

Хмельницький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр
Освітній рівень

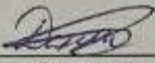
Веборієнтована інформаційна система керування відеорозвідником з
урахуванням рельєфу місцевості
Назва теми

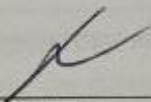
КВРІСТ 220167.22.01.04 ПЗ
Шифр

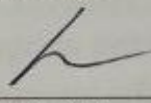
Галузь знань 12 «Інформаційні технології»
Шифр, назва

Спеціальність 126 «Інформаційні системи та технології»
Шифр, назва

Освітня програма «Інформаційні системи та технології»
Назва

Виконав: студент III курсу, група ІСТс-22-1 
Підпис Денис ДАНИЛЮК
Ініціали, прізвище

Керівник 
Підпис, дата Тетяна КИСІЛЬ
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер 
Підпис, дата Тетяна КИСІЛЬ
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:
зав. кафедри комп'ютерної
інженерії та інформаційних
систем


Підпис

Ольга ПАВЛОВА
Ініціали, прізвище

« 4 » червня 2025 р.

Хмельницький 2025

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Освітній рівень БАКАЛАВР

Галузь знань 12 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Спеціальність 126 ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ

Освітня програма «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Ольга ПАВЛОВА

“ 10 ” 01 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Денису ДАНИЛЮКУ

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Веборієнтована інформаційна система керування відеорозвідником з урахуванням рельєфу місцевості

Керівник проекту (роботи) Тетяна КИСІЛЬ, д.т.н., проф.

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

Затверджена наказом ректора університету від 07.02.2025 р. № 23

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 01.06.2025 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на кваліфікаційну роботу

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

Аналітичний розгляд та аналіз предметної області та її варіації

Проектування інформаційної системи керування відеорозвідником та її удосконалення

Програмно-апаратна реалізація веборієнтованої інформаційної системи керування відеорозвідником з урахуванням рельєфу місцевості

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

Архітектура ПЗ проекту

Лістенінг сайту та іншого ПЗ

Веб-інтерфейс

6. Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Тетяна КИСІЛЬ, доцент кафедри КПС		
Антиплагіат	Андрій НІЧЕПОРУК, доцент кафедри КПС		

7. Дата видачі завдання « 10 » 01 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№з/п	Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітки
1	Вибір напрямку дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи з керівником	10.01.2025	виконано
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	01.02.2025	виконано
3	Робота над розділом 1 – аналітичний розгляд та аналіз предметної області та її варіації	01.03.2025	виконано
4	Робота над розділом 2 – проектування інформаційної системи керування відеорозвідником та її удосконалення	01.04.2025	виконано
5	Робота над розділом 3 – програмно-апаратна реалізація веборієнтованої інформаційної системи керування відеорозвідником з урахуванням рельєфу місцевості	29.04.2025	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	25.05.2025	виконано
7	Попередній захист ВКР	26.05.2025	виконано
8	Захист ВКР на засіданні ЕК	Червень 2025 року	

Студент

Підпис

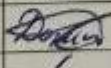
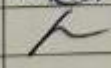

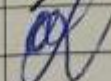
Денис ДАНИЛЮК
Ініціали, прізвище

Керівник роботи

Підпис

Тетяна КИСІЛЬ
Ініціали, прізвище

№ р я д к а	Ф о р м а т	Позначення	Найменування	К і л · л и с т і в	№ ек з	П р и м і т к а
			<u>Текстові документи</u>			
1		КвРІСТ 220167.22.01.04 ПЗ	Пояснювальна записка	55		
			<u>Графічні матеріали</u>			
2		КвРІСТ 220167.22.01.04 Е8	Архітектура ПЗ проєкту	1		
3		КвРІСТ 220167.22.01.04 Е8	Лістенінг сайта та іншого ПЗ	1		
4		КвРІСТ 220167.22.01.04 Е8	Веб-інтерфейс	1		

КвРІСТ 220167.22.01.04 ВП				
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата
Розробив		Данилюк		
Перевір.		Кисіль		04.06.25
Н. контр.		Кисіль		04.06.25
Затв.		Павлова		04.06.25
Відомість проєкту				
ХНУ, ІСТс-22-1				

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Вебрієнтована інформаційна система керування відеорозвідником з урахуванням рельєфу місцевості».

Автор роботи: Денис ДАНИЛЮК.

Керівник роботи: Кисіль Тетяна Миколаївна.

Пояснювальна записка: 55 с., 23 рис., 7 табл., 3 дод., 50 джерел.

Графічна частина: 3 креслення.

ВІДЕОРОЗВІДНИК, ВЕБОРІЄНТОВАНА СИСТЕМА, АРХІТЕКТУРА,
БАЗА ДАНИХ.

Метою дипломної роботи є вивчення та створення систем керування відеорозвідників і їх модифікація, а також особливості роботи з вебсервером і базою даних для збереження і передачі інформації на веб інтерфейс.

Об'єктом дослідження є веборієнтовані системи керування відеорозвідників.

Предметом дослідження є оцінка режимів застосування вебсервера і інтерфейса для системи керування.

Під час проведення даного дослідження був використаний метод систематичного огляду літератури для вивчення і аналізу предметної області даного дослідження з текстових джерел інформації.



Підпис студента

30.05.2025

Дата

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗГЛЯД ТА АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ЇЇ ВАРІАЦІЇ	6
1.1 Аналітичний огляд літератури та інтернет-джерел для системи керування відеорозвідником з урахуванням рельєфу місцевості	6
1.2 Аналіз програмно-апаратного забезпечення веборієнтованої інформаційної системи керування відеорозвідником з урахуванням рельєфу місцевост	13
1.3 Висновки до першого розділу.....	13
2 ПРОЄКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВІДЕОРОЗВІДНИКОМ ТА ЇЇ УДОСКОНАЛЕННЯ	15
2.1 Визначення та вибір варіанта реалізації	15
2.2 Розробка БПЛА.....	19
2.3 Підключення датчиків та моторів.....	25
2.4 Принцип роботи акселерометра та гіроскопа	28
2.5 Вибір елементної бази	30
2.6 Вибір пристрою для виміру відстані та GPS модуль.....	31
2.7 Принцип роботи далекоміра	34
2.8 Висновки до другого розділу	38
3 ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ ВЕБОРІЄНТОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВІДЕОРОЗВІДНИКОМ З УРАХУВАННЯМ РЕЛЬЄФУ МІСЦЕВОСТІ	39
3.1 Опис модулів та пунктів реалізації системи	39
3.2 Налаштування сервера.....	41
3.3 База даних	45
3.4 Веб інтерфейс	48
3.5 Алгоритм адаптації до рельєфу	50
3.6 Система керування за допомогою радіомодуля.....	53

КвРІСТ 220167.22.01.04 ПЗ

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	Літера	Аркуші	Аркущів
Виконав		Денис ДАНИЛУК					
Перевір.		Тетяна КИСЛЬ		04.06.14		2	69
Н.КОНТР.		Тетяна КИСЛЬ		04.06.14	ХНУ ICTc-22-1		
Затвер.		Ольга ПАВЛОВА		04.06.14			

3.7 Висновки до третього розділу.....	55
ВИСНОВКИ	57
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	59
ДОДАТОК А.....	67
ДОДАТОК Б.....	68
ДОДАТОК В.....	69

					КВРІСТ 220167.22.01.04 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

ВСТУП

Під час створення електронних пристрою часто виникають ситуації потреби у передачі даних на певну відстань. Наприклад, температурний датчик застосовуватиметься на вулиці для передачі значення температури до центрального пристрою або датчик руху активуватиме сирену у відокремленому приміщенні. Таких завдань багато і кожне можна вирішити різними способами. У тих ситуаціях коли проводних підключень не можливо організувати часто приходиться на виручку радіомодулі такі як NFR24L01 що функціонують у діапазоні частот 2.4-2.5 ГГц.

Телефони також використовують радіомодулі для виконання важливих операцій:

- Вхідні і вихідні телефонні дзвінки.
- Обмін текстовими та мультимедійними повідомленнями.
- Функціонування мобільного інтернету без збою.

Коли радіомодуль в пристрої має неполадки, це може погіршити якість сигналу на вашому телефоні або смартфоні, що ускладнюватиме передачу інформацію та роботу пристрою в цілому.

Розвиток технологій у сфері виробництва БПЛА (безпілотних літальних апаратів) потребуватиме стандартизацію методів контролю як для наземних комплексів так і для самих апаратів. Великі компанії як Google та Facebook довгий час підтримують стартапи в цьому сегменті для розвитку безпілотностей у ряду галузей - від доставки товарів (наприклад пошти чи піци) до створення платформ для забезпечення Інтернетом областей без можливостей розташування наземних чи надводних станцій. Ріст кількості БПЛА вимагає пошук нових методів керування та способів формування груп і мереж. Тож висвітлення можливостей нових підходів у керуванні є наразі важливим питанням.

Також дуже важливо модернізувати системи, так як зараз час технологій і прогрес не стоїть на місці, тому багато систем бають додаткові функції такі як відеокерування або інтеграція з окулярами доповненої реальності. Багато систем

					КВРІСТ 220167.22.01.04 ПЗ	Арк. 4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мають відстежування по GPS або мережі інтернет, тому також потрібно якимось чином це використовувати, це є можливість доповнити систему сайтом або сервером для того щоб можна було відстежувати сам відеорозвідник.

