам. Проблема була в тому, що детектор повинен був мати можливість обробляти великі зображення з борту БпЛА, що надходять з різних камер, які мають різну роздільну здатність. Щоб впоратися з цим, зображення дрона було сегментовано на менші фрагменти однакового розміру, на яких потім нейронна мережа виявляла квіти. Для формування вхідного математичного опису була використана бінаризація, де білим кольором позначались пікселі, що можуть відноситись до бур'яну, а чорні, відповідно, до фону. Наступним кроком потрібно було об'єднати сегментовані частинки оригінального зображення. Ця рекомбінація була б набагато складнішою, якби виявлення базувалося на точках або обмежувальних прямокутниках, тому що в цьому випадку граничні ефекти, такі як розрізані навпіл квіти, зробили б рекомбінацію набагато більш схильною до помилок. Окремі кроки детектора проілюстровано на рис.1.9.

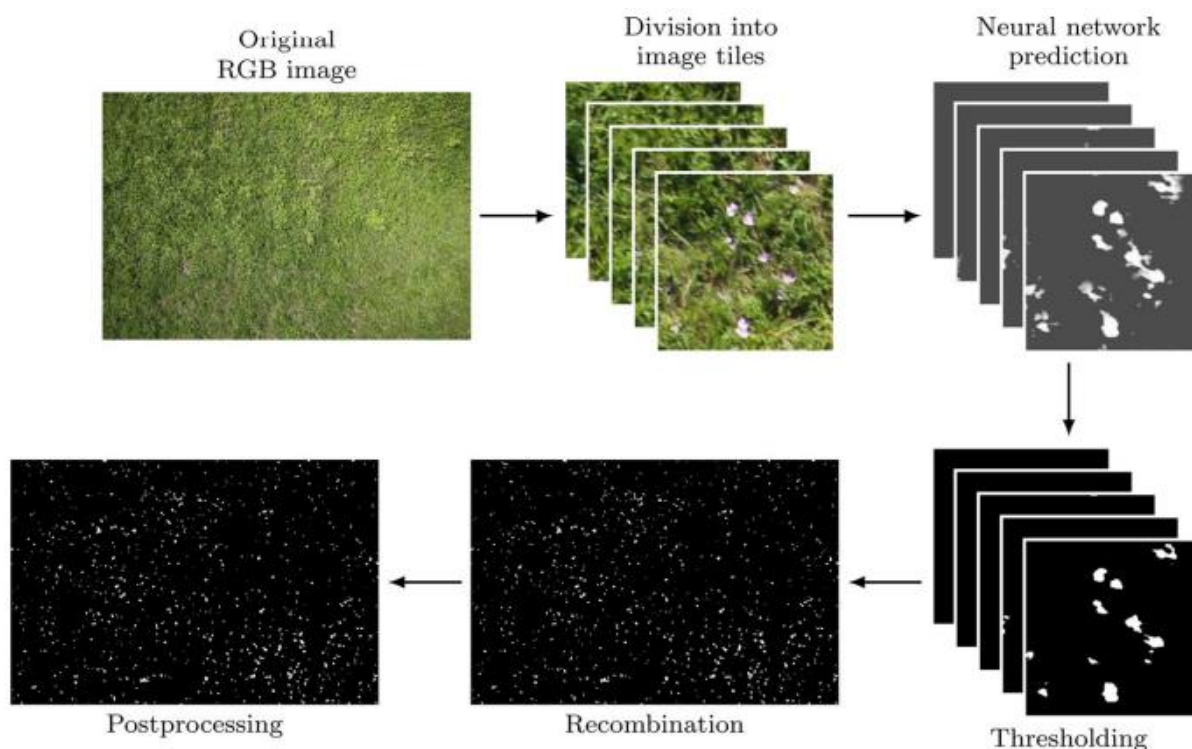


Рисунок 1.9 – Огляд окремих кроків виявлення зони інтересу

Метою цієї реалізації є оцінка сценарію, коли модель навчається спочатку виробником, а потім застосовується фахівцями-практиками на своїх луках, умови формування яких були довільними. Без необхідності отримувати додаткові розмічені зображення конкретних полів з подальшим перенавчанням інтелектуальної компоненти.

