

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”**

Факультет інформатики та обчислювальної техніки

Кафедра обчислювальної техніки

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

Сергій СТИРЕНКО

(підпис)

“ ” _____ 2023 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою

“ Комп’ютерних систем та мереж ”

спеціальності 123 “Комп’ютерна інженерія”

на тему: Метод візуальної детекції безпілотних літальних апаратів

Виконав : студент 4 курсу, групи ІО-93
(шифр групи)

Мудрий Юрій Павлович

(прізвище, ім’я, по батькові)

(підпис)

Керівник проф., д.ф-м.н., с.н.с. Гордієнко Ю.Г.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант (нормоконтроль) д.т.н., Виноградов Ю. М.

(назва розділу)

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____

(підпис)

Київ – 2023 р.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”**

Факультет інформатики та обчислювальної техніки

Кафедра обчислювальної техніки

Рівень вищої освіти – перший (бакалавр)

Освітньо-професійна програма

“Комп’ютерних систем та мереж”

спеціальності 123 “Комп’ютерна інженерія”

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Сергій СТИРЕНКО

(підпис)

“ ” _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на бакалаврський дипломний проєкт студента

Мудрий Юрій Павлович

1. Тема проєкту Метод візуальної детекції безпілотних літальних апаратів
керівник проєкту Гордієнко Юрій Григорович

(прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від 31 травня 2023 року №2101-с

2. Термін здачі студентом закінченого проєкту 8 червня 2023 р.

3. Вихідні дані до проєкту технічна документація, теоретичні дані.

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

Розділ 1. Огляд існуючих методів для візуалізації БПЛА.

Розділ 2. Аналіз технології для реалізації візуалізації БПЛА.

Розділ 3. Деталі розробки системи БПЛА.

Розділ 4. Детельний аналіз систем БПЛА.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним позначенням обов'язкових креслень) структурна схема для візуалізації детекції БПЛА, функціональна схема (діаграма класів) для візуалізації детекції БПЛА, алгоритм дій програмного забезпечення для візуалізації детекції БПЛА.

6. Консультанта проєкту, з вказівкою розділів проєкту, які до них вносяться

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Нормоконтроль	Виноградов Ю. М.		

7. Дата видачі завдання «25» лютого 2023 р.

Календарний план

№ П/П	Найменування етапів дипломного проєкту	Терміни виконання етапів проєкту	Примітки
1.	<i>Вивчення технічної літератури</i>	<i>17.03.2023</i>	
2.	<i>Затвердження теми проєкту</i>	<i>25.03.2023</i>	
3.	<i>Аналіз структури програмного забезпечення</i>	<i>27.03.2023</i>	
4.	<i>Вибір стек технологій та компоненти</i>	<i>4.05.2023</i>	
5.	<i>Тестування окремих модулів</i>	<i>13.05.2023</i>	
6.	<i>Програмна реалізація системи</i>	<i>14.05.2023</i>	
7.	<i>Захист програмного продукту</i>	<i>8.06.2023</i>	
8.	<i>Передзахист</i>	<i>15.06.2023</i>	
9.	<i>Захист</i>	<i>21.06.2023</i>	

Студент-дипломник _____ Мудрий Юрій
(підпис)

Керівник проєкту _____ Гордієнко Юрій
(підпис)

АНОТАЦІЯ

У даній роботі було проведено детальний аналіз і проведено обстеження сучасних методів візуальної детекції безпілотних літальних апаратів. Цей процес включав у себе огляд наукових статей, експериментальні дослідження та порівняння різних алгоритмів та підходів.

На основі здобутих знань і результатів аналізу було розроблено власний симулятор, який відтворює реалістичні умови та сценарії для тренування та вдосконалення навичок керування безпілотним дроном. Симулятор дозволяє виконувати різні завдання, включаючи автономний польот, навігацію в складних середовищах та взаємодію з об'єктами та перешкодами.

ANNOTATION

A detailed analysis of these robots was carried out and a survey of modern methods of visual detection of unmanned lytic devices was carried out. This process includes a review of scientific articles, experimental research and analysis of various algorithms and approaches.

On the basis of the obtained knowledge and the results of the analysis, a basic simulator was developed that creates realistic thoughts and scenarios for training and upgrading the skills of controlling an unmanned drone. The simulator allows you to complete various tasks, including an autonomous route, navigation in warehouse environments, and in exchange for modifications with objects and obstacles.

[illegible]

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
ДО ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

на тему: «Метод візуальної детекції безпілотних літальних апаратів»

Київ – 2023

ЗМІСТ

1. НАЙМЕНУВАННЯ ТА ОБЛАСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ	2
2. ПІДСТАВИ ДЛЯ РОЗРОБКИ	2
3. МЕТА ТА ПРИЗНАЧЕННЯ РОЗРОБКИ.....	2
4. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ.....	2
5. ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ.....	2
5.1 Вимоги до розробленого продукту	2
5.2 Вимоги до програмного забезпечення	3
5.3 Вимоги до апаратної частини	3
6. ЕТАП ПІДГОТОВКИ	3

					ІАЛЦ.467200.002 ТЗ			
		№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Мудрий Ю.П.				Метод візуальної детекції безпілотних літальних апаратів Технічне завдання	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Волокита А. М.						1	3
						“КП” ім. Ігоря Сікорського, ФІОТ, ІО-93		
Н. Контр.	Виноградов Ю. М.							
Затвердив								

1. НАЙМЕНУВАННЯ ТА ОБЛАСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ

Дане технічне завдання поширюється на розробку програмно-апаратного комплексу, який буде використовуватись для тренування операторів безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Крім того, передбачається підтримка та вдосконалення розробленої системи.

Основним застосуванням цієї системи є навчання механічним навичкам керування безпілотним літальним апаратом з метою зниження ризиків втрати апарату під час першого польоту.

2. ПІДСТАВИ ДЛЯ РОЗРОБКИ

Дана система була розроблена на основі завдання, що передбачає виконання кваліфікаційно-освітнього рівня «бакалавр інженерії програмного забезпечення». Це завдання було схвалено факультетом "Інформатики та обчислювальної техніки" кафедри обчислювальної техніки Національного технічного Університету України «Київський Політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського».

3. МЕТА ТА ПРИЗНАЧЕННЯ РОЗРОБКИ

Ця робота спрямована на розробку системи, яка використовує еволюційні алгоритми для пошуку глобальних екстремумів у функціях з багатьма змінними. Основною метою цієї роботи є створення ефективного рішення для вирішення цієї задачі.

4. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

Для розробки цього дипломного проекту були використані різні джерела інформації, зокрема офіційна документація, публікації та статті, що доступні в Інтернеті, а також науково-технічна література, пов'язана з даною темою.

5. ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

5.1 Вимоги до розробленого продукту

Розроблена система має відповідати наступним вимогам:

- Мати інтуїтивно зрозумілий та простий інтерфейс для користувачів.

					ІАЛЦ.467200.002 ТЗ	Арк.
						2
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Забезпечувати можливість користувачам вводити вхідні дані для пошуку екстремумів та отримувати результати відповідно.
- Дозволяти користувачам налаштовувати специфічні параметри обчислень для окремих алгоритмів власноруч.
- Давати можливість користувачам вибирати бажаний алгоритм для обчислень самостійно.
- Забезпечувати докладну та зрозумілу документацію для розробленого продукту.

5.2 Вимоги до програмного забезпечення

- Операційна система - Windows, Mac чи Linux.
- Програмне забезпечення - Visual Studio 2017 IDE версії або вище.

5.3 Вимоги до апаратної частини

- ЦП не менше ніж Intel® Core (TM) i3-2100T.
- ROM не менше ніж 64 ГБ.
- RAM не менше ніж 4 ГБ.

6. ЕТАП ПІДГОТОВКИ

№ П/П	Найменування етапів дипломного проєкту	Терміни виконання етапів проєкту
1.	<i>Вивчення технічної літератури</i>	<i>17.03.2023</i>
2.	<i>Затвердження теми проєкту</i>	<i>25.03.2023 – 27.03.2023</i>
3.	<i>Аналіз структури програмного забезпечення</i>	<i>27.03.2023 – 4.05.2023</i>
4.	<i>Вибір стек технології та компоненти</i>	<i>4.05.2023 – 13.05.2023</i>
5.	<i>Тестування окремих модулів системи</i>	<i>13.05.2023 – 14.05.2023</i>
6.	<i>Програмна реалізація системи</i>	<i>14.05.2023 – 8.06.2023</i>
7.	<i>Захист програмного продукту</i>	<i>8.06.2023</i>
8.	<i>Передзахист</i>	<i>15.06.2023</i>
9.	<i>Захист</i>	<i>21.06.2023</i>

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ**

на тему: «Метод візуальної детекції безпілотних літальних апаратів»

Київ – 2023

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ДЛЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ БПЛА.....	7
1.1 Візуалізація детекції БПЛА.....	7
1.2 Аналіз методів реалізацію візуалізації БПЛА.....	8
1.2.1 Відеозаписи та зображення.....	8
1.2.2 Тривимірне моделювання.....	9
1.2.3 Картографування та графіки.....	10
1.2.4 Розширена реальність (Augmented Reality, AR).....	11
1.2.5 Симуляція БПЛА.....	12
1.2.6 Висновки.....	13
1.3 Існуючі технології візуалізації БПЛА.....	14
1.3.1 Mission Planner (Місіон Планер).....	14
1.3.2 QGroundControl (КьюГраундКонтрол).....	16
1.3.3 DJI GO (DJI Go).....	19
1.3.4 UgCS (Universal Ground Control Software).....	21
1.3.5 Висновки.....	23
ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 1.....	25
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ БПЛА	27
2.1 Відеопередача в реальному часі.....	27
2.2 Візуалізація на земній станції.....	30
2.3 Візуалізація у форматі карт.....	31
2.4 Використання додаткових сенсорів.....	33
2.5 Бази даних, які використовуються для БПЛА.....	35
2.5.1 Геопросторова база даних (GIS).....	35
2.5.2 База даних телеметрії.....	36
2.5.3 База даних метеоданих.....	37
2.5.4 Висновок.....	38

					ІАЛЦ.467200.003 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Метод візуальної детекції безпілотних літальних апаратів Пояснювальна записка	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розробив	Мудрий Ю. П.						1	106
Перевірив	Волокита А.М.					“КП” ім. Ігоря Сікорського, ФІОТ, ІО-93		
Реценз.								
Н. Контр.	Виноградов Ю. М.							
Затвердив								

2.7 Мова програмування для розробки БПЛА	38
2.7.1 C++	39
2.7.2 Python	39
2.7.1 Java	39
2.7.2 Lua	40
2.7.3 JavaScript.....	40
2.7.6 ROS (Robot Operating System)	40
2.7.7 Висновки	40
ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 2	42
РОЗДІЛ 3. ДЕТАЛІ РОЗРОБКИ СИСТЕМИ БПЛА.....	43
3.1 Опис процесу виявлення орієнтації апарату БПЛА.	43
3.2 Розробка ПЗ апарату для управління та навігації БПЛА	44
3.3 Опис 3D генерації для тестування БПЛА.....	47
ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 3	50
РОЗДІЛ 4. ДЕТАЛЬНИЙ АНАЛІЗ СИСТЕМ БПЛА	51
4.1 Дослідження ефективності систем БПЛА	51
4.2 Тестування програмного забезпечення.....	51
4.3 Рекомендація вдосконалення систем БПЛА	53
ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 4	55
ВИСНОВОК.....	56
СПИСОК ВИКОРИСТОВАНИХ ЛІТЕРАТУР.....	57

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

БД	База даних
БПЛА	Безпілотний літальний апарат) або дрон
ПЗ	Програмне забезпечення
ОС	Операційна система
ПД	Пам'ять даних (також відома як накопичувач даних або сховище даних)
ПП	Пам'ять програми (також відома як пам'ять виконуваної програми або пам'ять інструкцій)
БАК (або БпАК)	Безпілотний апаратний комплекс.
Рендер	Процес візуалізації тривимірних об'єктів на двовимірну площину.

					ІАЛЦ.467200.003 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

ВСТУП

Візуальна детекція є важливою функцією для безпілотних літальних апаратів (дронів) з кількох причин:

Навігація: Візуальна детекція допомагає дрону орієнтуватися в просторі і визначати своє положення. Завдяки використанню камер або інших візуальних датчиків, дрон може визначати відстань до об'єктів, розміщення в просторі та інші характеристики оточуючого середовища. Це дозволяє дрону уникати перешкод, рухатися безпечно та виконувати потрібні завдання.

Виявлення об'єктів: Візуальна детекція дозволяє дрону виявляти об'єкти в своєму оточенні. Це може бути корисним, наприклад, для пошуку загублених або розшукуваних осіб, контролю над дорожнім рухом, нагляду за територією або виявлення ворожих об'єктів. З використанням алгоритмів комп'ютерного зору та машинного навчання, дрон може аналізувати зображення або відео, щоб виявляти певні об'єкти, наприклад, людей, автомобілі або будівлі.

Безпека: Візуальна детекція може використовуватися для попередження небезпечних ситуацій. Наприклад, дрон може виявляти і реагувати на наближення до зон обмеженого доступу або небезпечних об'єктів. Візуальна детекція також допомагає уникнути зіткнень з іншими літальними апаратами, птахами або іншими об'єктами у повітряному просторі.

Мапування та реконструкція: Дрони можуть використовувати візуальну детекцію для мапування територій та створення трохвимірних моделей. Вони можуть збирати візуальні дані з висоти і використовувати їх для створення точних карт або моделей рельєфу. Це корисно в таких галузях, як геодезія, землеробство, архітектура та геологія.

Всі ці причини демонструють важливість візуальної детекції для безпілотних літальних апаратів. Вона дозволяє дронам бути більш автономними, безпечними і ефективними у своїх завданнях, виконувати роль

					ІАЛЦ.467200.003 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

помічника людини в різних сферах діяльності та сприяти розвитку дронної технології в цілому[1][2].