					КВРІСТ 220167.22.01.04 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗГЛЯД ТА АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ЇЇ ВАРІАЦІЇ

1.1 Аналітичний огляд літератури та інтернет-джерел для системи керування відеорозвідником з урахуванням рельєфу місцевості

У всьому світі ведуться роботи по створенню безпілотних літальних систем як базових елементів БПЛА. Пріоритетом залишаються інформаційні системи моніторингу навколишнього середовища, вартість яких значно нижча порівняно з пілотованим обладнанням. БПЛА призначені для виконання завдань моніторингу, специфіка яких повинна бути забезпечена при розробці безпілотних літальних систем. Як наслідок, кожен тип БПЛА потребує спеціальних методів їх створення та використання. Для досягнення цих цілей необхідно розробити теоретичні основи створення та використання безпілотних авіаційних систем, які забезпечать їх проектування, сталий розвиток та ефективне використання. Розвиток такої теорії зумовлений виділенням сучасних безпілотних авіаційних систем в окремий вид керованих безпілотних літальних апаратів. Основні завдання, які виконують БПЛА: моніторинг поверхні, атмосфери та інфраструктури; ретрансляція радіосигналів; а також доставка та розміщення замовлень.

Однією зі сфер застосування БПЛА є моніторинг стану паливно-енергетичного комплексу, екологічний моніторинг і супровід під час проведення рятувальних робіт, контроль і ідентифікація правопорушників при виникненні конфліктних ситуацій, пошук і виявлення транспортних засобів при аваріях, а в сільському господарстві - моніторинг стану земель, систем зв'язку, релейних вузлів і навігаційних систем. Однією з важливих переваг використання безпілотних літальних апаратів є те, що вони економічніше, ніж пілотовані літаки, і не становлять ризику для життя пілотів. Вартість експлуатації комплексу на базі БПЛА низька порівняно з пілотованими літаками через відсутність витрат на підготовку льотного екіпажу. Безпілотні авіаційні системи мають специфічні характеристики, які дозволяють використовувати їх у випадках, коли неможливо

					КВРІСТ 220167.22.01.04 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використовувати пілотовані літальні апарати; відсутня інфраструктура, існує загроза хімічного, бактеріологічного та радіоактивного зараження. Безпілотні системи (безпілотні літальні апарати, безпілотні наземні, морські та підводні станції) вважаються перспективними для створення мереж «розумного» міста чи країни.

БПЛА використовуються не тільки у військових цілях, їх також масово використовують для транспортування, найчастіше як гексакоптери.

Гексакоптер – літальний апарат з силовою установкою, що складається з шести двигунів. Стандартна версія передбачає, що машина має шість балок, але також доступні моделі з трьома балками (компонування Y6). Компонувка Y6 передбачає, що на кожній балці встановлено два двигуни, один з яких тягне, а інший штовхає. Прикладом такого літака є Walkera QR Scorpion Y6

Вантажні гексакоптери здатні піднімати значну вагу і переносити її на великі відстані. Радіокеровані професійні гексакоптери часто використовуються в промисловості (моніторинг мостів, трубопроводів, ліній електропередач і т.д.), а також в професійній відеозйомці. Схема Y6 використовується для створення відносно невеликих літаків.

Гексакоптери користуються великим попитом серед професіоналів. Два додаткових двигуна забезпечують їм відносно високу швидкість і чудову потужність. Максимальна висота польоту таких шестироторних систем може значно перевищувати стелю більшості квадрокоптерів. Хороша вантажопідйомність, висока стійкість і підвищена живучість у разі відмови одного з двигунів дозволяють використовувати гексакоптери для транспортування дуже дорогих відеокамер, призначених для професійної аерофотозйомки.

Основні переваги гексакоптерів:

- 1) значна потужність;
- 2) підвищена вантажопідйомність;
- 3) широкий набір функцій;

					КВРІСТ 220167.22.01.04 ПЗ	Арк. 7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 4) збільшена кількість двигунів позитивно впливає на безпеку польотів, відмова одного з двигунів не призводить до аварії;
- 5) польотний функціонал цих машин орієнтований на отримання високоякісних відеоматеріалів;
- 6) гарний компроміс між продуктивністю та ціною.

До недоліків таких систем можна віднести значні розміри і досить високу вартість.

Керувати коптерами набагато легше, ніж іншими моделями літальних апаратів, хоча існує проблема візуального контролю над невеликим пристроєм на відстані. Для того, щоб пілот міг краще визначати положення коптера в повітрі, його борти (борта) підсвічуються кольоровими світлодіодами або позначаються яскравими стрічками.

Аналізуючи завдання, яке необхідно виконати, можна зрозуміти, що шляхів вирішення проблеми багато.

Для виконання цього завдання нам знадобляться радіомодулі але такі щоб в подальшому можна було замінити їх.

Якщо вибирати радіомодуль то звичайно краще всього використовувати модулі з високою дальністю сигналу та великим діапазоном сигналу для налаштування, але можна вибрати більш легкий варіант для того щоб розпочати розробку системи, для цього можна використати радіомодуль NRF24L01.[27]

Цей радіомодуль легко можна підключити і чудово підходить для аматорських та легких проектів своєю доступністю і невеликою ціною. Його можна модифікувати добавивши один конденсатор для більшої стабільності роботи радіомодуля і він не буде заважати контактам, тому що його можна додати в схему або припаяти до корпусу і вивести виходи до контактів.

					КВРІСТ 220167.22.01.04 ПЗ	Арк. 8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

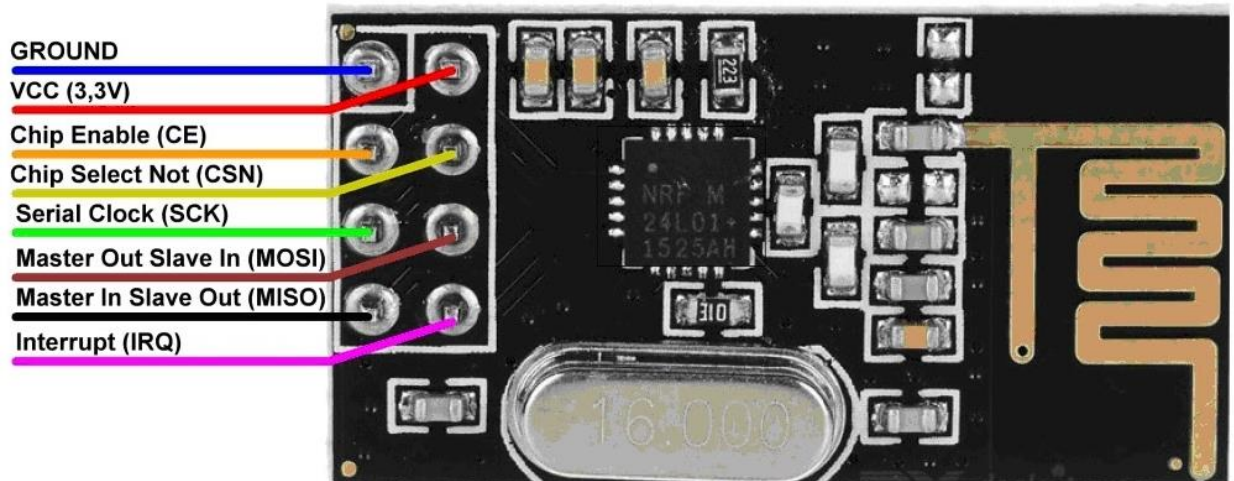


Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд радіомодуля[27]

Ця комплектація плати є базовою і містить сам чіп, штирову колодку та антену у вигляді звивистої доріжки. Такий набір забезпечує дальність зв'язку до 100м за прямої видимості або до 30м у приміщенні. Якщо цього недостатньо, то є можливість придбати такі ж модулі, тільки з додатковим підсилювачем та зовнішньою антенною. У разі дальність зв'язку можна збільшити до 1000м.

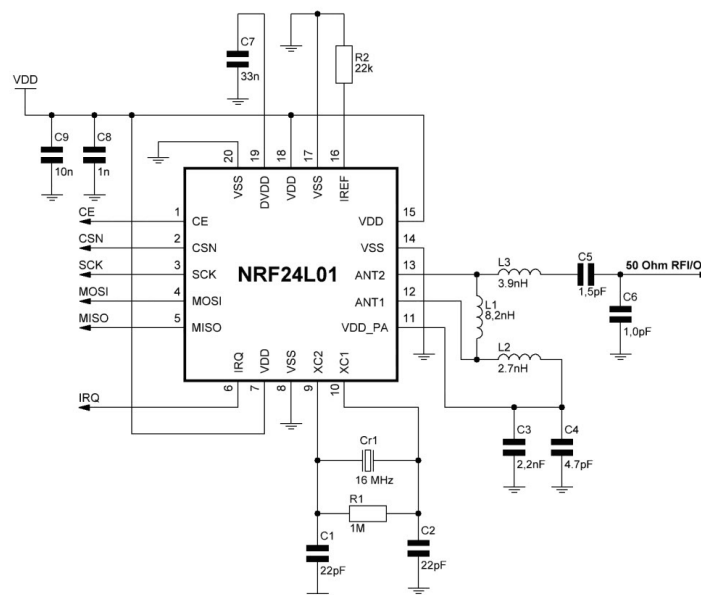


Рисунок 1.2 – Схема модуля [28]

Підключення радіомодуля NRF24L01+ до Arduino здійснюється за SPI-інтерфейсом, що передбачає використання 5 дротів крім висновків живлення. Для різних лінійок Arduino номери висновків, на які зав'язаний апаратний інтерфейс SPI, можуть відрізнятися.