Не одноразово було сказано про плюси розвитку технологій дронів, але варто ще згадати про не очевидні недоліки. Одним з них є контроль трафіку FPV. Невеликі, маневрені, здатні подолати десятки кілометрів вони є ідеальними шпигунам на відкритій місцевості, а також можуть стати небезпечною зброєю. Тому автори роботи [5] пропонують варіант системи аутентифікації дронів, що дозволить регулювати їх переміщення.

Створивши модель автентифікації безпілотної авіації (FL) для вивчення особливостей сигналів, що передаються кожним із цих дронів, можна аутентифікувати різні БПЛА, які активно передають радіочастотні сигнали, що здатні безпомилково ідентифікувати FPV, як людину ідентифікує її біометричні

дані. Іншими словами, отримуємо глобальну модель автентифікації дрона в мережах IoT за допомогою моделі FL, яка має переваги збереження конфіденційності та масштабованості.

Отже, варіантів програмного забезпечення FPV велика кількість, кожне спрямоване для вирішення конкретної задачі. Також варто зауважити, що все ще триває процес інтеграції дронів в сфери людської діяльності, тому до кінця не сформований регламент їх використання. Зважаючи на сучасні тенденції, можна припустити, що через декілька десятків років буде сформований повноцінний перелік правил та обмежень для FPV.

1.4 Постановка задачі

Опираючись на інформаційний огляд та джерела інформації сформулюємо наступне завдання для реалізації в бакалаврській роботі – дослідити та створити інформаційну систему прийняття рішення по локалізації уражень посівів полів, які можуть виникнути у довільному місці та свідчити про захворювання або не достатній догляд за агрокультурою. Проблема усугубляється тим фактом, що площі, які потрібно оглянути, занадто великі, щоб виконувати перевірку мануально. Набагато легше для цього використати FPV у поєднанні з системою підтримки прийняття рішень (СППР). Вхідна інформація подається з борту безпілотного літального апарату.

Для розв'язання поставленої задачі слід виконати наступні етапи:

- формування математичного опису, який максимально повно характеризує тип та вид проблеми посівів;
- створення алгоритмічного апарату, який здатний виконувати підтримку прийняття рішень агронома шляхом локалізації вражених зон;
- провести тестування системи.

2 ОПИС МЕТОДУ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Формування вхідного математичного опису

Кожна агрокультура має власні слабкі місця, які призводять до її захворювання, тому для початку потрібно зробити аналіз об'єкту дослідження. Особливу увагу слід звернути на візуальні пошкодження посівів, адже FPV не має змоги провести детальний хімічний аналіз ґрунту, лише локалізувати ураження або відхилення від нормального росту рослини.

Таким чином, наприклад, кукурудза схильна до вилягання [18], коли під власною вагою стеблі ламаються. Найчастіше це проявляється у гібридних культурах, які не пристосовані до конкретних кліматичних умов, хоча проблема може мати і локальний характер пов'язаний з неправильно підібраними добривами. Візуально це має вигляд «зеленого килима», який утворюються в довільному місці поля, рисунок 2.1.



Рисунок 2.1 – Приклад вилягання кукурудзи

Одна з найбільш розповсюджених агрокультур на території Слобожанщини – це озима пшениця. У період посівів та протягом перших місяців ця культура потребує ретельного догляду, адже у цей період вона може бути вражена значною кількістю хвороб: септоріоз, борошниста роса, піренофороз, бура листкова іржа, церкоспорельозна прикоренева гниль. При цьому характер захворювання має мультицентричну природу, тобто поступово розповсюджується по полю з декількох осередків. Оскільки це відбувається на ранніх стадіях росту культури,

то у більшості випадках рослини гинуть. Також, враховуючи технологію посіву озими, то конкретний вид може бути не достатньо морозостійким, рисунок 2.2.



Рисунок 2.2 – Порівняння сортів щодо зимостійкості та морозостійкості

Подібна ситуація стосується і ріпаку, який може бути не пристосований до не передбачуваних погодних умов (рис.2.3) або ж не рідкі випадки, коли культура гине від не правильної технології посіву. Наприклад, ріпак бажано сіяти раз на чотири роки, щоб мінімізувати вірогідність появи шкідників. Адже інакше культура буде зростати не рівномірно, як це показано на рисунку 2.3.