					ІАЛЦ.467200.003 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ДЛЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ БПЛА

В розділі дипломної роботи буде проведений огляд технологій та методів візуалізації безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Аналізуватимуться переваги та недоліки цих методів, а також надаватимуться приклади існуючих проєктів з візуалізації БПЛА. Далі будуть проаналізовані методи обробки та аналізу цих даних, включаючи комп'ютерне зорове сприйняття, обробку зображень та об'єктів.

1.1 Візуалізація детекції БПЛА

Візуалізація БПЛА (безпілотного літального апарату) означає візуальне відображення даних, отриманих від БПЛА або пов'язаних з ним. Це процес створення графічних або відео зображень, які представляють різні аспекти польоту БПЛА, отримані супутникові знімки, зібрані даними з сенсорів, та інші параметри.

Візуалізація БПЛА може бути корисною для багатьох цілей. Наприклад, вона допомагає операторам аналізувати даний зібрані БПЛА, спостерігати за польотами в режимі реального часу, виконувати моніторинг і спостереження за об'єктами на землі, аналізувати топографічні ознаки території, контролювати стан різних інфраструктурних об'єктів і багато іншого.

Візуалізація БПЛА може включати створення тривимірних моделей ландшафту, генерацію відео або зображень, що демонструють рухи БПЛА та його сенсорні дані, та відображення цих даних на карті або графіках.

Такі візуалізації можуть бути використані в різних сферах, включаючи військові операції, пошук і рятування, землеробство, геологічне дослідження, моніторинг навколишнього середовища та багато іншого. Вони допомагають операторам БПЛА легше розуміти зібрані дані та зробити інформовані рішення на їх основі [1].

Візуалізація БПЛА стала надзвичайно актуальною темою для розвідувальних операцій Збройних Сил України (ЗСУ). Це значно покращує у

					ІАЛЦ.467200.003 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виявленні місце знаходження ворогів та воєної техніки, проаналізувати місця для стратегічної операції.

Переваги візуалізації БПЛА:

- 1. Покращення ситуаційного усвідомлення:** Візуалізація дозволяє операторам БПЛА отримати відображення реального часу з місць навколишнього середовища, що дозволяє краще розуміти ситуацію на полі бою. Інформація, отримана через візуалізацію, допомагає операторам швидше та точніше виявляти цілі, визначати їхню локацію та рух, оцінювати ворожі сили та зброю, а також розпізнавати терен та перешкоди.
- 2. Підвищення безпеки та мінімізація ризиків:** Візуалізація дозволяє операторам БПЛА зберігати безпечну відстань від потенційно небезпечних зон, таких як ворожі позиції або області зі зброєю високої точності. Оператори можуть аналізувати ситуацію та приймати рішення, не виставляючи себе під загрозу. Візуалізація також допомагає уникнути колізій з іншими повітряними апаратами або перешкодами на маршруті польоту.
- 3. Підвищення точності та ефективності:** Візуалізація БПЛА допомагає збільшити точність розвідувальних даних, що збираються. Оператори можуть миттєво переглядати, аналізувати та інтерпретувати зібрані дані, що дозволяє зробити більш обґрунтовані рішення. Візуалізація також полегшує спільну роботу

1.2 Аналіз методів реалізацію візуалізації БПЛА

В цьому підрозділі, ми проаналізуємо які є методи для візуалізації даних, отриманих від БПЛА, існує кілька методів, які можуть бути використані. Детально опишемо, які в них є плюси та минули.

1.2.1 Відеозаписи та зображення

Цей метод полягає у створенні відеозаписів або зображень, отриманих з камер БПЛА. Це можуть бути знімки з висоти, панорамні зображення або

					ІАЛЦ.467200.003 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

знімки, зроблені у режимі реального часу під час польоту. Відео та зображення можуть бути використані для детального аналізу території, виявлення об'єктів або перешкод, а також для моніторингу змін у часі.

Переваги:

1. **Візуальне усвідомлення:** Відеозаписи та зображення дозволяють операторам отримати візуальне уявлення про обстановку з висоти та переглядати його в реальному часі або пізніше. Це допомагає операторам отримувати детальну інформацію про територію, об'єкти, перешкоди, позиції ворожих сил та інші аспекти ситуації.
2. **Деталізація та масштабування:** Відеозаписи та зображення можуть бути зняті з висоти, що дозволяє отримати широкий кут огляду та показати велику територію. Оператори можуть збільшувати та деталізувати зображення, щоб отримати більшу кількість інформації про конкретні деталі або об'єкти.
3. **Запис доказів:** Відеозаписи можуть бути використані як доказовий матеріал в разі потреби. Вони можуть фіксувати події, злочини, порушення та інші важливі події, що можуть бути використані в юридичних аспектах або для звітності.

Недоліки:

1. **Залежність від умов освітлення:** Якщо умови освітлення недостатньо сприятливі, наприклад, у темряві або в умовах сильного сонячного світла, якість відеозаписів та зображень може знизитися. Це може ускладнити аналіз та розпізнавання деталей.
2. **Обмежена перспектива:** Обмежений можливість відеозаписи та зображення БПЛА надають перспективу з висоти.

1.2.2 Тривимірне моделювання

Даний метод передбачає в собі використання для створення тривимірних моделей ландшафту або об'єктів на землі. За допомогою точкових хмар даних, супутникових знімків або лазерного сканування можна створити

					ІАЛЦ.467200.003 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

детальні 3D моделі, які можуть бути відображені та використані для аналізу географічних особливостей території, планування маршрутів або виявлення змін у структурі об'єктів.

Переваги:

1. **Деталізована геометрична інформація:** Тривимірне моделювання дозволяє отримати детальну геометричну інформацію про об'єкти, ландшафти та інші елементи середовища. Це дозволяє проводити точний аналіз та вимірювання, виявляти особливості та зміни в структурі об'єктів.
2. **Відображення території:** Тривимірне моделювання дозволяє створити візуальне відображення всієї території або конкретних областей. Це допомагає операторам отримувати загальний огляд ситуації та локалізувати об'єкти або точки інтересу.
3. **Планування маршрутів та навігація:** За допомогою тривимірних моделей можна планувати оптимальні маршрути руху БПЛА та навігувати їх навколо складних ландшафтів або перешкод. Це допомагає забезпечити безпеку та ефективність місій.

Недоліки:

1. **Обмеженість точності:** Точність тривимірних моделей може залежати від роздільної здатності сенсорів та методів моделювання. В деяких випадках можуть відбуватися спотворення або втрати деталей, особливо на великих відстанях або в складних умовах.
2. **Вимоги до обробки даних:** Тривимірне моделювання вимагає значної обробки даних та обчислювальних ресурсів. Побудова точних моделей може вимагати значних зусиль

1.2.3 Картографування та графіки

Метод картографування та графіки використовується для відображення зібраних даних на карті або графіках. Інформація про локацію, висоту, швидкість, траєкторію польоту та інші параметри можуть бути представлені у

					ІАЛЦ.467200.003 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вигляді графіків, діаграм або теплових карт. Це дозволяє операторам швидко отримати уявлення про ситуацію та здійснити аналіз зібраних даних.

Переваги:

1. **Створення детальних карт:** БПЛА можуть здійснювати зйомку з висоти і створювати детальні картографічні зображення. Це дозволяє отримати точну географічну інформацію про територію, включаючи ландшафти, дороги, будівлі та інші об'єкти. Такі карти є корисними для планування маршрутів, аналізу території та прийняття рішень.
2. **Відображення графічної інформації:** БПЛА можуть надавати графічну інформацію в режимі реального часу, таку як розташування об'єктів, маркери безпеки або індикатори шляху руху. Це дозволяє операторам швидко орієнтуватися в ситуації та забезпечувати ефективне управління БПЛА.
3. **Візуалізація даних:** Зображення та графіки, отримані від БПЛА, можуть бути використані для візуалізації даних, зокрема для демонстрації розподілу об'єктів, змін у ландшафті або руху об'єктів. Це допомагає зрозуміти складні залежності та забезпечує ефективну комунікацію результатів місії.

Недоліки:

1. **Обмежена точність:** Результати картографування та графіки можуть бути обмеженою точністю, особливо при високій швидкості руху БПЛА або при незвичайних умовах польоту. Це може призводити до неточності при відображенні карти.

1.2.4 Розширена реальність (Augmented Reality, AR)

Метод розширення реальності (Augmented Reality або AR) може бути використана для відображення додаткової інформації на реальний. Використання цих технологій доповненої реальності значно змінює підхід до використання безпілотних літальних апаратів у полі. Завдяки цим технологіям стає можливим досліджувати зовнішнє середовище, до якого раніше було

					ІАЛЦ.467200.003 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

складно або небезпечно потрапити, за допомогою універсальних дронів, які підтримують доповнену реальність.

Переваги:

1. **Підвищення свідомості оператора:** Використання AR дозволяє операторам отримувати додаткову інформацію та контекст про оточуюче середовище у режимі реального часу. Це може включати візуалізацію даних, маркери безпеки, індикатори руху та інші корисні елементи, які допомагають операторам краще розуміти ситуацію та приймати ефективні рішення.
2. **Покращення навігації та позиціонування:** AR може використовуватися для покращення навігації та позиціонування БПЛА. Він може надавати додаткові візуальні орієнтири, маркери або інформацію про географічну позицію та орієнтацію БПЛА, що полегшує управління та навігацію в складних умовах.
3. **Взаємодія з реальним середовищем:** AR дозволяє БПЛА взаємодіяти з реальним середовищем шляхом відображення віртуальних об'єктів або інформації на реальних об'єктах. Це може включати показ анотацій, інструкцій або позначень на об'єктах, що полегшує розуміння та спілкування з операторами та іншими користувачами.

Недоліки:

1. **Обмеженість обладнання:** Використання AR на БПЛА може вимагати певного обладнання, такого як спеціальні сенсори, камери або навігаційні системи. Це може збільшити вагу та розміри апарату.

1.2.5 Симуляція БПЛА

Симуляція БПЛА — це процес моделювання та відтворення поведінки безпілотного літального апарата (БПЛА) в віртуальному середовищі. Вона використовується для тренування пілотів, тестування систем керування та вивчення різних аспектів функціонування БПЛА без необхідності фізичного присутності апарата в повітрі.

					ІАЛЦ.467200.003 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Переваги:

1. **Безпека:** Симуляція дозволяє проводити тренування та тестування без ризику пошкодження апарату або зіткнення з небезпекою. Це особливо корисно для нових пілотів або для тестування нових алгоритмів та систем.
2. **Ефективність:** Симуляція дозволяє прискорити процес тренування та тестування, оскільки не потрібно витрачати час на підготовку БПЛА, заправку паливом або очікування метеорологічних умов. Крім того, різні сценарії та умови можуть бути швидко відтворені та перевірені.
3. **Гнучкість:** Симуляція дозволяє легко налаштовувати параметри польоту, які можуть бути складні або небезпечні для виконання у реальному світі. Це дозволяє пілотам та інженерам вивчати різні ситуації та реагувати на них без реальних обмежень.

Недоліки:

1. **Обмеженість точності:** Симуляція може мати обмежену точність відтворення реального середовища, особливо якщо враховувати фізичні чинники, такі як аеродинаміка або погодні умови. Деякі нюанси реального польоту можуть бути пропущені або спрощені

1.2.6 Висновки

Візуалізація детекції БПЛА та використання різних методів, таких як відеозаписи та зображення БПЛА, тривимірне моделювання, картографування та графіки, розширення реальності та симуляція БПЛА, дозволяють отримати важливу інформацію та покращити рівень управління та вирішення завдань, пов'язаних з БПЛА.

Відеозаписи та зображення БПЛА дають змогу отримати візуальну інформацію про польоти, стан і розташування БПЛА, а також оточуюче середовище. Такий методи дозволяють використовувати комп'ютерні зорові алгоритми для детекції та відстеження БПЛА, аналізу об'єктів, навігації та іншої обробки даних.

					ІАЛЦ.467200.003 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тривимірне моделювання БПЛА дозволяє створювати точні тривимірні моделі апаратів, що відображають їх геометрію, структуру та рух, що дає можливість виконувати реалістичну симуляцію польотів, тестувати нові алгоритми та вирішувати проблеми, пов'язані з розташуванням, навігацією та контролем БПЛА.

Картографування та графіки на БПЛА використовуються для створення детальних карт, візуалізації даних, аналізу територій та прийняття рішень. Ці методи надають можливість отримувати інформацію про ландшафти, об'єкти та шляхи руху на основі зображень, даних супутникової навігації та інших джерел.

Розширена реальність (AR) на БПЛА дозволяє операторам отримувати додаткову інформацію про оточуючі об'єкти та місцевість, а також симуляція БПЛА для перевірки надійності при тестування систем керувань та ефективності функціонування[6].

1.3 Існуючі технології візуалізації БПЛА

1.3.1 Mission Planner (Місіон Планер)

Mission Planner — це програмне забезпечення, розроблене для планування, налагодження та керування безпілотними літальними апаратами (БПЛА), зокрема ті, які використовуються в системі автопілоту ArduPilot. Mission Planner є відкритим програмним забезпеченням і забезпечує широкий спектр функціональності для керування БПЛА[7].

За допомогою Mission Planner оператор БПЛА може планувати маршрути польоту, встановлювати точки місії, задавати параметри польоту (висота, швидкість, орієнтація і т.д.), налаштовувати автопілот та виконувати моніторинг і керування під час польоту. Програмне забезпечення надає візуалізацію даних з БПЛА, включаючи траєкторію польоту, дані сенсорів, відео з камери і інші параметри.