Нижче показано карту підключення NRF24L01+ до різних серій Arduino.

NRF24L01	GND	VCC	CE *	CSN *	SCK	MOSI	MISO	IRQ
Arduino UNO	GND	3,3V	любой	любой	13	11	12	*
Arduino Nano	GND	3.3V	любой	любой	13	11	12	*
Arduino Mega	GND	3,3V	любой	любой	52	51	50	*

Рисунок 1.3 – Карта підключення NRF24L01+ до різних серій Arduino[29]

Виводи CE (вибір приймача або передавача) та CSN (вибір пристрою на шині SPI) можуть бути пов'язані з будь-якими цифровими пінами Arduino. Єдине, що потрібно – вказати їхні номери при написанні скетчу. Щодо програмування, то для взаємодії з NRF24L01+ існує кілька бібліотек, але найбільш популярною та стабільною є бібліотека RF24.

Як правило, більшість аматорських проектів початкового рівня передбачають використання двох модулів NRF24L01+, один з яких працює в режимі передавача, а інший як приймач на однаковій частоті. Але на одному каналі можна контролювати відразу кілька датчиків, наприклад, температуру в різних кімнатах. У цьому випадку функціональні можливості радіомодуля NRF24L01+ передбачають можливість організації міні-мережі. А саме, на одній частоті або каналі можуть працювати до 6 передавачів та 1 приймач. При цьому кожному передавачу присвоюється свій унікальний ідентифікатор («Pipe ID» або «Ідентифікатор труби»), а приймачеві необхідно надати всі ідентифікатори тих передавачів, від яких він прийматиме дані.

Також кожен відеорозвідник повинен мати і «мозок» тому потрібно підібрати плати які можна використовувати, зачасту це плати з мікроконтроллером і це є Arduino, але не всі вони підходять, тому що вони розрізняються своїми характеристиками та призначенням.

Arduino це апаратна обчислювальна платформа для аматорського проектування, основними компонентами якої є плата мікроконтролера з елементами вводу/виводу та середовищем розробки Processing/Wiring на мові програмування, яка є спрощеною підмножиною C/C++. Arduino можна використовувати як для створення автономних інтерактивних об'єктів, так і для підключення до програмного забезпечення, що працює на комп'ютері (наприклад: Processing, Adobe Flash, Max/MSP, Pure Data, SuperCollider). Інформація про плату (схема друкованої плати, характеристики елементів, програмне забезпечення) є загальнодоступною і може бути використана тими, хто вважає за краще створювати плати самостійно.

Плата Arduino складається з мікроконтролера Atmel AVR і елементів проводки для програмування та інтеграції з іншими пристроями. Багато плат мають лінійний стабілізатор напруги +5В або +3,3В. Тактування здійснюється на частоті 16 або 8 МГц кварцовим резонатором. Мікроконтролер має завантажувач, тому зовнішній програматор не потрібен.

Так як люба система керування має приймач і передатчик, тому нам потрібно використати 2 плати, для передавача можна використати плату яка має невеликий функціонал, тому що основна її робота це передавати сигнал для відеорозвідника, а для самого приймача можна використати плату яка має більше функціонала, тому що потрібна можливість розширювати апаратну частину БПЛА.

Тому на цих двох платах я зупинив свій вибір.

Платформа Nano, побудована на мікроконтролері ATmega328 (Arduino Nano 3.0) або ATmega168 (Arduino Nano 2.x), має невеликі розміри та може використовуватись у лабораторних роботах. Вона має схожу на Arduino Duemilanove функціональність, проте відрізняється збіркою. Відмінність полягає у відсутності силового роз'єму постійного струму та роботі через кабель Mini-B USB. Nano розроблена та продається компанією Gravitech[42].

					КВРІСТ 220167.22.01.04 ПЗ	Арк. 11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

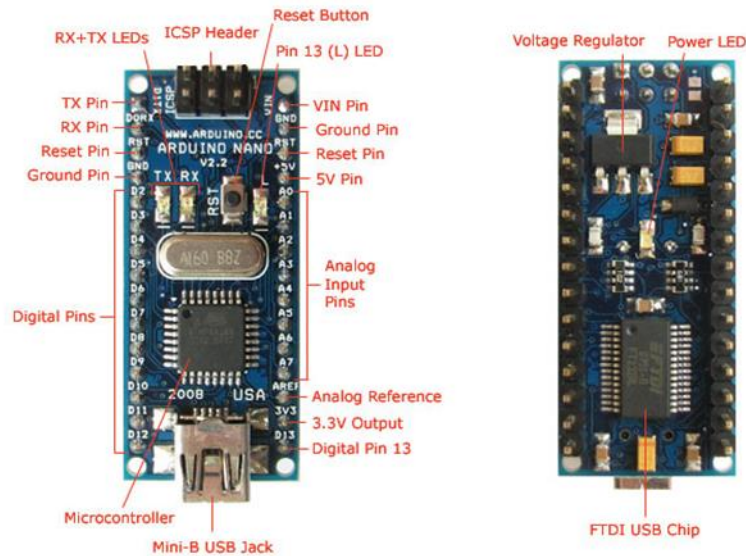


Рисунок 1.4 – Вигляд та піни підключення Arduino NANO[43]

Arduino Uno контролер побудований на ATmega328. Платформа має 14 цифрових вхід/виходів (6 з яких можуть використовуватися як виходи ШІМ), 6 аналогових входів, кварцовий генератор 16 МГц, USB-роз'єм, силовий роз'єм, роз'єм ICSP і кнопку перезавантаження. Для роботи необхідно підключити платформу до комп'ютера за допомогою кабелю USB або подати живлення за допомогою адаптера AC/DC або батареї[44].

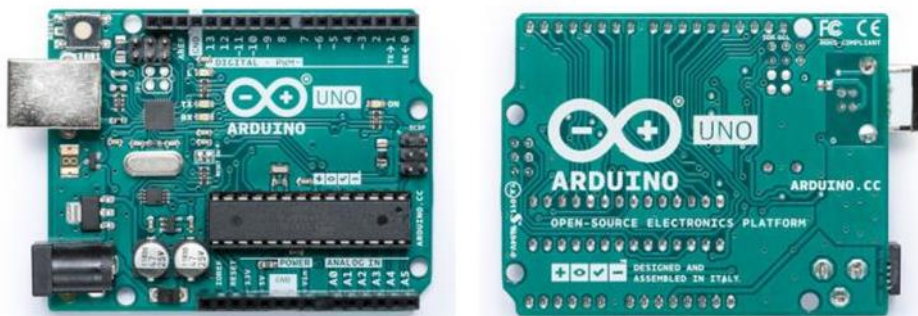


Рисунок 1.5 – Вигляд Arduino UNO[35]

На відміну від усіх попередніх плат, що використовували FTDI USB мікроконтролер для зв'язку по USB, новий Ардуїно Uno використовує мікроконтролер ATmega8U2

1.2 Аналіз програмно-апаратного забезпечення веборієнтованої інформаційної системи керування відеорозвідником з урахуванням рельєфу місцевост

Є багато варіантів які можна використати при розробці програмного забезпечення для системи керування, але основна полягає в передачі даних та їх обробці, тому зачасто використовують мову програмування C/C++/C# тому що вона є більш популярною для плат з мікропроцесорами, також вона простіша для усвоєння і навчання. Також данна мова програмування дуже схожа на ту яка використовується в платах Arduino і має доволі простий інтерфейс для виконання.

Також потрібно реалізувати систему відстежування відеорозвідника за допомогою GPS і можливо виводити данні які він зможе збирати.

Для реалізації веб-системи можна використовувати такі рішення:

- створення веб-інтерфейсу на основі HTML/JavaScript + Node.js, або Python (Flask/Django) для відображення статусу дрона, координат, висоти та відеопотоку з камери;
- передача даних з мікроконтролера на сервер через Wi-Fi (ESP8266/ESP32) або мобільну мережу GSM;
- використання MQTT або WebSocket для двостороннього зв'язку між дроном і сервером в реальному часі;
- потокове відео через RTSP або WebRTC, за умови, що камера дрона підтримує передачу відео в браузер;

А для того щоб визначати рельєф можна використати або камеру яка має вид риб'яче око або лдатчики. Також можливе інтегрування мапи в БПЛА для того щоб він міг сам проробити маршрут і уникнути перешкод.

1.3 Висновки до першого розділу

У першому розділі ми провели аналіз джерел інформації і деяких базових прикладів простої системи управління, також було здійсено пошук варіантів

					КВРІСТ 220167.22.01.04 ПЗ	Арк. 13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рішень для поставленої задачі. Був проведений апаратно-програмний аналіз системи.

Постановка задачі передбачає розробку програмно-апаратної архітектури, що забезпечить безперервне отримання даних GPS, параметрів відстані до рельєфу та швидкості руху об'єкта. Ці дані мають бути оброблені на серверному рівні й представлені у вигляді інтерактивної карти на клієнтському компоненті, яка міститиме актуальні характеристики польоту. Важливим елементом цієї системи є впровадження алгоритму рельєфної адаптації, здатного динамічно регулювати висоту польоту залежно від змін у топографічному профілі місцевості. Зазначений алгоритм має використовувати як відносні, так і абсолютні висотні параметри, визначені на основі даних, отриманих із сенсорів, для забезпечення точності та безпеки. Також потрібно забезпечити можливість дистанційного управління пристроєм за допомогою як веб-інтерфейсу, так і апаратного контролера, що використовує прямий радіозв'язок.