Рисунок 2.3 – Поле ріпаку після сильних морозів

Окрім вище зазначених прикладів не варто забувати й про вандалізм, коли людина навмисно псує приватні або державні поля чи крадуть частину врожаю. Помітити це одразу буває складно, адже розміри поля та щільність росту культур не завжди дозволяє вчасно розгледіти ураження. Тим не менш, FPV, за відносно невеликий час, здатний виконати повне інспектування всієї площі поля.

У рамках поточного дослідження було обране наступне зображення, рисунок 2.4, яке містить невеликі осередки ураження поля. Задача полягає у тому, щоб локалізувати місця, де по якимось причинам не проросла агрокультура.



Рисунок 2.4 – Знімок місцевості

2.2 Предметний аналіз існуючих фреймворків комп'ютерного зору

Computer Vision (CV) — це сфера штучного інтелекту (ШІ), яка дозволяє комп'ютерам і системам отримувати значущу інформацію з цифрових зображень, відео та інших візуальних вхідних даних — і вживати дій або давати рекомендації на основі цієї інформації. Якщо ШІ дозволяє комп'ютерам мислити, комп'ютерний зір дозволяє їм бачити, спостерігати та розуміти. Далі наведений список з найбільш популярних фреймворків CV:

Google Cloud's Vision API - це проста у використанні технологія комп'ютерного зору, яка дозволяє розробникам зрозуміти зміст зображення, застосовуючи потужні моделі машинного навчання. Він пропонує потужні попередньо навчені моделі через REST і RPC API. Це також дозволяє розробникам легко інтегрувати ключові функції комп'ютерного зору в програму, включаючи розпізнавання обличчя та орієнтирів, маркування зображень, оптичне розпізнавання символів (OCR) і теги явного змісту. На практиці цей фреймворк використовується для розпізнавання об'єктів та обличчя, читанні друкованих і рукописних текстів й при створенні цінних метаданих для каталогів зображень.

Raster Vision [19] — це бібліотека для Python із відкритим вихідним кодом для створення моделей комп'ютерного бачення на супутникових, аерофотозйомках та інших великих наборах зображень (включаючи косі зображення, зроблені дроном). Це дозволяє користувачам, які не мають жодних знань у робочому процесі глибокого машинного навчання, швидко та неодноразово налаштовувати експерименти, зокрема аналізувати навчальні набори даних, створювати навчальні мікросхеми, моделі, робити прогнози, об'єднувати моделі і розгортати їх. Raster Vision має вбудовану підтримку класифікації чіпів, виявлення об'єктів і семантичної сегментації за допомогою PyTorch і Tensorflow. Користувачі можуть проводити експерименти на центральних і графічних процесорах із вбудованою підтримкою роботи в хмарі за допомогою AWS Batch. Інфраструктура також розширюється до нових джерел даних, завдань (наприклад, виявлення об'єктів), серверної частини (наприклад, TF Object Detection API) і хмарних провайдерів.

SOD - це вбудована сучасна кросплатформна бібліотека комп'ютерного зору та машинного навчання, яка надає набір API для глибокого навчання, розширеного аналізу та обробки медіафайлів, у тому числі виявлення багатокласових об'єктів у реальному часі та навчанні моделей у вбудованих системах з обмеженими обчислювальними ресурсами та пристроях IoT. SOD був

розроблений, щоб забезпечити загальну інфраструктуру для програм комп'ютерного зору та прискорити використання машинного сприйняття як у відкритих кодах, так і в комерційних продуктах. Розроблений для ефективності обчислень і з сильним акцентом на програмах реального часу, SOD включає повний набір як класичних, так і найсучасніших глибоких нейронних мереж з їх попередньо навченими моделями.

DeepFaceLab [20] — це система з відкритим кодом, яка використовує машинне навчання для фотореалістичної зміни обличчя у відео. Вона забезпечує обов'язковий і простий у використанні конвеєр, включаючи завантажувач і обробку даних, навчання моделі та постобробку, щоб люди могли створювати глибокі фейкові відео без повного розуміння основи процесу навчання або без написання складного шаблонного коду. Цей найсучасніший фреймворк надає повний інструмент командного рядка з усіма аспектами конвеєра та функціонує, як камера прямого доступу. Примітно, що більше 95% глибоких фейкових відео створюються за допомогою DeepFaceLab.