Mission Planner також підтримує такі функції, як генерація звіту про місію, запис телеметрії, налагодження автопілоту, налаштування дистанційного керування та оновлення прошивки. Він працює на різних операційних системах,

					ІАЛЦ.467200.003 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

таких як Windows, Linux та MacOS, і забезпечує зручний і інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для керування БПЛА.

Функціональні можливості Mission Planner включають також відображення карт, редагування параметрів БПЛА, налаштування автопілота для різних режимів польоту, аналіз журналів польоту, відновлення даних з попередніх місій та багато іншого. Враховуючи його відкритий характер, Mission Planner також дозволяє розробникам створювати свої власні розширення та додатки для розширення його функціональності.

Mission Planner є популярним інструментом серед спільноти користувачів БПЛА на базі ArduPilot і забезпечує розширені можливості для планування та керування польотами. Його гнучкість, широкий спектр функціональності та інтуїтивний інтерфейс роблять його важливим інструментом для професіоналів і ентузіастів у галузі безпілотних систем.

Переваги:

- 1. Розширений функціонал:** Mission Planner надає широкий набір функцій і можливостей для планування місій БПЛА. Він дозволяє встановлювати точки маршруту, задавати параметри польоту, виконувати автоматичні місії та багато іншого. Це дозволяє користувачам здійснювати більш гнучкий та точний контроль над своїми БПЛА.
- 2. Підтримка різних апаратів:** Mission Planner підтримує широкий спектр БПЛА, включаючи різні моделі і виробників. Це дає можливість використовувати програмне забезпечення з різними типами апаратів без необхідності вивчати нові інтерфейси та програми.
- 3. Відкритий код:** Як програмне забезпечення з відкритим кодом, Mission Planner забезпечує відкритий доступ до свого вихідного коду. Це дозволяє розробникам вносити зміни, вдосконалювати функціонал та адаптувати програму до своїх потреб.

Недоліки:

					ІАЛЦ.467200.003 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Складність використання: У зв'язку з розширеним функціоналом та наявністю різноманітних налаштувань, Mission Planner може бути складним у використанні для новачків або користувачів без досвіду в програмуванні та керуванні БПЛА.
2. Вимоги до обладнання: Для повного функціоналу Mission Planner може знадобитися певне обладнання, таке як комп'ютер або планшет з певними характеристиками

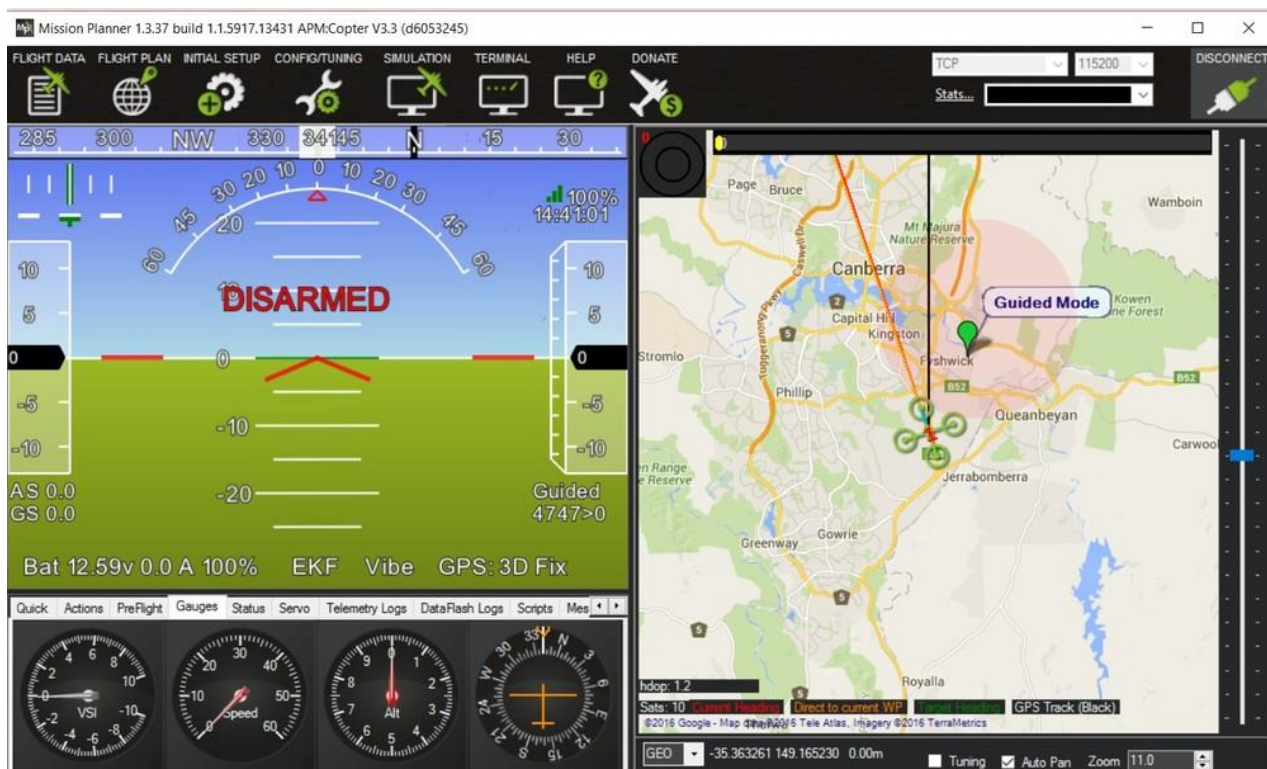


Рисунок 1.1 - Програмне забезпечення Mission Planner [7]

1.3.2 QGroundControl (КьюГраундКонтрол)

QGroundControl — це вільне та відкрите програмне забезпечення, розроблене для керування безпілотними літальними апаратами (БПЛА) з використанням автопілотів, таких як Pixhawk, ArduPilot і PX4. Воно надає інтерфейс для планування, налаштування, моніторингу та керування БПЛА.

QGroundControl дозволяє операторам БПЛА встановлювати шляхи, налаштовувати параметри польоту (такі як висота, швидкість, орієнтація),

створювати точки маршруту та виконувати інші налаштування для запуску та виконання місій. Програмне забезпечення також надає візуалізацію даних з БПЛА, включаючи траєкторію польоту, інформацію про стан БПЛА, телеметрію, живу відеопередачу з камери та інші параметри.

QGroundControl підтримує різні функції, такі як автоматичне зліт-посадка, точна точка, автоматична стабілізація, визначення місцезнаходження, віддалене керування, запис телеметрії і багато іншого. Воно також надає засоби для діагностики, налагодження та налаштування автопілота.

QGroundControl доступний для різних платформ, включаючи Windows, macOS, Linux і Android, що робить його універсальним і зручним для використання на різних пристроях. Він має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс користувача, який спрощує керування БПЛА та забезпечує операторам потрібні інструменти для ефективного керування польотами.

QGroundControl є потужним інструментом для керування БПЛА, забезпечуючи операторам широкий спектр функціональності та контроль над польотами. Його відкритий характер сприяє активному розвитку та співпраці зі спільнотою розробників та користувачів, що призводить до постійного вдосконалення програмного забезпечення та впровадження нових функцій.

Як відкрите програмне забезпечення, QGroundControl надає можливість розширювати його функціональність шляхом розробки власних розширень та додатків. Це дає можливість адаптувати програмне забезпечення до конкретних потреб та вимог користувачів.

Завдяки своїм можливостям у плануванні місій, керуванні параметрами польоту, візуалізації даних та багатьом іншим, QGroundControl став незамінним інструментом для операторів БПЛА у різних сферах, включаючи дослідження, картографування, моніторинг, рятувальні операції та багато іншого[8].

Загалом, QGroundControl є важливим компонентом в екосистемі безпілотних систем, допомагаючи операторам керувати БПЛА з високою точністю, ефективністю та безпекою.

					ІАЛЦ.467200.003 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Переваги:

1. **Інтуїтивний інтерфейс:** QGroundControl пропонує простий у використанні інтерфейс, який дозволяє користувачам легко орієнтуватися та навігувати по функціям програми. Це особливо корисно для початківців, які швидко можуть освоїти програмне забезпечення.
2. **Розширені можливості:** QGroundControl надає широкий набір функцій, включаючи планування маршруту, керування польотом, візуалізацію даних та багато іншого. Це дозволяє користувачам здійснювати різноманітні місії та виконувати складні завдання з високою точністю.
3. **Підтримка різних платформ:** QGroundControl доступний на різних платформах, включаючи Windows, macOS, Linux, Android та iOS. Це забезпечує більш широкий спектр користувачів та можливість використання програмного забезпечення на різних пристроях.

Недоліки:

1. **Обмежена сумісність:** Деякі моделі БПЛА можуть мати обмежену підтримку або сумісність з QGroundControl. Це може виникнути проблеми, якщо користувач хоче використовувати програмне забезпечення з конкретним типом апарату.
2. **Відсутність деяких розширених функцій:** У порівнянні з іншими програмними засобами, QGroundControl може бути обмежений у деяких аспектах, таких як тривимірне моделювання чи покращені графічні можливості.

					ІАЛЦ.467200.003 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

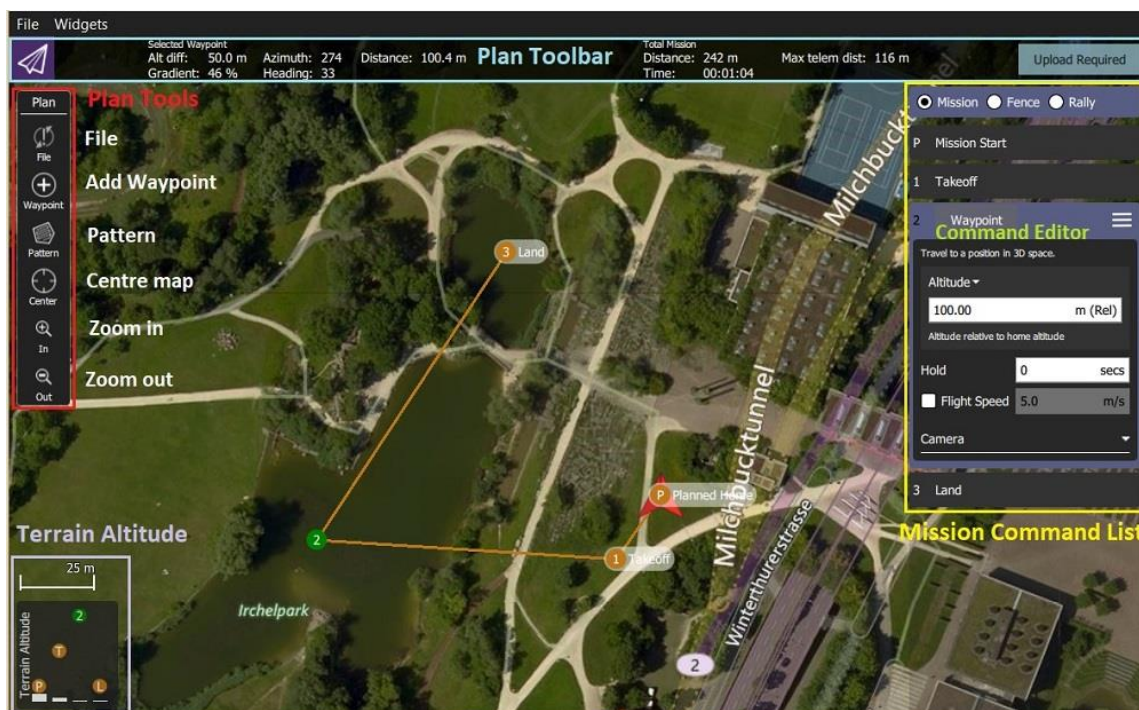


Рисунок 1.2 – Програмне забезпечення QGroundControl [8]

1.3.3 DJI GO (DJI Go)

DJI GO — це офіційне програмне забезпечення, розроблене компанією DJI (Dà-Jiāng Innovations Science and Technology Co., Ltd.) для керування їхніми безпілотними літальними апаратами (БПЛА) та гімбалами. Воно працює з різними моделями дронів DJI, такими як Phantom, Mavic, Spark, Inspire та іншими[9].

Переваги:

1. **Керування польотом:** За допомогою DJI GO можна запускати, керувати польотом та приземляти БПЛА. Воно дозволяє операторам здійснювати контроль над рухом БПЛА, включаючи підйом, спуск, повороти та стабілізацію. Також доступні режими, такі як позиціонування за GPS, динамічний слід, активний слід та інші.
2. **Візуальна передача:** DJI GO дозволяє переглядати живе відео з камери БПЛА на підключений пристрій. Це дає можливість оператору бачити,

що відбувається в реальному часі, і використовувати цю інформацію для керування БПЛА та отримання потрібних знімків або відео.

3. **Налаштування та контроль:** DJI GO дозволяє налаштовувати параметри БПЛА, такі як висота, швидкість, дистанція польоту, режими зйомки та інші. Воно також надає інформацію про стан батареї, сигналу, GPS-підключення та інші показники для контролю над польотом.
4. **Автоматичні режими:** DJI GO містить автоматичні режими польоту, такі як режими "Follow Me" (слідкування), "Waypoints" (точки маршруту), "Orbit" (колообіг) та інші. Ці режими дозволяють програмувати і планувати складні місії для БПЛА. Наприклад, режим "Follow Me" дозволяє дрону автоматично слідувати за оператором, підтримуючи його на відстані, тоді як режим "Waypoints" дозволяє програмувати послідовні точки маршруту для автономного польоту.
5. **Зйомка та редагування:** DJI GO надає доступ до функцій зйомки, таких як фотографування та відеозйомка з камери БПЛА. Користувач може встановлювати режими зйомки, включаючи режими автоматичної фотографії, HDR, таймеру, розширеного контролю над витримкою та інші. Крім того, DJI GO надає інструменти для редагування знятого матеріалу, що дозволяє оператору обробляти та покращувати свої фото та відео прямо у програмі.
6. **Доступ до даних та налаштувань:** DJI GO надає доступ до даних про польоти, телеметрії, стану батареї та іншої інформації, що допомагає оператору аналізувати й контролювати роботу БПЛА. Крім того, програмне забезпечення надає доступ до налаштувань, де можна змінювати параметри БПЛА, камери, передавача та інших компонентів.