					КВРІСТ 220167.22.01.04 ПЗ	Арк. 14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ПРОЄКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВІДЕОРОЗВІДНИКОМ ТА ЇЇ УДОСКОНАЛЕННЯ

2.1 Визначення та вибір варіанта реалізації

Є багато варіантів як реалізувати керування літального апарата, і все залежить від його виду. Наприклад якщо це літак, то для нього може не підійти тип керування як для квадрокоптера, або можна зробити керування за допомогою програм на персональному комп'ютері.

Є багато систем керування БПЛА і нам потрібно вибрати зручний і доступний, наприклад є такі:

RadioMaster TX16S MKII V4.0 Sensor Gimbals 2.4G 16CH Multi-Protocol RF System OpenTX and EdgeTXRadio Transmitter for RC Drone (TX16S MKII ELRS M2)

Цей варіант відзначається такими факторами

Покращена внутрішня схема та оптимізоване джерело живлення. - Нова схема зарядки з вбудованим захистом від зворотної полярності

V4.0 Gimbal покращене центрування та стабільність температури (така ж схема, що і AG01) - додаткові задні ручки з високим і низьким рівнем включені для покращення ергономіки

Покращені ручки S1/S2 з чіткими центральними фіксаторами. -Покращені повзунки LS/RS з більш гладким відчуттям і кращими центральними фіксаторами.- Перероблена кришка акумулятора для покращеного доступу до акумулятора.

Гніздо Trainer замінено на стандартне 3,5-мм розетку TRS. - Додано задню DIY розетку для персоналізованих модифікацій.

Покращений внутрішній пластик для кращого терміну служби.·Доступні версії ELRS і 4в1.

					КВРІСТ 220167.22.01.04 ПЗ	Арк. 15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.1 – RadioMaster TX16S MKII V4.0 [31]

Radiolink AT10II 12 Channels RC Transmitter and Receiver R12DS 2.4GHz Radio Remote Controller Airplane Voltage Telemetry for RC FPV Racing Drone, Quad, Helicopter, Car (Mode 2 Left Hand Throttle)

Ця система відзначається цими факторами

Відмінна захист від перешкод: комунікаційна технологія DSSS і FHSS і антена з високим коефіцієнтом посилення 7 дБі роблять передавач AT10II зі стабільним сигналом передачі та діапазоном керування до 2,5 миль (4 км) у повітрі. Затримка відповіді всього 3 мс.

Характеристики: 12 каналів, безпечне налаштування, телеметрія напруги батареї, RSSI, подвійні/потрійні ставки, налаштування кінцевої точки, індивідуальний перемикач, захист від зворотної полярності, сумісність з кількома батареями, контроль змішування каналів тощо.

Зручний інтерфейс: підтримка основного меню та попереднього меню для різних потреб користувачів. Немає необхідності в налаштуваннях радіо, щоб зв'язати передавач із приймачем.

Адаптується до широкого діапазону літаків: сумісний з приймачем R12DS, R12SM, R9DS, R6DS, R6DSM. 15 моделей зберігання та швидкого перемикання моделей: гелікоптер, квадрокоптер, нерухоме крило, планер, автомобілі, човни.

Нагадування про безпеку: індикатор сили сигналу (RSSI), сповіщення про низьку напругу, безпечний захист. Звуки та слова DD відображаються на 3,5-дюймовому РК-екрані, щоб нагадувати, коли ви перебуваєте в шумному оточенні.



Рисунок 2.2 – Radiolink AT10II [30]

Також є можливість самостійно зробити керування, але для цього потрібно підібрати плату і джойстики, ще нам потрібно щоб система мала екран для того щоб ми могли бачити данні і його розташування на сайті, це можна зробити вмотувавши дисплей і зробити власний екран, але тако можливо додати тримач для телефону або планшета, щоб було зручніше і економніше. Тому карще за все знайти вже готовий варіант але так як ми використовували Arduino як передатчики, то можна використати модуль JOYSTICK SHIELD.

Модуль JOYSTICK SHIELD являє собою плату з джойстиком і 6 кнопками. Даний модуль дозволяє обмінюватися інформацією з персональним комп'ютером за допомогою натискання кнопок і переміщення осі геймпада. Джойстик-шилд для Arduino може мати такий самий функціонал, що і геймпад ігрових приставок. Модуль JOYSTICK SHIELD можна використовувати для управління роботами, сервоприводами та схожими механізмами.

Джойстик модуля складається з кнопок і 2 потенціометрів, які визначають осі X і Y. Вбудована кнопка працює при натисканні на геймпад. Рух ручки змінює опір потенціометров, із-за якого змінюється вихідна напруга. Завдяки пружині в конструкції геймпада, положення джойстика плавно повертається в початкове центральне стан після відпускання її з будь-яких позицій. За допомогою геймпада можна плавно відстежувати відклонення від центральної точки. Також на платі є 6 тактових кнопок, на 4 з яких надіті насадки для зручнішого нажимання на кнопки.

Підключається модуль JOYSTICK SHIELD до платформи Arduino навісним монтажом. На платі є шина для підключення радіомодуля NRF24L01. Також мають роз'єми для підключення графічного ЖК дисплея Nokia 5110 і модуля BlueTooth. До плати модуля можна підключити датчики за допомогою шини I2C.

Живлення подається від плати Arduino або іншого мікроконтроллерного пристрою. На платі є перемичка, яка дозволяє виставити напругу модуля живлення (3,3 В або 5 В).

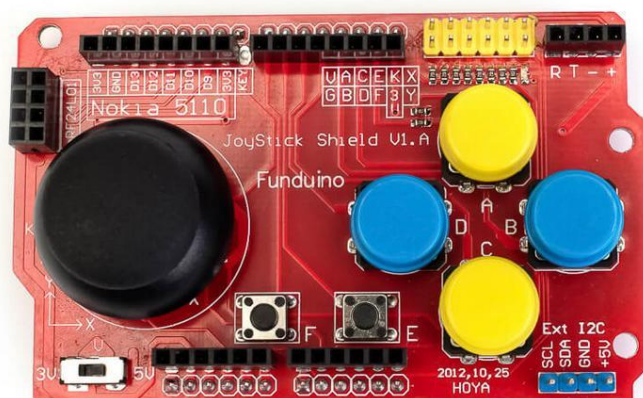


Рисунок 2.2 – Arduino JOYSTICK SHIELD [44]

Це є самий простий варіант реалізації власного контролера, але це не означає що він самий гірший, тому що в цьому варіанті є можливість її модернізувати та оновлювати.

2.2 Розробка БПЛА

Так як нам потрібно розробити систему, тому нам потрібно ще доповнити і додати елементи в пристрій яким ми будемо керувати, тим самим ми зможемо налаштувати його під свої потреби. В результаті огляду інтернет джерел та існуючих рішень реалізації квадрокоптерів була вибрана структурна схема, представлена на рисунку 2.3

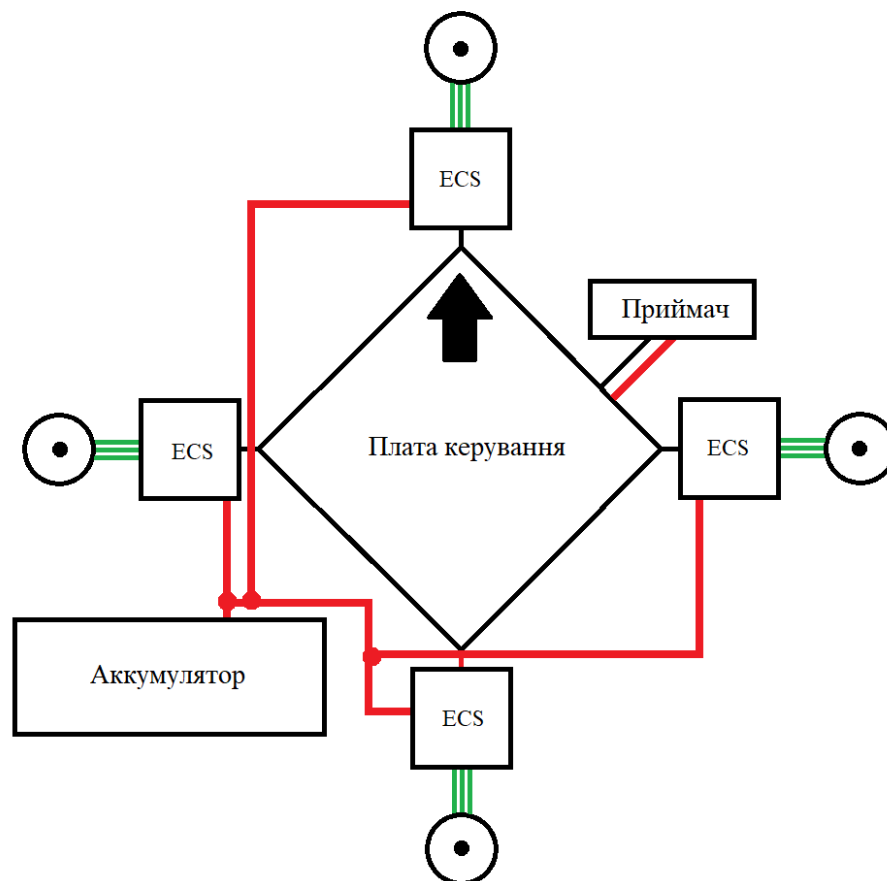


Рисунок 2.3 – Структурна схема квадрокоптера [25]

Структурна схема квадрокоптера включає в себе польотний контролер Omnibus F4 версії 3 (який оснащений мікроконтролером STM32F405), приймач і чотири регулятори швидкості для двигунів і роторів.