JeelizFaceFilter — це легка та надійна бібліотека відстеження обличчя, розроблена для фільтрів обличчя доповненої реальності. Ця бібліотека JavaScript може виявляти та відстежувати обличчя в режимі реального часу на відео з веб-камери, знятого за допомогою WebRTC. Використовується для накладання 3D-вмісту для додатків доповненої реальності, вона може підтримувати різні інтеграції, такі як Three.js, Babylon.js, FaceSwap, Canvas2D, CSS3D, що дозволяє розробникам вирішувати проблеми комп'ютерного зору безпосередньо з браузера. Основні функції включають розпізнавання, відстеження обертання обличчя, розпізнавання відкривання рота, розпізнавання кількох обличчя, тощо.

OpenCV [21] — це бібліотека комп'ютерного зору та машинного навчання з відкритим кодом, створена для забезпечення спільної інфраструктури для програм комп'ютерного бачення та прискорення використання машинного сприйняття в комерційних продуктах. Ліцензований продукт BSD, OpenCV, дозволяє компаніям легко використовувати та змінювати код. Бібліотека містить

понад 2500 оптимізованих алгоритмів, включаючи повний набір як класичних, так і найсучасніших алгоритмів комп'ютерного зору та машинного навчання.

Отже, більшість алгоритмів і фреймворків CV можна використовувати для виявлення та розпізнавання обличь, ідентифікації об'єктів, класифікації дій людей у відео, відстеження рухів камери, трекінг за рухомими об'єктами, вилучення 3D-моделей об'єктів і створення 3D-хмар точок зі стереокамер, поєднання зображень для створення ефекту «цілої сцени» з високою роздільною здатністю, знаходити подібні зображення в базі даних, усувати червоні очі на зображеннях, зроблених за допомогою спалаху, стежити за рухами очей, розпізнавати пейзаж і встановлювати маркери для накладання на нього доповненої реальності.

3 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ

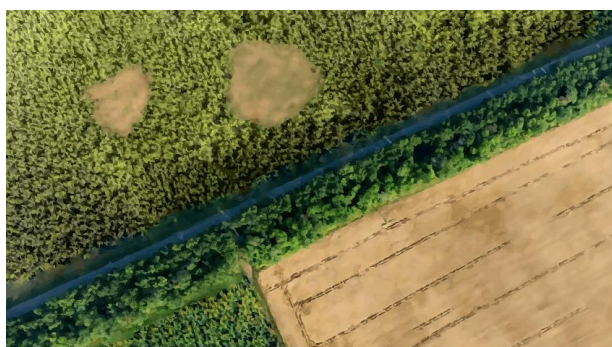
3.1 Опис алгоритму локалізації уражень поля

Для початку було проведено порівняння початкового зображення (рис. 3.1) при використанні різних кольорових моделей. Для знаходження максимально контрастного вигляду уражень в полі, щоб в подальшому спростити їх локалізацію. На цьому етапі важливо зазначити, що вхідний знімок зроблений в RGB. І хоч він виглядає добре, але для автоматизації локалізації необхідно, щоб зона інтересу вигідно відрізнялася від фону, тому пропонується перевірити наступні кольорові моделі:

- BW – чорно-біле зображення, де колір передається градацією сірого, що може допомогти при локалізації дуже темних або навпаки занадто світлих об'єктів;
- SVG – це формат векторних зображень, де інформація зберігається не у вигляді растру (кольору окремих пікселів), а через геометричні примітиви, що дозволяє без втрати якості проводити масштабування;
- CMYK – кольорова модель, яка використовується під час друку, адже колір тут описується через чотири основні чорнильні пластини: блакитна, пурпурна, жовта, чорна;
- HSV – представлення кольору через відтінок, насиченість зображення;
- HSI - представлення кольору через відтінок, насиченість та інтенсивність зображення;