DJI GO є популярним інструментом для керування БПЛА виробництва DJI, оскільки воно поєднує зручний інтерфейс користувача з високими функціональними можливостями. Воно підтримується на різних платформах,

					ІАЛЦ.467200.003 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

включаючи iOS та Android, що робить його доступним для широкого кола користувачів.

Основні можливості DJI GO можуть варіюватися залежно від моделі дрона та оновлень програмного забезпечення. Крім того, DJI також розробила спеціальну версію DJI GO для додатків, які використовуються професійними операторами, такими як DJI GO 4, який підтримує високопрофесійні моделі дронів, наприклад, Phantom 4 Pro, Inspire 2 та Mavic 2 Pro.



Рисунок 1.3 - Програмне забезпечення DJI GO [9]

1.3.4 UgCS (Universal Ground Control Software)

UgCS — це програмне забезпечення для керування безпілотними літальними апаратами (БПЛА) від компанії SPH Engineering. Воно призначене для планування маршрутів, контролю польоту та управління БПЛА з використанням різних типів дронів[10].

Переваги:

1. **Планування маршрутів:** UgCS надає інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для планування маршрутів БПЛА. Користувач може встановлювати точки маршруту, задавати параметри польоту, включаючи висоту,

					ІАЛЦ.467200.003 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

швидкість, орієнтацію камери та інші. Також доступні різні режими польоту, такі як автоматична зйомка, сканування землі, позиціонування за GPS-координатами тощо.

2. **Керування польотом:** UgCS дозволяє операторам керувати польотом БПЛА зі зручного інтерфейсу. Вони можуть стартувати і приземляти дрон, контролювати його рухи, змінювати напрямок та виконувати інші команди. UgCS також підтримує віддалений контроль над БПЛА, що дозволяє операторам взаємодіяти з дроном на віддаленій відстані.
3. **Візуальне планування:** UgCS має вбудований інструмент візуального планування маршруту. Користувач може встановлювати точки маршруту безпосередньо на карті, малюючи лінії або фігури. Це спрощує процес планування та дозволяє швидко створювати складні маршрути для БПЛА.
4. **Реальний час та моніторинг:** UgCS надає операторам доступ до живого відео з камери БПЛА, що дозволяє бачити реальний вигляд з повітряних зйомок у реальному часі. Оператори можуть моніторити зображення, керувати положенням камери та робити необхідні налаштування для отримання найкращих результатів зйомки.
5. **Управління даними та аналітика:** UgCS дозволяє збирати, аналізувати та управляти даними, отриманими від БПЛА. Оператори можуть збирати географічні дані, включаючи висотні моделі, ортофотоплани та 3D-моделі територій. Ці дані можуть бути використані для додаткового дослідження, аналізу, планування та інших цілей.
6. **Інтеграція з іншими системами:** UgCS може бути інтегроване з різними додатковими системами та пристроями. Наприклад, воно підтримує інтеграцію з системами навігації, картографії, сенсорними пристроями та іншими. Це дозволяє розширити можливості і функціональність БПЛА, використовуючи додаткові ресурси та дані.

					ІАЛЦ.467200.003 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Недоліки:

1. **Обмежена підтримка апаратів:** UgCS може бути обмежений у підтримці певних моделей БПЛА. Це означає, що деякі користувачі можуть зіткнутися з проблемами зі сумісністю свого апарату з програмним забезпеченням UgCS.
2. **Складність використання:** У порівнянні з іншими програмними засобами, UgCS може мати більш високий поріг вхідних навичок для новачків. Інтерфейс та функції програмного забезпечення можуть бути складні для освоєння і вимагати додаткового навчання.

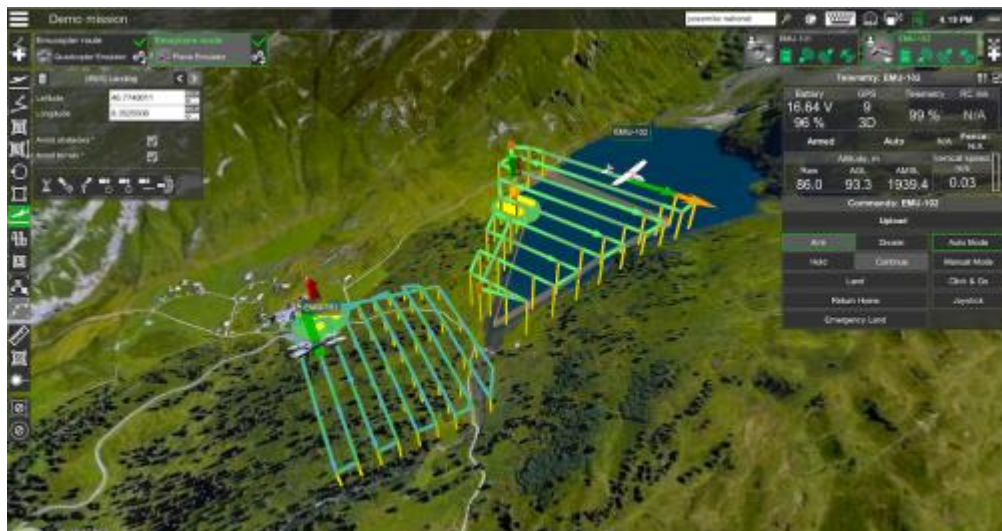


Рисунок 1.4 - Програмне забезпечення UgCS [10]

1.3.5 Висновки

За наданими прикладами Mission Planner, QGroundControl та DJI GO можна зробити висновок, що всі три технології є інструментами візуалізації та керування безпілотними літальними апаратами (БПЛА) з різними перевагами та недоліками.

Популярним вільним програмним забезпеченням з відкритим кодом, яке забезпечує розширені можливості планування місій та керування БПЛА. Він має широкий функціонал, включаючи підтримку різних типів апаратів, точне картографування та деталізовані графік але його використання може вимагати досвіду та знань програмування.

					ІАЛЦ.467200.003 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відкриті програмним забезпеченням, розробленим спеціально для БПЛА, зокрема для системи Pixhawk. Він пропонує інтуїтивний інтерфейс та широкий набір функцій, включаючи контроль польоту, маршрутизацію, картографування та візуалізацію даних. Однак, деякі користувачі можуть зазнавати складнощів з налаштуванням та налагодженням програми.

Мобільні додатки для БПЛА, які дуже прості у використанні та надає доступ до основних функцій керування БПЛА, включаючи навігацію, фото- та відеозйомку. Це робить його популярним серед початківців, має обмежені можливості порівняно з попередніми двома технологіями, і його функціонал може бути обмежений для деяких більш спеціалізованих потреб.

Таблиця 1.3 Порівняння ПЗ для БПЛА

ПЗ БПЛА	Візуалізація БПЛА	Автопилот режим	Підтримка різних ОС	Зйомка камери
Mission Planner	+	-	-	-
QGround Control	+	-	-	-
DJI GO	+	+	+	+
UgCS	+	-	+	-

Отже, таким чином, після аналізу та порівняння технологій візуалізації детекції БПЛА, я встановив певні критерії, які відповідають моїм потребам і специфікаціям для подальшого розвитку мого проекту.

ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 1

В даному розділу, ми розглянули програмні продукти, які пов'язані з безпілотними літальними апаратами (БПЛА), такі як Mission Planner, QGroundControl, DJI GO і UgCS. Ці програмні засоби відіграють важливу роль у керуванні та контролі за БПЛА, забезпечуючи широкий набір функцій та можливостей.

Mission Planner є популярним програмним забезпеченням для планування траєкторій польоту, моніторингу даних та налаштування параметрів БПЛА, зокрема тих, які використовуються в системі автопілота Pixhawk.

QGroundControl є ще одним потужним інструментом для керування БПЛА з відкритим вихідним кодом. Воно надає широкі можливості для планування маршрутів, налаштування параметрів польоту та моніторингу даних з БПЛА.

DJI GO є спеціалізованим програмним забезпеченням, розробленим компанією DJI для керування своїми БПЛА. Воно надає користувачам доступ до ряду функцій, включаючи контроль за польотом, камерою, налаштуваннями та передачу відео в реальному часі.

UgCS (Universal Ground Control Software) є потужним програмним забезпеченням, яке надає операторам широкий спектр можливостей для керування та контролю БПЛА. Воно включає в себе функції планування маршрутів, контролю польоту, візуального моніторингу та аналітики даних. UgCS також підтримує інтеграцію з іншими системами, що дозволяє розширити його функціональність.

Усі ці програмні продукти відіграють важливу роль у керуванні та оптимізації роботи безпілотних літальних апаратів. Вони забезпечують операторам можливість ефективно планувати маршрути польоту, контролювати рух БПЛА, збирати дані та виконувати різноманітні завдання. Крім того, ці програмні засоби часто мають інтуїтивний інтерфейс, що спрощує їх використання.

					ІАЛЦ.467200.003 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кожен з цих програмних продуктів має свої унікальні особливості і переваги. Mission Planner і QGroundControl є відкритими інструментами, що дозволяють користувачам налаштовувати їх під свої потреби та використовувати на різних платформах. DJI GO, натомість, спеціалізований для продуктів компанії DJI, і надає інтегрований досвід керування їх БПЛА.

UgCS є потужним та гнучким програмним забезпеченням, яке може використовуватись з різними типами БПЛА та має широкий спектр функціональних можливостей. Воно забезпечує операторам можливість точно планувати маршрути польоту, контролювати польотні параметри, виконувати завдання з картографування та нагляду, а також аналізувати зібрані дані.

Усі ці програмні продукти важливі для розвитку та використання безпілотних літальних апаратів у різних галузях, таких як геодезія, агрокультура, рятувальні операції, наукові дослідження та багато інших. Вони допомагають покращити продуктивність, безпеку та ефективність роботи БПЛА, роблячи їх керування більш доступним та зручним для користувачів з різним рівнем досвіду.

					ІАЛЦ.467200.003 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ БПЛА

2.1 Відеопередача в реальному часі

Відеопередача в реальному часі - є процесом передачі відеоданих в момент їх виникнення. Цей метод передбачає надсилання відео зображення в режимі реального часу без затримок, що дозволяє отримувати актуальну інформацію практично відразу. Процес відеопередачі в реальному часі включає наступні етапи:

1. **Захоплення відео:** Перший крок полягає у захопленні відео зображення. Це може бути здійснено за допомогою камери або іншого пристрою, який здатний записувати відео.
2. **Кодування відео:** Після захоплення відео, відеодані потрібно закодувати в певний формат для забезпечення оптимальної передачі через мережу. Популярні формати включають H.264, H.265/HEVC та інші.
3. **Передача відео:** Закодовані відеодані передаються через мережу з одного пристрою на інший. Це може бути здійснено через бездротове з'єднання, таке як Wi-Fi або мобільну мережу, або через провідне з'єднання, як-от Ethernet.
4. **Декодування відео:** При отриманні закодованого відео на приймачі, воно розкодовується назад у вихідний формат. Цей процес забезпечує можливість відтворення відео зображення на приймачі.
5. **Відтворення відео:** Після декодування відео зображення, воно відтворюється на екрані приймача. Оператор або користувач може спостерігати за передачею відео в реальному часі.
6. **Візуалізація в реальному часі:** Відеопередача в реальному часі дозволяє оператору або користувачу отримувати візуальне зображення подій, що відбуваються в даний момент. Це особливо корисно в

					ІАЛЦ.467200.003 ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ситуаціях, де важливо мати актуальну інформацію, наприклад, в безпілотних літальних апаратах (БПЛА), відеоспостереженні, телемедицині, відеоконференціях тощо.

7. **Реалізація режиму реального часу:** Для успішної відеопередачі в реальному часі потрібно враховувати кілька чинників, щоб забезпечити мінімальну затримку та найкращу якість зображення. Це включає високошвидкісні мережеві з'єднання, ефективне кодування та декодування відео, оптимізовані алгоритми передачі даних і достатню швидкість обробки на приймачі.

Приклади застосування відеопередачі в реальному часі:

1. **Відеоконференції:** Забезпечення візуального зв'язку в режимі реального часу між віддаленими учасниками для спілкування, співпраці та віддалених нарад.
2. **Телемедицина:** Можливість лікарям отримувати візуальну інформацію в реальному часі для консультацій, діагностики та моніторингу пацієнтів на віддаленій відстані.
3. **Відеоспостереження:** Системи відеоспостереження, що передають зображення в режимі реального часу для забезпечення безпеки та нагляду в різних просторових об'єктах.
4. **Безпілотні літальні апарати (БПЛА):** Відеопередача в реальному часі є невід'ємною частиною функціонування безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Оператор може в режимі реального часу спостерігати за польотом БПЛА і отримувати візуальну інформацію з встановленої на ньому камери. Це дозволяє оператору контролювати польот, здійснювати навігацію, виконувати завдання спостереження, дослідження або моніторингу навколишнього середовища.

Відеопередача в реальному часі в БПЛА вимагає надійного бездротового зв'язку між БПЛА та земною станцією або мобільним пристроєм оператора. Це

					ІАЛЦ.467200.003 ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

може бути здійснено за допомогою різних технологій, таких як Wi-Fi, радіозв'язок або супутникове з'єднання.

Оператор отримує відеодані, які розкодовуються у відповідний формат, що може бути відтворений на екрані земної станції або мобільного пристрою. Це дозволяє оператору в режимі реального часу спостерігати за польотом, аналізувати візуальну інформацію і приймати необхідні рішення.