Існує дві конфігурації руху роторів для відеорозвідників, і для цього проекту було обрано другу. Половина роторів обертається за годинниковою стрілкою, а інша половина - проти годинникової стрілки, таким чином компенсуючи один одному обертання апарату навколо вертикальної осі. Для здійснення маневрів квадрокоптер змінює швидкість обертання роторів, а самец і команди:

- Щоб злетіти вгору, потрібно пропорційно збільшити швидкість всіх роторів.
- Щоб летіти вниз, потрібно пропорційно зменшити швидкість всіх роторів.
- Щоб обертатися праворуч, потрібно збільшити швидкість роторів, які обертаються проти годинникової стрілки, і зменшити швидкість роторів, які обертаються за годинниковою стрілкою.
- Для повороту вліво потрібно збільшити швидкість роторів, що обертаються за годинниковою стрілкою, і зменшити швидкість роторів, що обертаються проти годинникової стрілки.
- Для нахилу вперед потрібно збільшити швидкість задніх роторів і зменшити швидкість передніх роторів.
- Для нахилу назад потрібно збільшити швидкість передніх роторів і зменшити швидкість задніх.
- Для нахилу вправо потрібно збільшити швидкість роторів, які розташовані ліворуч, і зменшити швидкість роторів, які розташовані праворуч.
- Для нахилу вліво потрібно зменшити швидкість обертання роторів, розташованих зліва, і збільшити швидкість обертання роторів, розташованих справа.

В основі відеорозвідника стоїть Omnibus F4 v3 який базується на мікроконтролері STM32F405. Заснована на ARM Cortex M4, серія мікроконтролерів STM32 F4 є продовженням провідної лінійки STM32, але має ще

вищу продуктивність. Як і серія STM32 F2, ці мікроконтролери виготовляються за 90-нм технологією і використовують запатентований ST Microelectronics ART Accelerator для досягнення найкращих результатів тестування серед мікроконтролерів на базі Cortex-M, досягаючи 225 DMIPS / 606 CoreMark і працюючи з флеш-накопичувачем на частоті 180 МГц. Інструкції DSP і модуль операцій з плаваючою комою дають можливість використовувати ці контролери в широкому спектрі проектів.

Динамічне енергоспоживання дозволяє знизити споживання струму при виконанні коду з флеш-пам'яті до 140 мкА / МГц для STM32F401 (максимальна частота до 84 МГц) і до 238 мкА / МГц для STM32F42x / 43x, що працюють на частоті до 180 МГц. Мікроконтролери серії STM32 F4 - це цифрові контролери сигналів (DSC). Серія складається з п'яти класів продуктів, які повністю сумісні з точки зору виводів, периферійних пристроїв і програмного коду.

STM32F405 / 415 - 168 МГц процесор / 210 DMIPS, до 1 МБ флеш-пам'яті з розширеними можливостями інтерфейсу і шифрування.

Загальні характеристики контролера:

- тактова частота 168 МГц, 210 DMIPS / 1,25 DMIPS / МГц (Dhrystone 2.1);
- підтримка DSP інструкцій;
- нова високопродуктивна шинна матриця АНВ;
- до 1 МБ флеш-пам'яті;
- до 192 + 4 КБ пам'яті SRAM;
- напруга живлення 1.8 ... 3,6 (POR, PDR, PVD і BOR);
- внутрішні RC-генератори на 16МГц та 32кГц (для RTC);
- зовнішнє джерело тактової частоти 4 ... 26МГц і для RTC - 32.768кГц;
- модулі налагодження SWD / JTAG, модуль ETM;
- три 12-розрядних АЦП на 24 вхідних канали (швидкість до 7,2 мегасемплів, датчик температури);
- два 12-розрядних ЦАП;

					КВРІСТ 220167.22.01.04 ПЗ	Арк. 21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 16-потоківий контролер прямого доступу до пам'яті з підтримкою пакетів;
- 17 таймерів (16 і 32 біт)
- два сторожових таймери (WDG та IWDG);
- комунікаційні інтерфейси: I2C, USART (ISO 7816, LIN, IrDA), SPI, I2S;
- CAN (2.0 B Active);
- USB 2.0 FS / HS OTG;
- 10/100 Ethernet MAC (IEEE 1588v2, MII / RMI);
- SDIO контролер (карти SD, SDIO, MMC, CE-ATA);
- інтерфейс цифрової камери (8/10/12/14-розрядні режими);
- FSMC контролер (Compact Flash, SRAM, PSRAM, NOR, NAND і LCD 8080/6800);
- апаратний генератор випадкових чисел;
- апаратне обчислення CRC, 96-бітний унікальний ідентифікатор;
- модуль шифрування AES 128, 192, 256, Triple DES, HASH (MD5, SHA-1), HMAC;
- розширений температурний діапазон -40 ... 105 ° C;
- вбудовані комунікаційні інтерфейси USB (Universal Serial Bus). На борту є два окремих USB-блоки.

USB (універсальна послідовна шина). Пристрій оснащений двома окремими блоками USB. Перший блок це USB OTG full-speed, апаратно реалізований та повністю відповідає стандартам USB 2.0 і OTG 1.0. Максимальна швидкість передачі даних становить 12 Мбіт/с. Цей модуль підтримує роботу в режимах Host, Device і OTG, а також забезпечує використання протоколів SRP (Session Request Protocol) та HNP (Host Negotiation Protocol).

Другий блок - USB OTG high-speed, забезпечує високошвидкісну передачу даних до 480 Мбіт/с у режимах Host, Device і OTG. Для цього використовується спеціальний ULPI-інтерфейс із блоком приймача, який працює на високій швидкості.

					КВРІСТ 220167.22.01.04 ПЗ	Арк. 22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

SPI (послідовний периферійний інтерфейс). У пристрій інтегровані три блоки SPI, кожен із яких може функціонувати як у режимі Master (у тому числі Multimaster), так і в режимі Slave. Передача даних можлива в напівдуплексному, повнодуплексному або симплексному режимах. Для підвищення стійкості каналу зв'язку передбачено апаратний розрахунок CRC (контрольної суми). У режимі передачі (Tx) CRC передається останнім байтом слова, а в режимі прийому забезпечується автоматична перевірка останнього отриманого байта. SPI1 підтримує швидкість передачі до 37,5 Мбіт/с, тоді як інші два блоки обмежені швидкістю 21 Мбіт/с. Дані можна передавати у вигляді 8- або 16-бітових слів із можливістю вибору порядку передачі - від молодших або старших бітів. Передбачена програмна зміна фази й полярності сигналу тактування.

USART (універсальний синхронно-асинхронний приймач-передавач). У мікроконтролер інтегровано чотири блоки USART і два UART (універсальний асинхронний приймач-передавач). Модулі USART1 і USART6 підтримують високошвидкісний обмін даними зі швидкістю до 10,5 Мбіт/с, тоді як інші - до 5,25 Мбіт/с. На нативному рівні передбачена підтримка стандарту NRZ (Non Return to Zero).

Передача здійснюється з використанням 8- або 9-бітових слів, де один або два біти можуть бути виділені як стопові чи біти перевірки парності. USART може працювати в режимі SPI, виступаючи в ролі ведучого пристрою. Завдяки блоку USART дозволяється організувати підключення до інтерфейсу LIN (широко використовуваного в автомобільній промисловості) або налаштувати пристрій для кодування/декодування ІЧ-сигналів за стандартом IrDA. Також є підтримка управління модемами через лінії RTS і CTS та робота зі смарт-картками.

У цьому проєкті використовується польотний контролер Omnibus F4 V3, що став логічним продовженням Omnibus F3 Pro, який зарекомендував себе як стандарт для багатьох інших контролерів. Контролер оснащено процесором STM32 F405, вбудованим екраном Betaflight OSD, модулем MicroSD для запису даних польоту (чорний ящик), стабільним живленням 5V 3A SBEC, відеофільтром і

					КВРІСТ 220167.22.01.04 ПЗ	Арк. 23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

датчиком струму. Інновації в програмному забезпеченні дозволяють підключати VGA-сумісний Smart Audio, наприклад TBS Unify Pro 5G8 HV чи його змагальну версію Race Edition, до роз'єму J10, використовуючи спеціальний інтерфейс Smartaudio Omnibus. Це дає змогу змінювати налаштування відеопередавача (VTX) прямо під час польоту через екранне меню Betaflight.

Ключові особливості:

- Усі Omnibus F4 32K створені на основі популярного дизайну Omnibus F3.
- SD кардрідер забезпечує простий запис даних польоту, функція чорного ящика інтуїтивно зрозуміла для користувача.
- Постійне стабільне живлення на 5V 3A для надійної роботи.
- Процесор STM32 F405 MCU забезпечує високу продуктивність за складних умов.
- Вбудований датчик для вимірювання струму та напруги.
- Барометр BMP280 для забезпечення точності польотних даних.
- OSD легко налаштовується за допомогою Betaflight Configurator.
- Підтримка сучасного стандарту SmartAudio V2.
- Інтегрований відеофільтр для покращеної стабільності зображення.

Технічні характеристики:

- Процесор: STM32 F405.
- Гіроскоп: SPI-сенсор MPU6000.
- Барометр: BMP280.
- Датчик струму і напруги: 0m50 (розрахований на струм до 200А).
- Розміри: 36 x 36 мм.

Це виділяє його від всіх інших польотних контроллерів і дає змогу працювати з ним в подальшому в проекті.