а



б

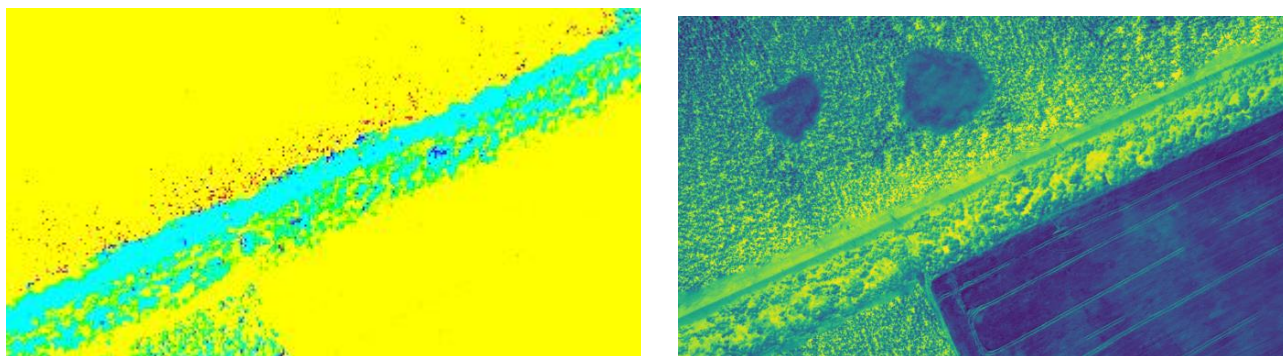


Рисунок 3.1 – Приклади різних кольорових моделей: а) BW; б) SVG;
в) CMYK; г) HSV

З поміж усіх кольорових моделей найбільше підходить HSV (рис.3.1.г), бо сама на цьому зображенні незасіяні ділянки поля добре контрастують з фоновими об'єктами, які не є частиною зони інтересу.

Наступним кроком пропонується використати бібліотеку комп'ютерного зору OpenCV для виконання наступних етапів розробки:

- 1) Бінаризація зображення, адже на зображенні (рис.3.1.г) нас цікавлять лише найтемніші ділянки, бо саме на них не ростуть рослини.
- 2) Фільтрація бінаризованого зображення, щоб позбутися помилок початкової бінаризації.
- 3) Визначення меж ураження

3.2 Локалізація уражень агрокультури

Як вхідне зображення був використаний знімок місцевості в HSV кольоровій моделі (рис.3.1.г). Далі була проведена бінаризація цього зображення, щоб знайти найбільш світлі ділянки, які у даному випадку відповідають за територію на якій відсутня рослинність.

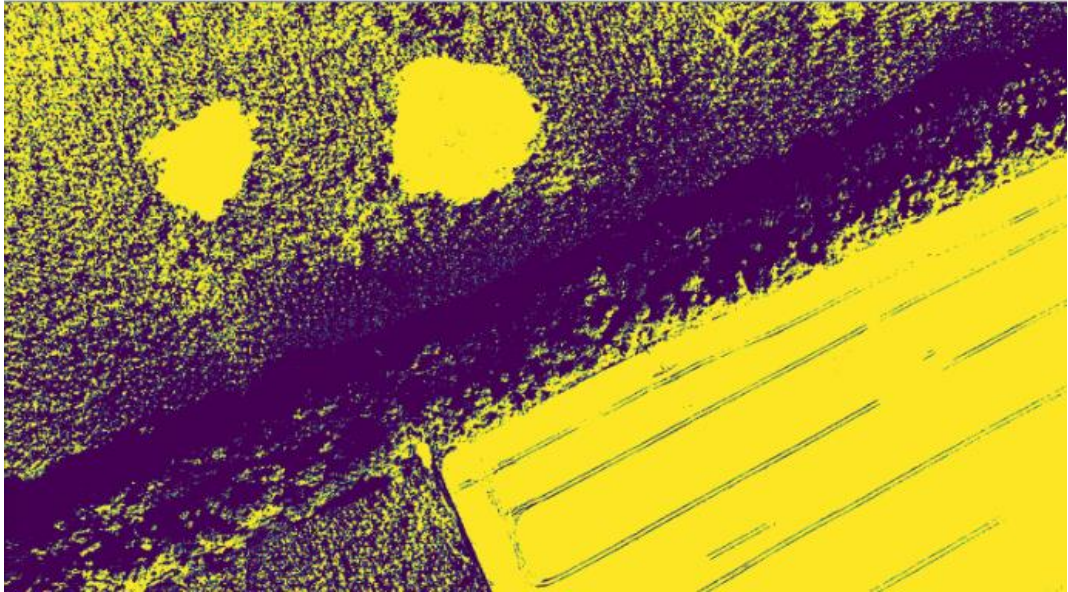


Рисунок 3.2 – Бінаризоване зображення

Наступним кроком потрібно провести фільтрацію і залишити лише найбільші світлі ділянки, рисунок 3.3.а, щоб потім об'єднати їх у більш однорідні структури, рисунок 3.3.б.