Важливість відеопередачі в реальному часі для БПЛА полягає в тому, що вона дозволяє оператору бути візуально зв'язаним з апаратом і оперативно реагувати на зміни у навколишньому середовищі. Це особливо важливо в сферах військового застосування, пошуку та рятування, нагляду за територіями або управлінням кризовими ситуаціями.

Загалом, відеопередача в реальному часі є потужним інструментом, який дозволяє операторам отримувати актуальну інформацію з віддалених місць, забезпечувати безпеку, контролювати події і приймати швидкі та обґрунтовані рішення. Вона знайшла широке застосування в різних галузях, таких як наука, технології, медицина, авіація, транспорт, безпека, моніторинг довкілля та багато інших.

Наприклад, у науці відеопередача в реальному часі використовується для спостережень природних явищ, досліджень морського життя, вивчення поведінки тварин і багато інших дослідницьких завдань. У медицині вона може бути використана для дистанційного нагляду за пацієнтами, проведення консультацій з експертами, телеконференцій між лікарями та навчання медичного персоналу.

В авіаційній галузі відеопередача в реальному часі дозволяє пілотам і операторам безпілотних апаратів отримувати зображення з борту літака або БПЛА, виконувати контроль за станом апарату, оцінювати навколишнє середовище та забезпечувати безпеку польоту.

У сфері безпеки та моніторингу відеопередача в реальному часі використовується для відеоспостереження на вулицях, в об'єктах громадського

					ІАЛЦ.467200.003 ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сполучення, банках, офісах, аеропортах тощо. Це допомагає виявляти порушення, вчасно реагувати на небезпечні ситуації та забезпечувати загальну безпеку громадськості.

Узагальнюючи, відеопередача в реальному часі є потужним засобом отримання візуальної інформації та зв'язку з віддаленими місцями. Вона забезпечує операторам можливість бути присутніми на віддаленому об'єкті, контролювати події в реальному часі, приймати швидкі рішення та виконувати необхідні дії.

2.2 Візуалізація на земній станції

Візуалізація на земній станції – є процесом представлення інформації з отриманих відеоданих у зручній для сприйняття формі. Цей процес включає конвертацію та відображення відео зображення на екрані або моніторі земної станції.

Основні кроки візуалізації на земній станції:

1. **Декодування відео:** Першим кроком є декодування закодованих відеоданих, отриманих з БПЛА, у відповідний формат, який може бути відтворений на екрані. Це включає розпакування і відновлення вихідних відеоданих з компресованого формату, такого як H.264 або H.265/HEVC.
2. **Перетворення формату:** Якщо потрібно, відео може бути перетворене в інший формат або розмір, щоб відповідати вимогам земної станції або відображаючого пристрою. Наприклад, зменшення роздільної здатності для екранів з нижчою роздільною здатністю або зміна формату зображення для оптимального відтворення на певних пристроях.
3. **Відображення на екрані:** Після декодування та можливого перетворення формату, відео може бути відображене на екрані земної станції або на підключеному моніторі. Це може бути звичайний комп'ютерний монітор, телевізор або спеціалізований пристрій візуалізації.

					ІАЛЦ.467200.003 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. **Додаткові опції візуалізації:** Залежно від потреб оператора, можуть бути використані додаткові опції візуалізації. Наприклад, розміщення додаткової інформації на екрані, такої як показники висоти, швидкості, напрямку руху БПЛА або відображення додаткових даних з сенсорів, які можуть бути встановлені на БПЛА.
5. **Управління візуалізацією:** Земна станція може мати функції управління візуалізацією, які дозволяють оператору змінювати параметри відображення, такі як масштаб, яскравість, контрастність тощо. Це дозволяє налаштовувати візуалізацію під потреби та вимоги оператора.
6. **Запис відео:** Якщо потрібно, земна станція може також мати можливість записувати відеодані, отримані в реальному часі з БПЛА. Це дозволяє зберегти відеозаписи для подальшого аналізу, навчання або звітності.

2.3 Візуалізація у форматі карт

Візуалізація у форматі карт – є одним зі способів представлення інформації з безпілотних літальних апаратів (БПЛА) на земній станції. Цей підхід дозволяє операторам отримувати географічну і просторову перспективу про події, рух та інші параметри БПЛА.

Основні елементи візуалізації у форматі карт:

1. **Карта:** В основі візуалізації у форматі карт лежить географічна карта, яка може бути представлена у вигляді 2D або 3D зображення. Карта може включати топографічні дані, дороги, будівлі, гідрографію та інші об'єкти, що допомагають оператору отримати контекст та розташування БПЛА у просторі.
2. **Символи БПЛА:** На карті можуть бути відображені символи або іконки, що представляють сам БПЛА. Ці символи можуть мати різні

вигляди, наприклад, стрілки, літаючі апарати, маркери тощо. Вони демонструють положення та напрямок руху БПЛА на карті.

3. **Маршрути та траєкторії:** Карта може відображати маршрути та траєкторії польоту БПЛА. Це можуть бути лінії або точки, що показують шлях, який БПЛА пройшов або має пройти. Маршрути можуть бути плановані перед польотом або відображати реальний рух БПЛА в режимі реального часу.
4. **Інформаційні вікна:** На карті можуть бути розташовані інформаційні вікна, які надають додаткові дані про БПЛА. Це може включати інформацію про висоту польоту, швидкість, напрямок, статус системи, дані з сенсорів.
5. **Додаткові шари та розмітки:** Карта може містити додаткові шари та розмітки, які допомагають операторам отримати додаткову інформацію. Наприклад, це можуть бути границі зон, обмеження польоту, мітки для позначення цікавих точок або об'єктів, місця посадки та старту, відстані від об'єктів чи інші важливі вказівки.
6. **Інтерактивні елементи:** Візуалізація у форматі карт може мати інтерактивні елементи, які дозволяють операторам взаємодіяти з картою та БПЛА. Це можуть бути кнопки для зміни масштабу, повороту карти, вибору режиму відображення, встановлення маркерів чи навігаційні інструменти.
7. **Телеметрія та датчики:** Візуалізація на карті може включати відображення телеметрії та даних з датчиків БПЛА. Це можуть бути числові значення, графіки, діаграми або інші візуальні елементи, що показують стан апарату, наприклад, рівень заряду акумулятора, температуру, альтітуду тощо.
8. **Анімація та архівні дані:** Візуалізація у форматі карт може включати анімацію польоту БПЛА на основі збережених архівних даних. Це

					ІАЛЦ.467200.003 ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дозволяє операторам переглянути минулі польоти, відтворити траєкторії та аналізувати події.

Візуалізація у форматі карт дозволяє операторам отримати зручний та зрозумілий спосіб відстежувати та керувати БПЛА. Вона надає географічний контекст, візуальну інформацію та додаткові дані, що сприяють ефективному розподілу та прийняттю рішень під час польоту БПЛА. Візуалізація у форматі карт допомагає операторам бути свідомими про розташування БПЛА відносно навколишнього середовища, контролювати його рух та виконувати необхідні маневри з точністю.

Крім того, візуалізація у форматі карт може бути корисною для комунікації з іншими операторами, наглядовими службами або рятувальними командами. Вона дозволяє чітко передавати інформацію про положення БПЛА, події або потенційні небезпеки.

В цілому, візуалізація у форматі карт є потужним інструментом для відстеження, контролю та взаємодії з безпілотними літальними апаратами. Вона сприяє покращенню ефективності та безпеки операцій, а також допомагає операторам приймати інформовані рішення на основі візуальних даних.

2.4 Використання додаткових сенсорів

Цей спосіб є важливим аспектом в безпілотних літальних апаратах (БПЛА) і допомагає розширити їх можливості та функціональність. Додаткові сенсори забезпечують додаткові дані про оточуюче середовище, стан апарата та його параметри, що дозволяє операторам здійснювати більш точний контроль та приймати інформовані рішення.

Основні типи додаткових сенсорів, які використовуються в БПЛА, включають:

Глобальна позиційна система (GPS): GPS сенсор дозволяє визначати точне місцезнаходження БПЛА в реальному часі. Це особливо корисно для

					ІАЛЦ.467200.003 ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

навігації, планування маршрутів та виконання задач, які вимагають точного місцезнаходження.

Альтиметр: Альтиметр вимірює висоту БПЛА над рівнем моря. Це важлива інформація для управління польотом, контролю висоти та виконання завдань у висотних режимах.

Датчики візуального сприйняття: Ці датчики, такі як камери або сенсори обробки зображення, дозволяють БПЛА сприймати оточуюче середовище візуально. Вони можуть використовуватись для розпізнавання об'єктів, визначення перешкодж, визначення позиції апарата та виконання автономних завдань.

Інфрачервоні сенсори: Інфрачервоні сенсори дозволяють виявляти і вимірювати теплове випромінювання. Вони можуть бути корисними для детектування об'єктів, виявлення теплових джерел або виконання завдань у нічний час.

Барометрові сенсори: Барометр є сенсором, який вимірює атмосферний тиск. Використання барометра у безпілотних літальних апаратах дозволяє визначати висоту та зміни висоти апарата відносно рівня моря. Зміна атмосферного тиску зазвичай пов'язана зі зміною висоти, і цю інформацію можна використовувати для контролю висоти польоту, автоматичної стабілізації та інших функцій навігації.

Гіроскопи та акселерометри: Гіроскопи та акселерометри є ми, які вимірюють обертання та прискорення БПЛА. Вони дозволяють визначати орієнтацію, кутову швидкість та прискорення апарата. Ці дані використовуються для стабілізації польоту, контролю руху, виконання маневрів та інших функцій автопілота.

Датчики вітру: Додаткові сенсори вітру дозволяють вимірювати швидкість та напрямок вітру. Ця інформація корисна для планування маршрутів, контролю руху та оптимізації енергоспоживання БПЛА.

					ІАЛЦ.467200.003 ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Системи виявлення перешкод: Деякі БПЛА використовують додаткові сенсори, такі як радары або лазерні сканери, для виявлення перешкод у навколишньому середовищі. Це допомагає уникати зіткнень з перешкодами, планувати безпечні маршрути та забезпечувати безпеку польоту.

Використання додаткових сенсорів значно покращує можливості та ефективність безпілотних літальних апаратів. Ці сенсори надають додаткову інформацію, що допомагають БПЛА в розумінні оточуючого середовища, виконанні різних місій та униканні потенційних проблем. Використання додаткових сенсорів забезпечує покращену навігацію, стабільність польоту, безпеку та точність у виконанні завдань.

Залежно від конкретних потреб та застосування БПЛА, можуть використовуватися інші типи додаткових сенсорів, такі як температурні сенсори, сенсори вологості, сенсори вимірювання рівнів рідин або газів тощо. Важливо зазначити, що вибір конкретних додаткових сенсорів залежить від потреб та вимог конкретної місії апарата.

Використання додаткових сенсорів дозволяє розширити можливості БПЛА і забезпечує більш точне та ефективне виконання завдань. Інформація, отримана від цих сенсорів, може бути використана для прийняття рішень, адаптації до змінних умов та забезпечення безпеки польоту. Завдяки додатковим м безпілотні літальні апарати стають більш розуміючими, адаптивними та надійними у своїх діях.

2.5 Бази даних, які використовуються для БПЛА

Для безпілотних літальних апаратів (БПЛА) використовуються різні типи баз даних для зберігання та управління різноманітною інформацією. Ось кілька прикладів баз даних, які широко використовуються в цій області:

2.5.1 Геопросторова база даних (GIS)

Геопросторова база даних використовується для зберігання географічної інформації, такої як карти, топографічні дані, моделі рельєфу та інші геодані. Ця база даних дозволяє враховувати просторові аспекти польотів БПЛА,

					ІАЛЦ.467200.003 ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

планувати маршрути, визначати місцезнаходження та виконувати інші геопросторові обчислення.

Переваги:

1. **Візуалізація та аналіз географічних даних:** Геопросторова база даних (GIS) дозволяє візуалізувати географічні дані на карті, що допомагає в зрозумінні зв'язків та залежностей між різними елементами. Вона також забезпечує можливість проведення різних аналітичних операцій та витягу корисної інформації з даних.
2. **Спільний доступ до даних:** GIS надає зручний спосіб обміну географічними даними між різними користувачами. Це дозволяє багатьом людям одночасно працювати з одними й тими ж геоданими, спільно редагувати та оновлювати їх, спілкуватися та співпрацювати в реальному часі.
3. **Планування та прийняття рішень:** GIS надає підтримку у прийнятті рішень, пов'язаних з розробкою та плануванням територій. Вона дозволяє моделювати різні сценарії, враховувати різні фактори та впливи, що допомагає зробити обґрунтовані рішення.
4. **Ефективне управління ресурсами:** GIS допомагає ефективно управляти різними ресурсами, такими як вода, земля, енергія тощо. Вона дозволяє аналізувати та оптимізувати використання цих ресурсів, забезпечувати їх ефективне розподіл та зменшувати втрати.
5. **Покращення комунікації та співпраці:** GIS дозволяє візуалізувати географічні дані у зрозумілій формі, що полегшує спілкування та співпрацю між різними зацікавленими сторонами.

2.5.2 База даних телеметрії

База даних телеметрії використовується для зберігання та аналізу даних про стан БПЛА під час польоту. Ця база даних включає параметри польоту, такі як висота, швидкість, орієнтація, стан систем, датчикові виміри та інші величини, що характеризують роботу апарату. Вона дозволяє операторам

					ІАЛЦ.467200.003 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

аналізувати польотні дані, виявляти аномалії, визначати тренди та здійснювати підтримку рішень.