					КВРІСТ 220167.22.01.04 ПЗ	Арк. 24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

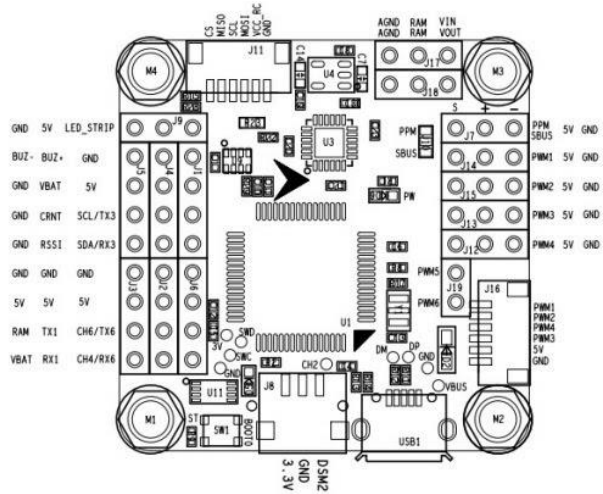
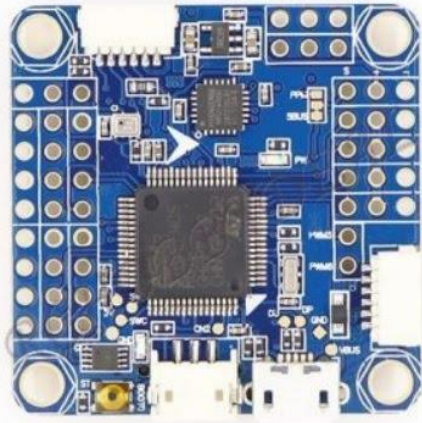


Рисунок 2.4 – Польотний контролер Omnibus F4 V3 [41]

2.3 Підключення датчиків та моторів

Для збирання польотного контролера слід виконати інтеграцію компонентів, таких як плата Omnibus F4 V3, тривісний компас GY-273 і GPS-приймач u-blox NEO-6M. Враховуючи, що гіроскоп, акселерометр і барометр уже вбудовані в нашу плату контролера, додаткові модулі не потрібні.

Схема підключення компаса, GPS-приймача, моторів, а також приймача управління за протоколом PPW наведена на рисунку 2.5. Компас слід встановлювати над площиною обертання пропелерів на висоті не менше 15 см, щоб зменшити вплив перешкод від роботи моторів. Радіоуправління також можна підключити через шину SBUS, проте це вимагатиме використання додаткового порту UART на мікроконтролері. Варто зазначити, що для вибору між PPW і SBUS необхідно встановити відповідну перемичку, яка розташована у верхньому правому куті контролера.

Особливу увагу слід звернути на розділення джерел живлення компаса та GPS-приймача. Об'єднання живлення може спричинити збої в роботі компаса, зависання та помилки на шині I2C. Компас HMC5883L необхідно підключати виключно до шини I2C.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

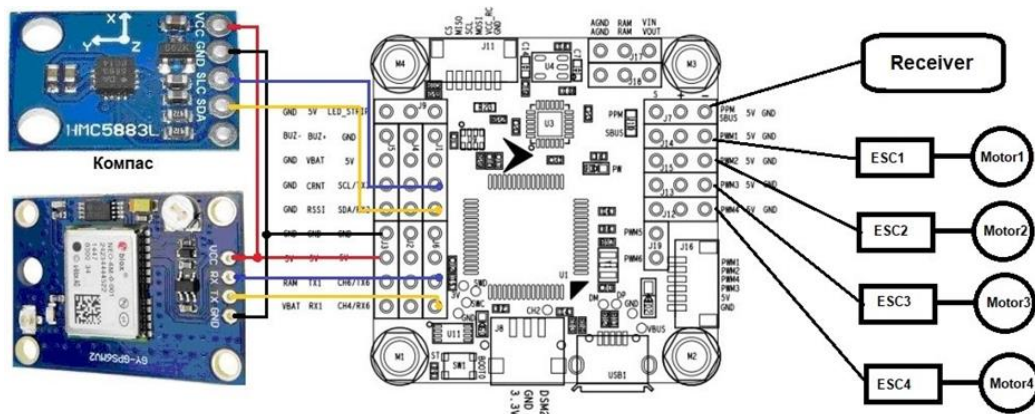


Рисунок 2.5 – Схема підключення до польотного контролера [17]

Мотори підключаються до польотного контролера через регулятори ESC (Electronic Speed Controller). У цих регуляторах передбачені стабілізатори напруги на 5 В, які використовуються для живлення польотного контролера та приймача.

На рисунку 2.6 представлена схема підключення одного з роторів до польотного контролера.

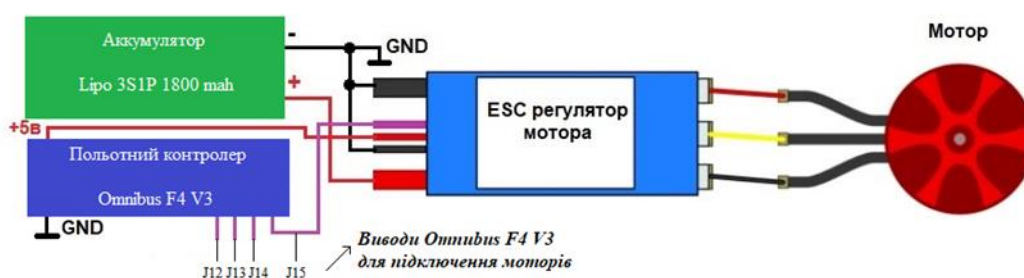


Рисунок 2.6 – Підключення одного з моторів до польотного контролера [16]

Мотори M1, M2, M3 та M4 з'єднуються з виходами J12, J13, J14 та J15 відповідно. У цьому проєкті використовуються безколекторні мотори A2212/1000 KV із регуляторами ESC на прошивці Simonk потужністю 30А. Мотори кріпляться до рейок за допомогою нейлонових стяжок і хомутів, а пропелери мають розмір 10x45 дюймів.

Відмічено, що регулятори аналогів-моделей Readytosky ESC-30A та Hobbypower ESC-30A демонструють зриви синхронізації при низьких оборотах. Це може призвести до аварії при різкому зниженні швидкості роботи коптера. Крім

того, ці аналоги ненадійні за температур нижче +15 °C та можуть скидати налаштування після перепрограмування через пульт БЛА. У цьому проєкті використовується прошивка Simonk для регуляторів, яка усуває зазначені недоліки. Однак для аналогових моделей потрібне оновлення прошивки.

На рисунку також показано мікроконтролер регулятора ESC із виділеними червоним пінами для підключення програматора. Для налаштування використовуються контакти Reset, MISO, MOSI, SCK та GND.

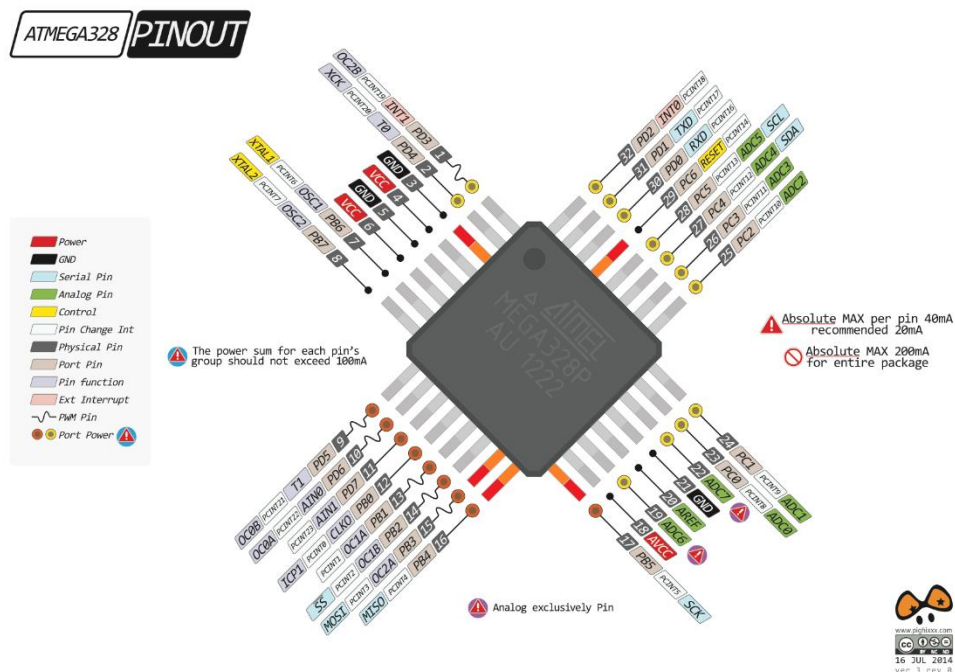


Рисунок 2.7 – Виводи контролера ATMEGA328[47]

Розташування моторів на квадрокоптері, їх нумерація, та напрямок показані на рисунку 2.8. На ньому ми бачимо в які сторони повинні крутитись лопасті для того щоб тримати відеорозвідник в стабільному положенні, можна додати ще кількість лопастей, але це не сильно вплине на їх рух, але додати стабільність у повітрі.