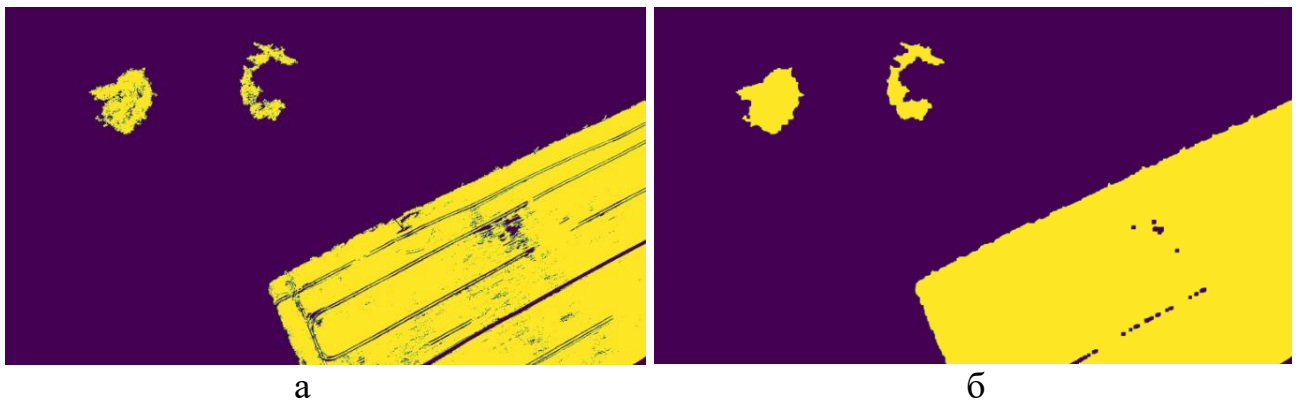


Рисунок 3.3 – Процес фільтрації зображення: а) видалення зашумлення;
б) об'єднання

Останнім кроком є визначення меж уражених ділянок та накладання їх на початкове зображення, рисунок 3.4.



Рисунок 3.4 – Зображення з виділеними зонами інтересу

Хоча і вдалося отримати достатньо не поганий результат (рис.3.4), але у подальшому потрібно враховувати, що поле може містити не засіяні ділянки, які при цьому не будуть відноситись до класу «ураження». Для цього необхідно доповнити розроблену систему деякою інтелектуальною компонентою, яка буде проводити ідентифікацію зображення, щоб мінімізувати помилки 1-го та 2-го роду.

Також у перспективі потрібно проекспериментувати з вхідним математичним описом [15]. Перевірити наскільки гарно розроблювальний алгоритм працює при довільних умовах формування зображення. Пропонується змінити, наприклад, висоту польоту дрону.

ВИСНОВКИ

В процесі виконання бакалаврської роботи проведено інформаційний огляд сучасного стану використання безпілотних літальних апаратів (БПЛ) з оглядом головних сфер використання та обрано сектор аграрної промисловості й задачу локалізації ураження посівів на полях. Поставлені завдання для реалізації задачі виконані й представляють наступне:

- розроблено формування вхідних даних шляхом обробки фотозйомок з БПЛ, який максимально повно характеризує тип та вид проблеми посівів;
- створення алгоритмічного апарату, який здатний виконувати підтримку прийняття рішень агронома шляхом локалізації вражених зон;
- проведено тестування системи.

Програмна реалізація представлена у вигляді системи підтримки прийняття рішень, яка допомагає агроному визначати ділянки поля, які містять дефекти агрокультури. Це може бути захворювання, гибель рослин від заморозків чи підвищеної вологості або ж вандалізм з боку людей. Такі ділянки характерні тим, що це не великі осередки на полі, де відсутня рослинність.