Переваги:

1. **Збір та збереження даних:** База даних телеметрії дозволяє збирати та зберігати великі обсяги телеметричних даних, що отримуються з різних джерел. Вона забезпечує надійне зберігання цих даних для подальшого використання та аналізу.
2. **Аналіз та моніторинг:** База даних телеметрії дозволяє виконувати аналіз та моніторинг даних для виявлення трендів, аномалій, або ключових показників. Це допомагає в розумінні стану системи, виявленні проблем та прийнятті відповідних заходів.
3. **Висока швидкодія:** Бази даних телеметрії часто оптимізовані для швидкого збереження та отримання даних. Вони можуть обробляти великі обсяги даних в режимі реального часу, що дозволяє оперативно отримувати актуальну інформацію про систему.

2.5.3 База даних метеоданих

Для планування польотів та прийняття рішень під час місій БПЛА важливим є наявність актуальних метеорологічних даних. База даних метеоданих забезпечує зберігання та доступ до інформації про погоду, такої як температура, вологість, вітер, опади, хмарність та інші метеорологічні параметри. Ці дані використовуються для врахування погодних умов при плануванні маршрутів та виконанні безпечних польотів.

Переваги:

1. **Збереження великого обсягу мета-даних:** База даних метеоданих може зберігати великі обсяги різноманітних метеорологічних даних, включаючи температуру, вологість, атмосферний тиск, опади, швидкість вітру та інші метеорологічні параметри.
2. **Аналіз та прогнозування погоди:** База даних метеоданих дозволяє проводити аналіз та моделювання метеорологічних даних для

					ІАЛЦ.467200.003 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

прогнозування погодних умов. Це може бути важливою інформацією для прогнозування погоди, планування подорожей, сільськогосподарських робіт та інших галузей.

3. Візуалізація та спільний доступ: База даних метеоданих дозволяє візуалізувати метеорологічні дані на карті або графіках, що полегшує їх розуміння та аналіз. Вона також забезпечує спільний доступ до метеоданих для різних користувачів, таких як метеорологи, дослідники та інші зацікавлені особи.
4. Планування та прийняття рішень: База даних метеоданих може бути використана для планування та прийняття рішень в різних галузях. Наприклад, в сільському господарстві вона може використовуватись для оптимального поливу чи визначення найкращих часових інтервалів для посіву та збору врожаю.

2.5.4 Висновок

Ці бази даних допомагають забезпечити ефективне управління, моніторинг та аналіз роботи БПЛА, забезпечуючи доступ до необхідної інформації та сприяючи прийняттю обґрунтованих рішень щодо планування місій, навігації, безпеки та ефективного використання ресурсів. Використання баз даних дозволяє забезпечити централізоване зберігання та організацію інформації, полегшує пошук, аналіз та обробку даних, а також забезпечує високу надійність та доступність інформації для користувачів. Залежно від конкретних потреб і вимог системи БПЛА, можуть використовуватися різні типи баз даних, такі як реляційні бази даних, бази даних з геопросторовими розширеннями, NoSQL бази даних тощо. Комбінація цих баз даних допомагає створити комплексну та потужну інформаційну систему для управління та оптимізації роботи безпілотних літальних апаратів.

2.7 Мова програмування для розробки БПЛА

У розробці безпілотних літальних апаратів (БПЛА) використовуються різні мови програмування, залежно від конкретних потреб та вимог проекту.

					ІАЛЦ.467200.003 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основна мова програмування, яка використовується для розробки автопілотів БПЛА. Ось приклад мов програмувань для функціональностей БПЛА

2.7.1 C++

C++ є мовою загального призначення з потужними можливостями, що дозволяють розробникам створювати ефективне та високопродуктивне програмне забезпечення для БПЛА.

Переваги C++:

- Можливість продуктивність писати код
- Можливість універсально генерувати код
- Об'єктно-орієнтований підхід: C++
- Можливості низькорівневого програмування

2.7.2 Python

Python є популярною мовою програмування у сфері розробки БПЛА. Вона використовується для написання скриптів, автоматизації завдань, обробки даних, створення інтерфейсів користувача та інших завдань, які не вимагають високої швидкодії.

Переваги Python:

- Простота використання
- Широкий спектр бібліотек
- Інтеграція з іншими мовами
- Підтримка спільнот

2.7.1 Java

Java використовується для розробки програмного забезпечення для земних станцій, додатків управління та моніторингу, веб-серверів та інших компонентів, які працюють у великих масштабах та потребують платформонезалежності.

Переваги Java:

- Маштабність та динамічність
- Великі оновлення стандартна бібліотека

					ІАЛЦ.467200.003 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

- Безпека та найдійність екосистем
- Великий спектр ООП на Java

2.7.2 Lua

Lua є легковагою та швидкою мовою програмування, яка використовується для вбудованого програмування та налаштування автопілотів БПЛА.

2.7.3 JavaScript

JavaScript використовується для розробки веб-інтерфейсів, додатків управління земною станцією та веб-сервісів для комунікації з БПЛА через мережу Інтернет. Він також може бути використаний для реалізації додаткової функціональності, такої як відображення графіків, візуалізація даних та взаємодія з користувачем.

- Кросплатформеність з різних платформах та операційних системах
- Широке застосування JS веб-застосунку чи ПЗ
- Простота та доступність для початківців
- Широка підтримка та спільнота розробників JS
- Інтерактивність та динамічний контент JS

2.7.6 ROS (Robot Operating System)

ROS не є мовою програмування, але він є популярною рамковою системою для розробки програмного забезпечення для роботів, включаючи БПЛА. Вона надає набір інструментів та бібліотек для розробки, тестування та взаємодії з компонентами роботів, включаючи автопілоти БПЛА.

Переваги ROS:

- Розподіленість систем
- Інтеграція з різноманітним апаратним забезпеченням
- Розширеність взаємодії систем БПЛА

2.7.7 Висновки

Отже, це лише кілька прикладів мов програмування, що використовуються для розробки безпілотних літальних апаратів. Вибір конкретної мови

					ІАЛЦ.467200.003 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

програмування залежить від потреб проекту, характеристик апаратного забезпечення та вимог до продукту.

					ІАЛЦ.467200.003 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 2

Візуалізація грає важливу роль у керуванні безпілотними літальними апаратами (БПЛА), дозволяючи операторам спостерігати за польотом дрона, моніторити його стан та оточуюче середовище. Різні методи візуалізації, такі як відеопередача, візуалізація на земній станції, візуалізація на карті та використання додаткових сенсорів, надають операторам зручні інструменти для ефективного керування БПЛА та досягнення поставлених цілей. Комбінація цих методів може забезпечити широкий спектр візуалізаційних можливостей для оптимального керування БПЛА залежно від потреб конкретного застосування.

					ІАЛЦ.467200.003 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3. ДЕТАЛІ РОЗРОБКИ СИСТЕМИ БПЛА

Даний розділ описує розробки системи виявлення безпілотних літальних апаратів (БПЛА), які можуть допомогти у виявленні та захисті від недружньо налаштованих дронів. Важливою складовою таких систем є виявлення орієнтації БПЛА, тобто визначення його положення та орієнтації у просторі. Це важлива інформація, яка дозволяє ефективно керувати БПЛА, забезпечувати стабільність польоту, виконувати навігаційні завдання та зменшувати потенційну небезпеку. Завчасне та надійне виявлення безпілотних літальних апаратів, особливо у небезпечних зонах, наприклад, поблизу аеропортів, може суттєво підвищити рівень безпеки.

Завдяки швидкому розвитку мережевих технологій, таких як радіозв'язок, датчики, мініатюризація пристроїв, системи глобального позиціонування (GPS) і комп'ютерного зору, безпілотні літальні апарати (БПЛА) стали ефективними та універсальними засобами для процесу обробки візуальної детекції та виявлення орієнтир місцевості.

3.1 Опис процесу виявлення орієнтації апарату БПЛА.

У цьому розділі ми представляємо засоби для оцінки положення квадрокоптера відносно контрольної точки на землі, тобто іншого кінця тросу. Положення квадрокоптера, та детальний опис того, як працює орієнтація дрона у звичайному режимі.

Орієнтація та позиція безпілотного літального апарату (БПЛА) визначають його положення і орієнтацію в тривимірному просторі. Для цього використовуються координатні величини по осях X , Y і Z .

Ось X визначається горизонтальна позиція БПЛА. Збільшення координати X вказує на рух БПЛА вперед, а зменшення - на рух назад, а ось Y визначається горизонтальна позиція БПЛА. Збільшення координати Y вказує на рух БПЛА вправо, а зменшення – вліво, також не забуваємо висоту ось Z визначається

					ІАЛЦ.467200.003 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

вертикальна позиція БПЛА. Збільшення координати Z вказує на підйом БПЛА, а зменшення - на спуск.

Орієнтація БПЛА визначається за допомогою трьох кутів:

1. Крен (Roll) визначає нахил безпілотного літального апарату (БПЛА) навколо горизонтальної осі X . Коли БПЛА знаходиться в горизонтальному положенні, кут крену дорівнює 0 градусів. Положення позитивного кута крену вказує на нахил вправо відносно горизонту, тоді як положення негативного кута крену вказує на нахил вліво відносно горизонту.
2. Тангаж (Pitch) визначає нахил БПЛА навколо горизонтальної осі Y . У горизонтальному положенні, коли БПЛА лежить плоско, кут тангажу дорівнює 0 градусів. Положення позитивного кута тангажу вказує на нахил вперед відносно горизонту, тоді як положення негативного кута тангажу вказує на нахил назад відносно горизонту.
3. Йоу (Yaw) визначає поворот БПЛА навколо вертикальної осі Z . Коли БПЛА зорієнтований вперед, кут йоу дорівнює 0 градусів. Зміна значення кута йоу вказує на поворот БПЛА вліво або вправо.

Отже, таким чином, комбінація значень крену, тангажу і йоу визначає точне положення та орієнтацію БПЛА в просторі. Ці параметри використовуються для керування БПЛА та визначення його стану під час польоту.

3.2 Розробка ПЗ апарату для управління та навігації БПЛА

При розробці сенсорного управління для безпілотних літальних апаратів (БПЛА) використовуються різні осі. Для руху вперед-назад використовується вісь Y правого сенсора, а для руху вліво-вправо - вісь X того ж сенсора. Вісь Y лівого сенсора відповідає за регулювання потужності та враховування використання функції для підйому або спуску БПЛА. Та ж сама вісь відповідає за контроль спуску або підйому, а також для повороту навколо своєї

					ІАЛЦ.467200.003 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

осі використовується вісь X лівого сенсора. Кнопки для функціонального керування підйомом та опусканням камери розташовані на лівому плечі геймпаду і працюють у формі кнопок, а не колеса, як у реальних сенсорах.

При використанні фізичної моделі в симуляції руху дрона очікується, що при русі вперед він реалістично зупинятиметься через певний час через опір повітря. В даному рисунку відображені дані картографії та місце перебування дрона. Це демонструється для зручності та наглядності для орієнтуру, чим користується попитом у воєні промисловості для виявлення ворогів та подальші воєні стратегічні дії.

Вісь Y лівого сенсора відповідає за регулювання потужності та керування функцією підйому або спуску БПЛА. Зміна значення на цій вісі дозволяє піднімати або опускати БПЛА в повітрі. Та ж сама вісь використовується для контролю спуску або підйому БПЛА.

Для повороту навколо своєї осі використовується вісь X лівого сенсора. Зміна значення на цій вісі дозволяє керувати поворотом БПЛА вліво або вправо.

Додаткові кнопки на лівому плечі геймпаду призначені для функціонального керування підйомом та опусканням камери. Вони працюють у формі кнопок, а не колеса, що робить їх більш зручними для використання. При використанні фізичної моделі в симуляції руху дрона очікується, що при русі вперед, через опір повітря, дрон реалістично зупинятиметься через певний час. Це враховується для досягнення більш реалістичної симуляції польоту

дрона. Дані картографії та місцезнаходження дрона відображаються на екрані з метою наглядності та демонстрації екрану.

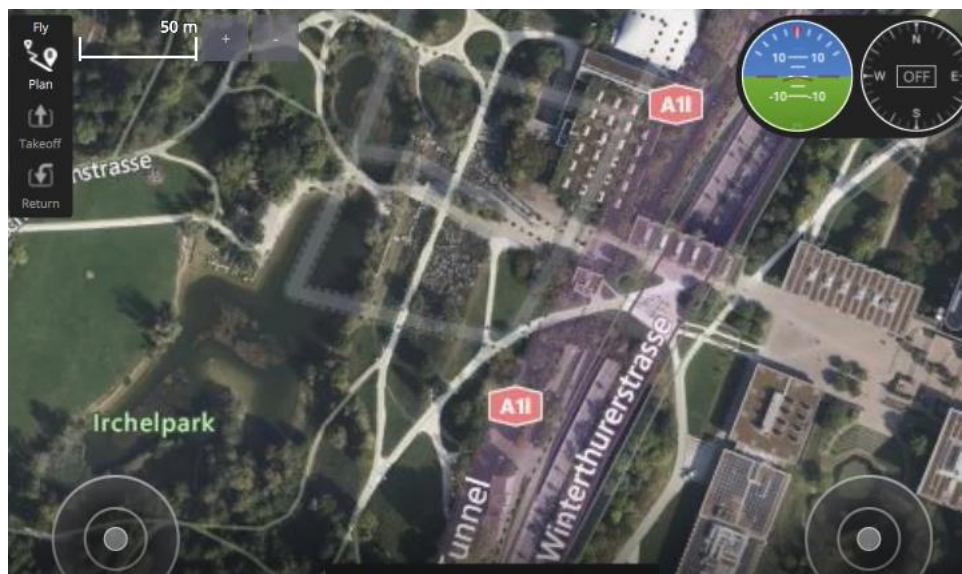


Рисунок 3.1 - Навігація та сенсорна керування БПЛА через планшет

БПЛА можуть бути оснащені датчиками, які збирають геопросторові дані під час польоту, такі як зображення з камери, лідарні дані про висоту, GPS-координати, маршруту та інші параметри. При керуванні, дані що обробляються та аналізуються з метою створення цифрової карти, може використовуватися для навігації, планування маршрутів, досліджень та інших цілей.