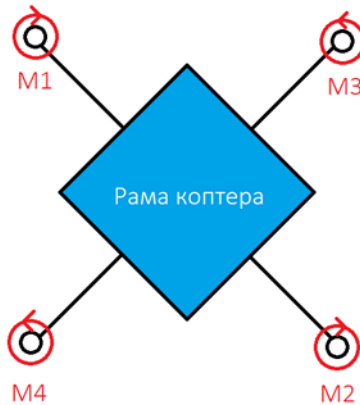


Рисунок 2.8 – Нумерація моторів на квадрокоптері[18]

2.4 Принцип роботи акселерометра та гіроскопа

Квадрокоптери є аеродинамічно нестабільними й потребують постійної стабілізації під час польоту. Людина фізично не може синхронно та з належною точністю контролювати обертання трьох чи більше двигунів, щоб забезпечити баланс безпілотного літального апарата в повітрі. Розвиток швидкодіючих мікроконтролерів та інтегральних сенсорів прискорення і кутової швидкості на основі мікроелектромеханічних систем (МЕМС) дозволив вирішити цю проблему. Це, своєю чергою, стимулювало створення високопродуктивних польотних контролерів (автопілотів), алгоритми яких відкривають нові горизонти для управління польотом.

Польотний контролер – це електронний пристрій, який виконує роль обчислювальної системи, працюючи за складними алгоритмами для управління польотом безпілотника. Його функції можуть бути розширені завдяки додатковій периферії, встановленій на дрон (GPS, модеми, OSD, стабілізатори для камер, датчики струму і напруги, системи пошуку тощо).

Основні завдання польотного контролера є стабілізація польоту, автоматичне утримання заданої висоти, автономний політ, штучний зір і передача даних на приймач або контроллер. Далі ми розглянемо їх детальніше.

Стабілізація в повітрі.

Контролер збирає й обробляє дані з інерціального вимірювального блоку (IMU), сенсорів прискорення та кутової швидкості, що дозволяє підтримувати аеродинамічну стійкість у горизонтальній площині. Деякі IMU додатково обладнані магнітометрами, що допомагають стабілізувати орієнтацію апарата відносно магнітного меридіана та утримувати заданий напрямок.

Автоматичне утримання висоти.

Обробка інформації з барометричних датчиків, ультразвукових або інфрачервоних сенсорів, а також радіотехнічних висотомірів дозволяє точно визначати висоту та стабілізувати дрон у вертикальній площині. Завдяки GPS або ГЛОНАСС можливо утримувати положення квадрокоптера на встановленій висоті й у заданій точці.

Автономний політ.

Контролер здатен виконувати запрограмований маршрут, створений у спеціальному програмному забезпеченні. Він може дотримуватися заданих телеметричних даних оператором і автоматично повертатися в точку старту через GPS або ГЛОНАСС.

Технічне (штучне) зір.

Ця система дозволяє виявляти перешкоди й уникати їх завдяки сенсорам, які визначають відстань до об'єктів. Якщо дрон оснащений такою системою, польотний контролер має мати високу обчислювальну потужність для обробки даних у реальному часі. Склад технології може варіюватися залежно від типу і кількості сенсорів. До них належать: стереоскопічні камери, інфрачервоні або ультразвукові далекоміри, 2D- та 3D-лідари (наприклад, Flash-LiDAR Time-of-Flight). Разом із алгоритмами SLAM (одночасна навігація і побудова карти) такі

					КВРІСТ 220167.22.01.04 ПЗ	Арк. 29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

системи можуть створювати 3D-модель довколишнього простору та прокладати в ній безпечні маршрути.

Передача телеметричних даних на землю.

Контролер збирає дані з різноманітних внутрішніх датчиків (барометр, акселерометр, магнітометр) та зовнішніх джерел (GPS/ГЛОНАСС, датчики струму, напруги, температури) і передає їх у вигляді потоку на модуль OSD (On-Screen Data). Ці дані відображаються на дисплеї або FPV-окулярах оператора. Також телеметрія може пересилатися безпосередньо через радіомодем

2.5 Вибір елементної бази

Платформа Arduino Uno, заснована на мікроконтролері ATmega328, представляє собою універсальне рішення для розробки електронних систем. Вона оснащена 14 цифровими портами вхід/вихід, з яких 6 можуть функціонувати як ШІМ-виходи, а також має 6 аналогових входів. Система підтримується кварцовим генератором на 16 МГц, має USB-роз'єм, силовий роз'єм, порт ICSP та кнопку перезавантаження. Щоб активувати пристрій, його слід підключити до комп'ютера за допомогою USB-кабелю або подати живлення через адаптер змінного напруги або батарею.

Відмінністю сучасної моделі Arduino Uno є заміна традиційного FTDI USB-мікроконтролера на новіший ATmega8U2, що забезпечує оптимізоване з'єднання по USB. Виробництво цих мікроконтролерів базується на технології незалежної пам'яті великої ємності, розробленої компанією Atmel. Вбудована флеш-пам'ять ISP може перепрограмуватися безпосередньо в схемі через послідовний SPI-інтерфейс за допомогою стандартного програматора неспоживчої пам'яті або самостійно виконуваною програмою в секторі початкового завантаження ядра AVR. Така самопрограмування надає можливість використовувати будь-який інтерфейс для запису програм, навіть коли оновлення флеш-пам'яті програми ще триває, дозволяючи здійснювати читання під час запису.

					КВРІСТ 220167.22.01.04 ПЗ	Арк. 30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Поєднання 8-розрядного RISC процесора з внутрішньосхемною самопрограмовуваною флеш-пам'яттю в єдиному кристалі дозволило ATmega2560 стати високопродуктивним мікроконтролером, забезпечуючи універсальність та низьку собівартість виробу, що робить його ідеальним вибором для створення вбудованих систем управління. Цей мікроконтролер також застосовується у платформі Arduino Nano.

2.6 Вибір пристрою для виміру відстані та GPS модуль

Для належного функціонування квадрокоптера та точного визначення перешкод перед ним, необхідно оснастити його дальноміром. Розглянемо кілька основних типів далекомірів, які можуть відповідати цій задачі.

Лазерний далекомір працює за принципом відбиття лазерного променя, що гарантує високу точність визначення відстані до об'єкта. Лазерні далекоміри представлені в багатьох варіантах, залежно від потреб користувача: компактні моделі для коротких дистанцій або більш потужні, наприклад далекомірні телескопи.

У разі ультразвукового далекоміра вимір відстані відбувається шляхом передачі ультразвукових хвиль, що розраховують дистанцію до об'єкта на основі часу відбиття сигналу. Проте цей тип менш надійний у порівнянні з лазерними аналогами, оскільки ультразвук чутливий до впливу навколишнього середовища, а дальність і точність вимірювань залишаються обмеженими. Однак такі далекоміри є доступними за ціною і підходять для коротких відстаней.

Інфрачервоний далекомір використовує інфрачервоне випромінювання, яке передається на значну дистанцію без поширення. Проте, через особливості заломлення світла, дальність ефективного використання цього виду зазвичай обмежена, що робить його більш придатним для роботи на коротких дистанціях. Інфрачервоні далекоміри відрізняються простотою конструкції, безпечністю та низькою вартістю.

					КВРІСТ 220167.22.01.04 ПЗ	Арк. 31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кожен із перелічених типів має свої переваги та може ефективно виконувати певні завдання. Вибір оптимального далекоміра залежить від конкретних вимог. Важливо пам'ятати, що хоч більш дорогі пристрої можуть забезпечити покращену якість та функціональність, все ж вони мають відповідати виключно вашим потребам.

Комплексний аналіз конструкції далекомірів демонструє їхню технологічну складність, а саме те що пристрій містить мікросхеми, друковані плати та чимало компонентів, розроблених спеціально для таких виробів. Це значно ускладнює спроби самостійного складання, адже більшість частин недоступна у відкритому продажу.

Що стосується лазерних модулів, деякі з них доступні на ринку, але мають обмеження в характеристиках. Наприклад, модуль "СJMCU-530", поширений у робототехніці, побутових приладах і системах автофокусування камер, дозволяє вимірювати дистанцію до 2 метрів. Утім, після 1.3 метра точність помітно знижується, а похибка при оптимальних умовах складає $\pm 1-3$ мм. Через це модуль не зовсім підходить для будівельних робіт і частіше застосовується для побутової автоматизації такі як контролю рівня води в ємностях, автоматичного відкриття дверей, роботи лазерної сигналізації тощо.

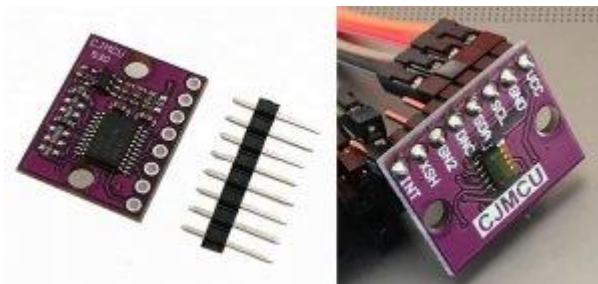


Рисунок 2.9 – Плата далекоміра[31]

Вибір дальноміра має базуватися на завданнях, які ви ставите перед пристроєм, а також на ваших фінансових можливостях і технічних потребах.

Модель функціонує виключно разом із апаратною платформою, такою як Arduino Uno, при живленні напругою 3.3 вольт. Спершу потрібно приєднати до

модуля комплектні штирі шляхом пайки та підключити його до плати Arduino за допомогою кабелів DuPont, дотримуючись вказаної схеми.