У подальшому потрібно поєднати розроблений алгоритм з інтелектуальною компонентою, яка б дозволила додатково верифікувати зону інтересу, щоб мінімізувати помилку 1-го і 2-го роду.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Tezza, Dante, Denis Laesker, and Marvin Andujar. "The learning experience of becoming a FPV drone pilot." Companion of the 2021 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. 2021.
2. Wang, Jingzhe, et al. "Ensemble machine-learning-based framework for estimating total nitrogen concentration in water using drone-borne hyperspectral imagery of emergent plants: A case study in an arid oasis, NW China." Environmental Pollution 266 (2020): 115412.
3. Salman, S., Mir, J., Farooq, M. T., Malik, A. N., & Haleemdeen, R. (2021, January). Machine learning inspired efficient audio drone detection using acoustic features. In 2021 International Bhurban Conference on Applied Sciences and Technologies (IBCAST) (pp. 335-339). IEEE.
4. Petrich, L., Lohrmann, G., Neumann, M., Martin, F., Frey, A., Stoll, A., & Schmidt, V. (2020). Detection of Colchicum autumnale in drone images, using a machine-learning approach. Precision Agriculture, 21, 1291-1303.
5. Yazdinejad, A., Parizi, R. M., Dehghantanha, A., & Karimipour, H. (2021). Federated learning for drone authentication. Ad Hoc Networks, 120, 102574.
6. Ononiwu, G., Onojo, O., Ozioko, O., & Nosiri, O. (2016). Quadcopter design for payload delivery. Journal of Computer and Communications, 4(10), 1-12.
7. Савченко, Т. Р. (2023). Інформаційна технологія персоналізованого діагностування ранньої стадії раку передміхурової залози (Master's thesis, Сумський державний університет).
8. Olivares, V., Córdova, F., & Durán, C. (2017, October). Transport logistics and simulation model for fleet of drones in a Mass Customization System. In 2017 CHILEAN Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies (CHILECON) (pp. 1-6). IEEE.
9. Електронний ресурс, Drone DIY Projects: Your Guide To Building And Customizing UAVs, режим доступу: <https://gadgetmates.com/drone-diy-projects>

- 10.Електронний ресурс, IFLIGHT CHIMERA 7 PRO V2 REVIEW, режим доступу: <https://dronexl.co/2023/01/26/long-range-fpv-iflight-chimera-7-pro-v2/>
- 11.Roberts, Nathan B., et al. "Current summary of the evidence in drone-based emergency medical services care." *Resuscitation Plus* 13 (2023): 100347.
- 12.Kristensen, A. S., Ahsan, D., Mehmood, S., & Ahmed, S. (2017). Rescue Emergency Drone for fast response to medical emergencies due to traffic accidents. *International Journal of Health and medical Engineering*, 11(11), 637-641.
- 13.Dutta, G., & Goswami, P. (2020). Application of drone in agriculture: A review. *International Journal of Chemical Studies*, 8(5), 181-187.
- 14.Naumenko, I., Piatachenko, V., Myronenko, M., & Savchenko, T. (2022). Information-Extreme Machine Learning of an On-board Ground Object Recognition System with a Choice of a Base Recognition Class.
- 15.Dovbysh, Anatoliy, et al. "Information-extreme machine learning on-board recognition system of ground objects with the adaptation of the input mathematical description." *CMIS*. 2020.
- 16.Гриненко, О. В. (2022). Моделі та методи інформаційної технології машинного навчання бортової системи безпілотного літального апарату з використанням симулятора (Master's thesis, Сумський державний університет).
- 17.Олексенко, О. О., et al. "Застосування безпілотних літальних апаратів збройними силами Російської Федерації у війні проти України." *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України* 4 (49) (2022): 37-42.
- 18.Паламарчук, В. Д. "Вплив позакореневих підживлень на стійкість гібридів кукурудзи до вилягання." *Сільське господарство та лісівництво.-2018.-№ 8.-С. 14-25.* (2018).
- 19.Електронний ресурс, Introducing the Raster Vision, режим доступу: <https://rastervision.io/>

20. Perov, Ivan, et al. "DeepFaceLab: Integrated, flexible and extensible face-swapping framework." arXiv preprint arXiv:2005.05535 (2020).
21. Bradski, G., & Kaehler, A. (2000). OpenCV. Dr. Dobb's journal of software tools, 3(2).
22. Naumenko, I., Myronenko, M., & Savchenko, T. (2021). Information-extreme machine training of on-board recognition system with optimization of RGB-component digital images. Radioelectronic and Computer Systems, (4), 59-70.
23. Protsenko, Olena, et al. "Informational and extreme machine learning for onboard recognition system of ground objects." 2020 IEEE 11th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT). IEEE, 2020.