Картографія також може включати створення тривимірних моделей місцевості з використанням технологій, таких як структура з руху (Structure-from-Motion) або стереозображення. Ці моделі можуть надавати додаткову інформацію про висоти, рельєф, будівлі та інші об'єкти в місцевості.

Картографія для БПЛА також може бути використана для створення цифрових моделей територій перед виконанням спеціальних завдань, наприклад, моніторингу довкілля, пошуку та рятування, агрокультурного аналізу тощо.

3.3 Опис 3D генерації для тестування БПЛА

Для того щоб розпочати тестування симуляції літачого безпілотної апарату, необхідно створити 3D візуалізація, що дозволяє нам отримувати візуальну інформацію про виявлення БПЛА та їх орієнтацію у реальному часі. Ви можете відображати БПЛА як тривимірні моделі з точними координатами, швидкістю та орієнтацією. Це допомагає вам краще розуміти їхнє розташування та рух, що може бути корисним для навігації, слідкування та вживання заходів безпеки.

3D візуалізація також може бути використана для створення візуальних ефектів, що допомагають виділяти БПЛА від навколишнього середовища, а також для аналізу їхньої поведінки та взаємодії з оточенням.

Наша розробка 3D візуалізації детекції для БПЛА є важливим кроком у поліпшенні систем безпілотної контролю та безпеки. Це дозволить операторам та аналітикам здійснювати більш ефективний моніторинг та реагування на дії БПЛА. Це має велике значення для подальшого розвитку цієї технології та її використання в різних галузях, включаючи безпеку авіації, розвідку та нагляд.

У даній роботі було використано алгоритм Structure-from-Motion (SfM) для 3D-реконструкції на основі зображень. SfM є методом, який одночасно відновлює 3D-геометрію сцени та позиції камери, використовуючи відповідності між характеристиками на зображеннях. Цей алгоритм використовує розріджений набір відповідностей між зображеннями.

Structure-from-Motion (SfM) — це алгоритмічний підхід до відновлення тривимірної геометрії сцени та руху камери з набору двовимірних зображень. Він базується на аналізі відповідностей між характеристиками на зображеннях, наприклад, ключовими точками або текстурними дескрипторами.

У процесі використання SfM спочатку знаходяться відповідності між характеристиками на різних зображеннях, що вказує на присутність однакових

об'єктів або точок у сцені. Наступною кроком є оцінка камерних позицій для кожного зображення, що включає визначення позиції камери та орієнтації у просторі.

Після цього відбувається процес триангуляції, коли з відповідних точок на зображеннях відновлюються тривимірні координати об'єктів у просторі. За допомогою цих координат можна побудувати тривимірну модель сцени та оцінити глибину об'єктів.

Отже, SfM є інструментом для реконструкції тривимірної геометрії зображень, і він застосовується у багатьох галузях, включаючи комп'ютерне зорове сприйняття, розширену реальність, робототехніку та геоінформаційні системи.

Нижні панелі інтерфейсу мають такі дані:

1. **Sim Time (час симуляції):** Це час, який пройшов у внутрішньому світі симуляції або моделі. Він може бути виміряний в одиницях виміру, специфічних для симуляції, таких як кадри, ітерації або часові кроки. Sim Time може просуватися зі сталим кроком часу або в залежності від логіки симуляції.
2. **Real Time (реальний час):** Це фактичний час, який пройшов в реальному світі. Вимірюється в одиницях часу, таких як секунди, хвилини або години. Real Time використовується для визначення швидкості симуляції, порівняння з реальним часом або встановлення обмежень часу для виконання симуляції.
3. **Iterations (ітерації):** Це кількість повторних проходів або циклів, які виконуються в симуляції або обчислювальному процесі. Кожна ітерація може включати обробку даних, виконання розрахунків або оновлення стану системи. Кількість ітерацій може бути використана для контролю точності симуляції або обмеження часу виконання.
4. **FPS (кадри в секунду):** Це метрика, яка визначає кількість кадрів або зображень, які відображаються на екрані протягом однієї секунди. Він

використовується для визначення плавності анімації або відео. В симуляціях FPS може бути використаний для вимірювання швидкості відтворення або обмеження часу на кожен кадр.



Рисунок 3.2 - Генерація 3D ландшафту

ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 3

Генерація 3D ландшафту для систем безпілотних літальних апаратів (БПЛА) є важливою складовою частиною розробки та тестування системи. Проведені дослідження показали успішність генерації деталізованого 3D ландшафту, що дозволяє БПЛА взаємодіяти з навколишнім середовищем, виконувати місії та планувати оптимальний маршрут.

Створення сенсорного керування систем БПЛА: Успішно реалізоване створення сенсорного керування для систем БПЛА дозволяє оператору взаємодіяти з апаратом за допомогою датчиків та інтерфейсів. Це покращує зручність управління, точність та швидкість реакції БПЛА на команди оператора.

Успішно розроблене програмне забезпечення для БПЛА: В процесі досліджень було успішно розроблене програмне забезпечення (ПЗ) для безпілотних літальних апаратів. Це ПЗ включає алгоритми навігації, керування, обробки даних та комунікації.

Розроблене ПЗ виявилось ефективним, надійним та забезпечило коректну роботу БПЛА під час тестування та симуляції. Усі ці аспекти сприяють покращенню ефективності та функціональності систем БПЛА, забезпечують більш точну навігацію та контроль польоту, а також полегшують взаємодію з оператором.

РОЗДІЛ 4. ДЕТАЛЬНИЙ АНАЛІЗ СИСТЕМ БПЛА

4.1 Дослідження ефективності систем БПЛА

Дослідження ефективності систем безпілотних літальних апаратів (БПЛА) є актуальною темою у сфері авіаційних технологій. Багато наукових досліджень спрямовані на вивчення та вдосконалення різних аспектів ефективності систем БПЛА.

Під час дослідження було виявлено деяких ключові аспекти, які вивчаються в цих дослідженнях:

- Автономність:** Дослідження зосереджуються на розвитку автономних функцій БПЛА, що дозволяють їм виконувати завдання без значного втручання оператора. Це включає розробку алгоритмів для автоматичного планування маршрутів, навігації та уникнення перешкод, а також системи штучного інтелекту для прийняття рішень.
- Ефективність палива:** Оптимізація споживання палива є важливим аспектом досліджень. Вивчаються різні методи зменшення опору повітря, оптимального планування маршрутів, використання енергоефективних двигунів та енергозберігаючих технологій для підвищення часу польоту БПЛА.
- Навігація та стабільність:** Дослідження спрямовані на вдосконалення систем навігації та стабільності БПЛА. Це включає розробку точних методів позиціонування, системи керування стабільністю та адаптивного керування для забезпечення прецизійного та безпечного польоту.
- Задачі спостереження та збору даних:** Дослідження також фокусуються на розвитку систем БПЛА для виконання різноманітних задач спостереження та збору даних. Це можуть бути дослідження в галузі землеробства.

4.2 Тестування програмного забезпечення

					ІАЛЦ.467200.003 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Програмне забезпечення для апарату БПЛА визначає поведінку таких служб, як транспортні системи, медичні послуги та вбудовані програми, такі як космічні кораблі, побутова техніка та мобільні телефони. Залежність суспільства від програмного забезпечення висуває високі вимоги до їх надійності; знання тестування програмного забезпечення стають необхідними для всіх розробників програмного забезпечення та інженерів програмного забезпечення. Незважаючи на те, що на розробку надійного програмного забезпечення впливає багато факторів, включаючи ретельне проектування та надійне керування процесом, тестування є основним способом оцінки програмного забезпечення під час розробки.

Спочатку важливо визначити конкретні цілі тестування. Наприклад, це може бути перевірка правильності реалізації фізики польоту, оцінка точності моделювання польотних характеристик, виявлення і виправлення помилок та багів у програмному забезпеченні, а також оцінка продуктивності системи.

Створіть набір тестових сценаріїв, які охоплюють різні аспекти функціональності та продуктивності програмного забезпечення і симуляції польоту. Ці сценарії можуть включати різні маневри, погодні умови, випадки використання, а також критичні ситуації, щоб перевірити реакцію системи на них.

Запустіть програмне забезпечення та симуляцію польоту згідно з розробленими тестовими сценаріями. Слід уважно фіксувати результати, спостерігати за виникненням будь-яких помилок або неправильностей і збирати відповідні дані для подальшого аналізу.

Після завершення тестів проведіть аналіз отриманих результатів. Порівняйте очікувані результати з фактично отриманими, виявите та

					ІАЛЦ.467200.003 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

документуйте будь-які проблеми або неполадки, а також визначте потенційні шляхи вдосконалення системи.

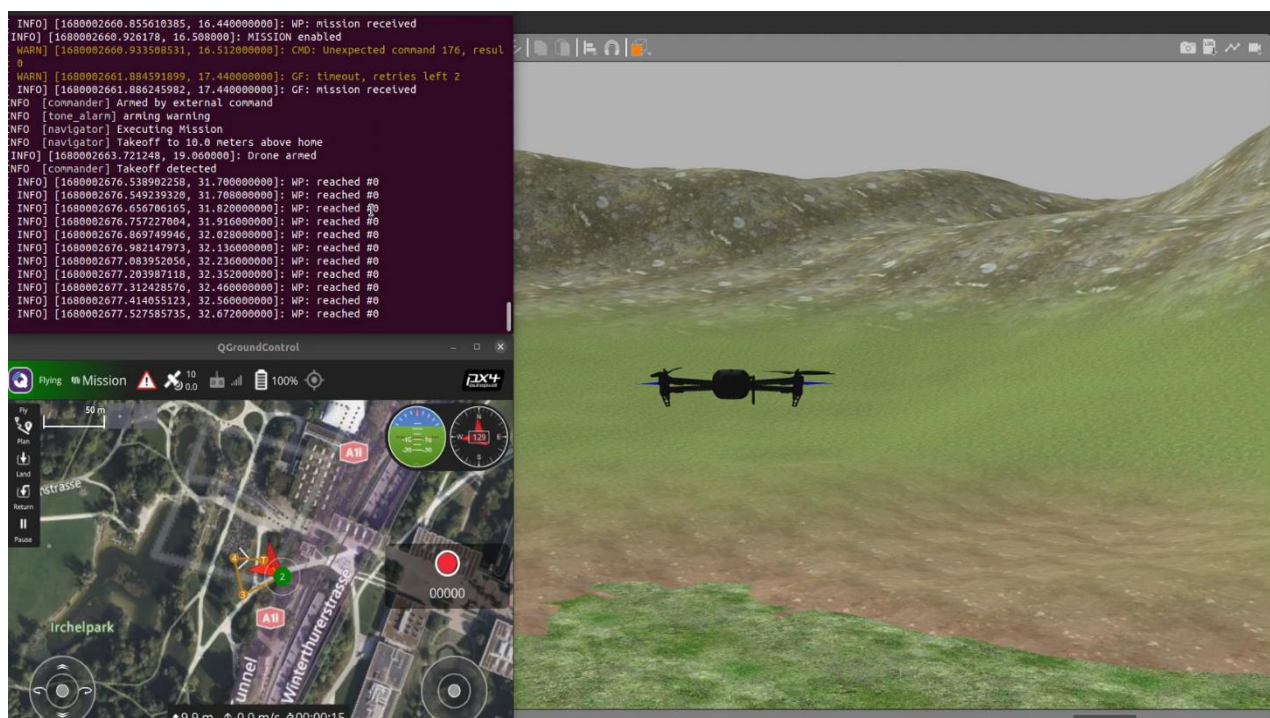


Рисунок 4.1 - Проведення тестування симуляції БПЛА

4.3 Рекомендація вдосконалення систем БПЛА

З метою подальшого розширення функціональності та оновлення систем безпілотних літальних апаратів (БПЛА) та забезпечення конкурентоспроможності на ринку, рекомендується розглянути наступні пункти:

- Збільшення автономності:** Розробка та впровадження більш продуктивних алгоритмів штучного інтелекту та машинного навчання може покращити автономність БПЛА. Це дозволить їм приймати розумні рішення без значного втручання оператора, що сприятиме ефективності та надійності системи.
- Оптимізація енергоспоживання:** Дослідження спрямовані на розробку енергоефективних систем БПЛА, включаючи оптимізацію конструкції, використання нових матеріалів, ефективніші двигуни та керування споживанням енергії. Це дозволить збільшити час польоту та зменшити залежність від заряду акумуляторів або джерел енергії.

3. **Покращення системи навігації та стабільності:** Дослідження можуть бути спрямовані на вдосконалення систем навігації та стабільності, включаючи розробку точніших методів позиціонування, систем автоматичної стабілізації та покращення алгоритмів управління. Це допоможе підвищити точність польоту та забезпечити більш стабільну роботу системи.
4. **Розширення функціональності:** Вдосконалення систем БПЛА може включати розширення їх функціональних можливостей. Наприклад, додавання нових сенсорів або пристроїв, що дозволяють збирати більше інформації або виконувати нові види завдань. Це дозволить використовувати БПЛА в більш широкому спектрі функціоналу

ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 4

Отже, в четвертому розділі було успішно Проведення тестування програмного забезпечення та 3D-симуляції для безпілотних літальних апаратів (БПЛА) є важливим етапом для перевірки якості та ефективності системи. Цей процес дозволяє виявити та виправити помилки, оцінити точність моделювання польоту, а також перевірити працездатність функціональності та продуктивності системи.