ДОДАТОК

```

import cv2
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import os
from PIL import Image
from matplotlib import cm
from sklearn.cluster import KMeans
import dlib as dip
import math

imgG0 = cv2.imread(os.path.join("complex field1.JPG"))
imgG0 = cv2.cvtColor(imgG0, cv2.COLOR_BGR2RGB)

imgFloat = imgG0.astype(np.float16) / 255
kChannel = 1 - np.max(imgFloat, axis=2) * -1
kChannel = (255 * kChannel).astype(np.uint8)
plt.figure(figsize = (20,20))
plt.imshow(kChannel)

binaryThresh = 170
_, binaryImage = cv2.threshold(kChannel, binaryThresh,
255, cv2.THRESH_BINARY)
plt.figure(figsize = (20,20))
plt.imshow(binaryImage)

def areaFilter(minArea, inputImage):
    # Perform an area filter on the binary blobs:
    componentsNumber, labeledImage, componentStats,
componentCentroids = \
        cv2.connectedComponentsWithStats(inputImage,
connectivity=4)

    # Get the indices/labels of the remaining components
based on the area stat
    # (skip the background component at index 0)
    remainingComponentLabels = [i for i in range(1,
componentsNumber) if componentStats[i][4] >= minArea]

    # Filter the labeled pixels based on the remaining
labels,
    # assign pixel intensity to 255 (uint8) for the
remaining pixels

```

```

        filteredImage = np.where(np.isin(labeledImage,
remainingComponentLabels) == True, 255,
0).astype('uint8')

        return filteredImage

minArea =2500
binaryImage = areaFilter(minArea, binaryImage)

plt.figure(figsize = (20,20))
plt.imshow(binaryImage)

# Use a little bit of morphology to clean the mask:
# Set kernel (structuring element) size:
kernelSize = 5
# Set morph operation iterations:
opIterations = 2
# Get the structuring element:
morphKernel = cv2.getStructuringElement(cv2.MORPH_RECT,
(kernelSize, kernelSize))
# Perform closing:
binaryImage1 = cv2.morphologyEx(binaryImage,
cv2.MORPH_CLOSE, morphKernel, None, None, opIterations,
cv2.BORDER_REFLECT101)

plt.figure(figsize = (20,20))
plt.imshow(binaryImage1)

smooth = dip.Gauss(binaryImage, [3])           # Gaussian
smoothing with sigma=3
smooth = dip.Closing(binaryImage, 30)         # Note! This
uses a disk SE with diameter 25 pixels
plt.figure(figsize = (20,20))
plt.imshow(smooth)

img_convert = cv2.cvtColor(imgG0, cv2.COLOR_BGR2RGB)
#defining image to experiment with number of clusters

vectorized = imgG0.reshape((-1,3))
vectorized = np.float32(vectorized)

contours,hierarchy = cv2.findContours(image =
np.array(smooth1), mode=cv2.RETR_TREE,
method=cv2.CHAIN_APPROX_NONE)

```

```
image_copy = imgG0.copy()
img_counter = imgG0.copy()

mask = np.zeros(imgG0.shape[:2], dtype="uint8")
for c in contours:
    # compute the center of the contour
    M = cv2.moments(c)
    cX = int(M["m10"] / M["m00"])
    cY = int(M["m01"] / M["m00"])
    # draw the contour and center of the shape on the
    image
    cv2.drawContours(mask, [c], -1, (255, 0,
0), thickness=cv2.FILLED)
    cv2.drawContours(image_copy, [c], -1, (255, 0,
0), thickness=cv2.FILLED)
    cv2.drawContours(img_counter, [c], -1, (0, 255, 0),
3)
    #cv2.circle(image_copy, (cX, cY), 7, (0, 0, 0), -1)

plt.figure(figsize = (20,20))
plt.imshow(img_counter)
```