Ефективність систем БПЛА при польоті та навігації: Системи БПЛА виявляються досить ефективними при польоті та навігації завдяки своїм автономним можливостям, точній навігації та стабільності польоту. Вони здатні виконувати різноманітні завдання у різних галузях, включаючи моніторинг, вимірювання, дослідження та навіть доставку товарів. Завдяки унікальним можливостям, які надає безпілотна технологія, системи БПЛА можуть значно поліпшити продуктивність, знизити витрати та забезпечити безпеку в різних сферах діяльності.

					ІАЛЦ.467200.003 ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВОК

Мета дипломного бакалаврського проекту з методом візуалізації детекції безпілотних апаратів були виконано частково.

Практичні навички в реалізації візуального детекції для БПЛА: Успішно проведення практичних навичок в реалізації візуальної детекції для БПЛА є важливим кроком у поліпшенні функціональності та продуктивності системи. Візуальна детекція дозволяє БПЛА виявляти та розпізнавати об'єкти на зображеннях або відео, що відкриває широкі можливості для різних застосувань, включаючи виявлення перешкод, розпізнавання об'єктів.

В цілому, дослідження показало успішну підготовку безпілотних літальних апаратів (БПЛА) шляхом проведення тестування програмного забезпечення та 3D-симуляції. Цей процес дозволив виявити та виправити проблеми та помилки, що виникали під час польоту та навігації, а також перевірити ефективність та надійність системи.

Отже, виконання технічних та практичних завдань по реалізації програмного забезпечення методом візуалізації детекції БПЛА виконано повністю дипломний бакалаврській проект.

					ІАЛЦ.467200.003 ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТОВАНИХ ЛІТЕРАТУР

1. д.-р. т. н. п. к. Пількевич І. А., "КОМПЛЕКС ПІДГОТОВКИ ОПЕРАТОРІВ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АППАРАТІВ," Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова, Житомир, 2021.
2. A. Wille, "DJI Mini 3 Pro Drone: Hands-On Review with AndrewOptics," Adorama, 10 Травень 2022. [Online]. Available: <https://www.adorama.com/alc/dji-mini-3-pro-review/>.
3. A. B. A. J. A. Mairaj, Application Specific Drone Simulators: Recent Advances and Challenges, 01.02.2019.
4. "Human factors of flight simulation," AviationKnowledge, 2012. [Online]. Available: <http://aviationknowledge.wikidot.com/aviation:human-factors-offlight-simulation>.
5. T. Guy, "HPIGUY | ImmersionRC Liftoff FPV Flight Sim," ThatHPY Guy, Листопад 2015. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=mh6dc43o-og>.
6. "9 Best Drone Flight Simulators for 2022," 2022. [Online]. Available: <https://www.droneblog.com/drone-flight-simulator/>.
7. "ArduPilot | Mission Planner Home 2023" [Online]. Available: <https://ardupilot.org/planner/>
8. "QGC QGroundControl Drone Control 2023" [Online]. Available: <http://qgroundcontrol.com/>
9. "DJI GO 4 Manual: The Pilot's Handbook 2017" [Online]. Available: <https://store.dji.com/guides/dji-go-4-manual/>
10. "Ground Station Software | UgCS PC Mission Planning 2023" [Online]. Available: <https://manuals-dji.ugcs.com/docs>

ДОДАТОК 1

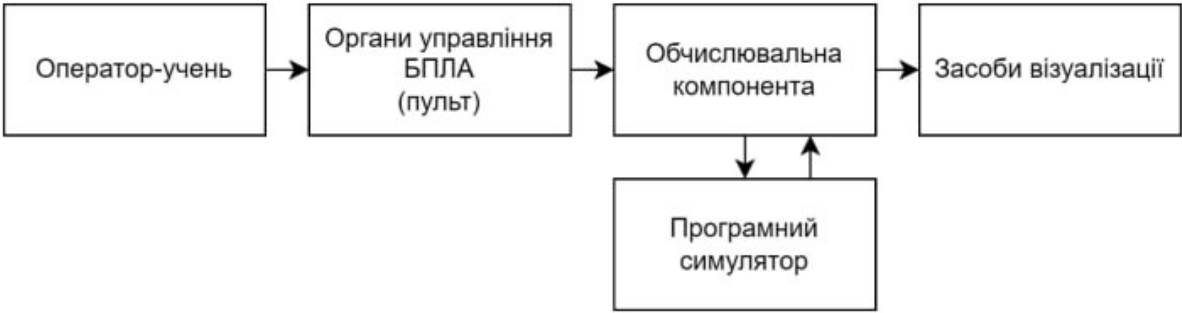
Метод візуальної детекції безпілотних літальних апаратів

Структурна схема

ІАЛЦ.467200.004 Д1

Аркушів 1

Київ 2023 р



					ІАЛЦ.467200.004 Д1				
		№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив		Мудрий Ю. П.			Метод візуальної детекції безпілотних літальних апаратів Блок візуал детекції БПЛА (Структурна схема)	Літ.	Аркуш	Аркушів	
Перевірив		Волокита А. М.					1	1	
						“КПІ” ім. Ігоря Сікорського ФІОТ, ІО-93			
Н. Контр.		Виноградов Ю. М.							
Затвердив									

ДОДАТОК 2

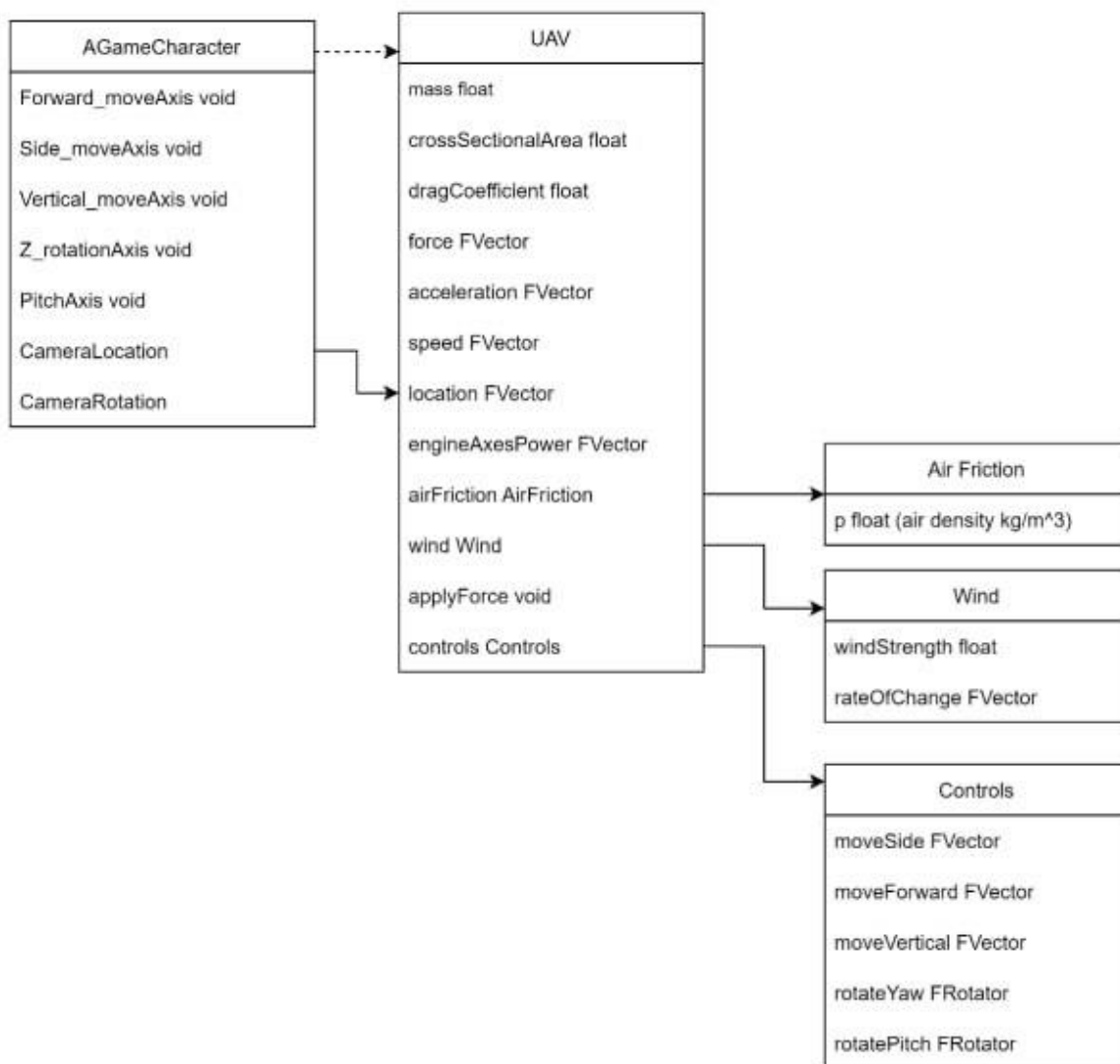
Мобільний додаток для парсингу медійних даних на платформі iOS

Функціональна схема (діаграма класів)

ІАЛЦ.467200.005 Д2

Аркушів 1

Київ 2023 р



					ІАЛЦ.467200.005 Д2		
		№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Мудрий Ю. П.				Метод візуальної детекції безпілотних літальних апаратів Блок візуал детекції БПЛА (Функціональна схема)		
Перевірив	Волокита А. М.						
Н. Контр.	Виноградов Ю. М.						
Затвердив							
					Літ.	Аркуш	Аркушів
						1	1
					“КПІ” ім. Ігоря Сікорського ФІОТ, ІО-93		

ДОДАТОК 3

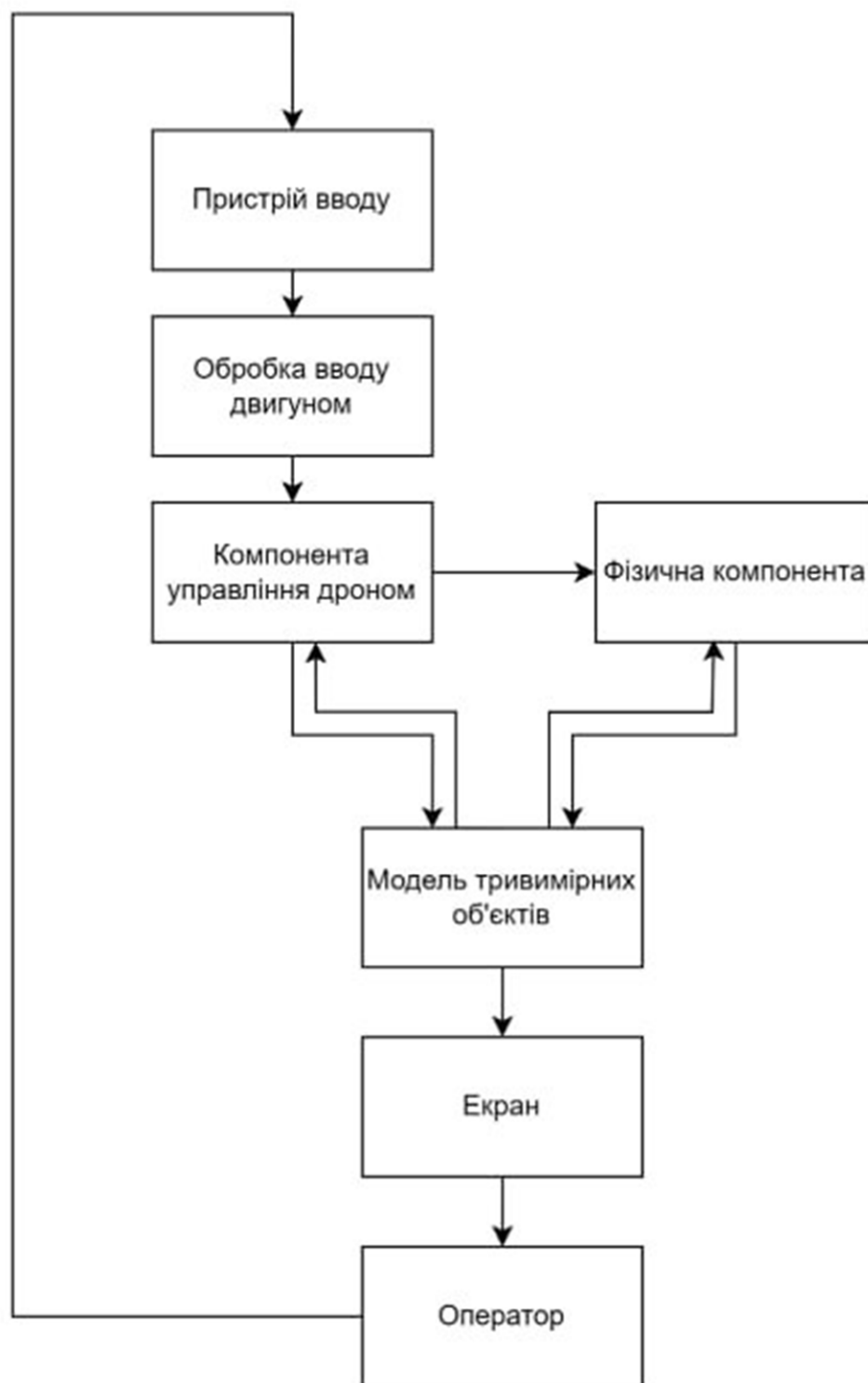
Мобільний додаток для парсингу медійних даних на платформі iOS

Алгоритми дії БПЛА

ІАЛЦ.467200.006 ДЗ

Аркушів 1

Київ 2023 р



					ІАЛЦ.467200.006 ДЗ				
		№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив	Мудрий Ю. П.				<i>Метод візуальної детекції безпілотних літальних апаратів</i> Блок візуал детекції БПЛА Алгоритми дії (Схема принципова)	Літ.	Аркуш	Аркушів	
Перевірив	Волокита А. М.						1	1	
						<i>“КП” ім. Ігоря Сікорського ФІОТ, ІО-93</i>			
Н. Контр.	Виноградов Ю. М.								
Затвердив									