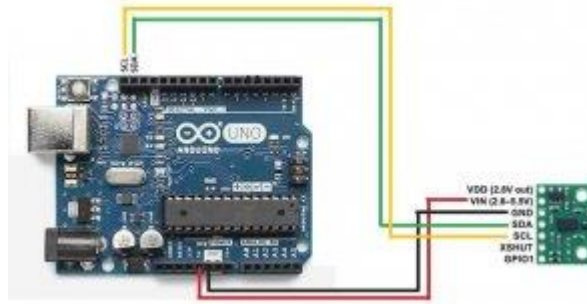


Рисунок 2.10 – Підключення далекоміра з Arduino UNO[33]

Після завершення підключення контактів необхідно встановити офіційне програмне забезпечення Arduino та з'єднати платформу з комп'ютером через micro-USB. У текстовий редактор програми вставляється наведений нижче код, після чого натискається кнопка завантаження. Після передачі даних на моніторі відобразиться вікно з числовими показниками, які вказують відстань від датчика до найближчої поверхні, на яку він спрямований.

Для визначення координат місцезнаходження квадрокоптера можна скористатися GPS-модулем. Модуль GPS NEO-6M здатен одночасно відстежувати до 22 супутників і забезпечувати визначення координат у будь-якій точці земної кулі. Завдяки своїй універсальності, він є чудовим вибором для початкового ознайомлення з технологіями супутникової навігації та може слугувати відправною точкою для новачків у цій галузі.

До ключових переваг модуля належать низьке енергоспоживання, що робить його придатним для використання у пристроях на батарейному живленні, доступність за ціною, простота інтеграції, а також висока популярність серед ентузіастів аматорської електроніки.

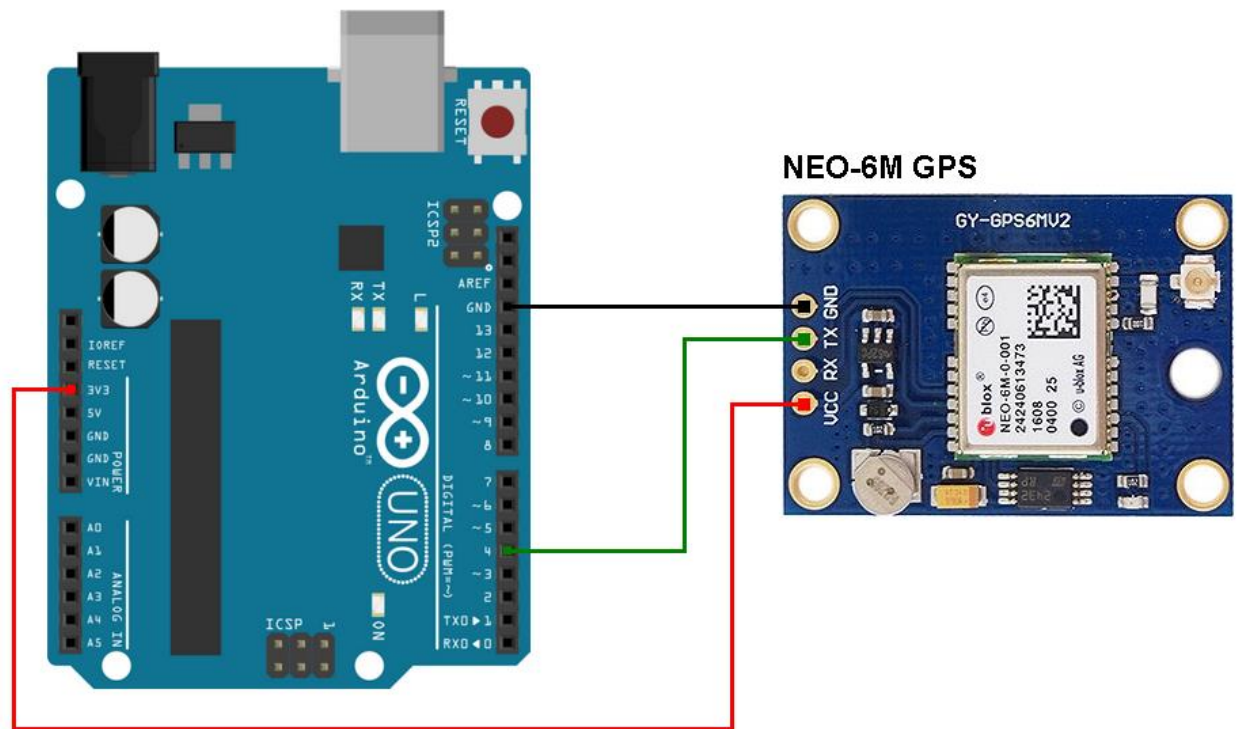


Рисунок 2.11 – Підключення модуля з Arduino UNO[31]

Звертаємо увагу, що під час реалізації схеми необхідно врахувати потенційні обмеження, пов'язані з використанням інформаційних виходів плати Arduino. Деякі з них можуть бути вже задіяні іншими функціональними компонентами, встановленими на відеорозвіднику.

2.7 Принцип роботи далекоміра

Радарний далекомір Ainstein US-D1 являє собою компактний мікрохвильовий далекомір, спеціально оптимізований для використання у безпілотних літальних апаратах (БПЛА). Завдяки діапазону дії близько 40 метрів, цей пристрій є надзвичайно корисним у різноманітних сферах, включаючи моніторинг місцевості, забезпечення точної стабілізації апарата під час зависання (наприклад, для виконання фотографічних завдань), уникнення зіткнень та інші подібні задачі. Однією з основних переваг моделі US-D1 є її здатність ефективно функціонувати за будь-яких погодних умов і над різними типами поверхонь, зокрема над водними.



Рисунок 2.12 – Далекомір Ainstein US-D1[30]

Варто зауважити, що далекомір Ainstein US-D1 не передбачає автоматичної інтеграції із більшістю стандартних мікропрограм. Іншими словами, його налаштування неможливо виконати шляхом простого встановлення параметрів через QGroundControl, що є можливим для деяких інших моделей дальномірів. Для активації US-D1 необхідно вручну додати відповідний драйвер до мікропрограми та внести зміни у файл конфігурації, щоб забезпечити його запуск під час завантаження системи. Далекомір US-D1 сумісний з будь-яким обладнанням, яке функціонує під управлінням операційної системи NuttX або Posix і має можливість надати послідовний порт для взаємодії. Зазвичай це охоплює більшість контролерів серії Pixhawk. Для підключення пристрою можна використовувати будь-який вільний послідовний порт (UART), серед яких найчастіше застосовуються TELEM2, TELEM3, GPS2 тощо.

При підключенні необхідно налаштувати послідовний порт, на якому функціонуватиме далекомір, використовуючи параметр SENS_ULAND_CFG. Установлення швидкості передачі порту є непотрібним, оскільки цей параметр автоматично конфігурується драйвером під час роботи.

Далекомір функціонує на основі технології міліметровохвильової радіолокації з частотно-модульованою неперервною хвилею (FMCW). Суть цього принципу полягає в постійному випромінюванні електромагнітної хвилі в міліметровому діапазоні з плавною зміною частоти у заданих межах. Випромінюваний сигнал, відбившись від об'єкта або поверхні, повертається до приймача, де реєструється. Порівнюючи частоту переданого і прийнятого сигналу, прилад визначає час затримки хвилі, що дозволяє точно виміряти відстань до цілі. Ця методика забезпечує високу точність вимірювання навіть при безперервній роботі системи.

Здатність Ainstein US-D1 точно взаємодіяти з рельєфом місцевості дозволяє визначати відстань до складних та нерівних поверхонь навіть за несприятливих умов. Наприклад, на схилах чи в ярах сигнал відбивається під різними кутами, що може змінювати інтенсивність та форму відбиття. Втім, завдяки адаптивним алгоритмам обробки сигналу пристрій зберігає точність вимірювань. Якщо у полі дії далекоміра трапляються напівпрозорі матеріали, такі як сніг чи густий рослинний покрив, сигнал частково проникає крізь ці шари. У таких випадках пристрій здатний оцінити верхню межу або середню глибину проникнення в залежності від характеристик відбитого сигналу.

У ситуаціях, коли дрон із встановленим US-D1 пролітає над мінливим ландшафтом, сенсор безперервно відслідковує зміни висоти. Наприклад, над горбистою місцевістю сигнал повертається швидше, вказуючи на меншу відстань, а над ярами повільніше, свідчачи про більшу висоту. Використовуючи ці дані, пристрій може не лише картографувати рельєф місцевості, але й аналізувати висоту рослинного покриву або створювати цифрову модель висоти (DEM). Завдяки високій точності сенсор інтегрується в системи стабілізації польотів дрона, що забезпечує сталість висоти над поверхнею, це особливо актуально для сільського господарства чи топографічної зйомки.

					КВРІСТ 220167.22.01.04 ПЗ	Арк. 36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

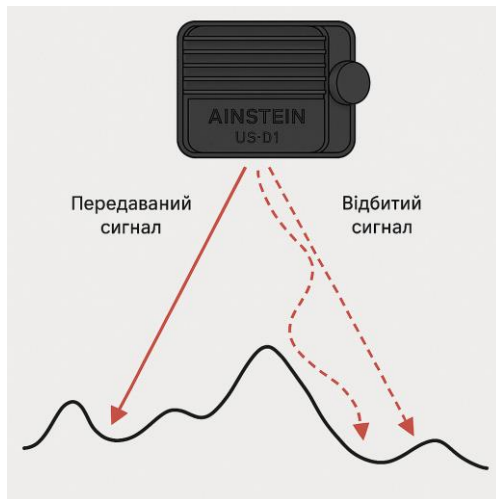


Рисунок 2.13 – Принцип роботи далекоміра Ainstein US-D1

Таблиця 2.1 – Характеристики Ainstein US-D1

Параметр	Значення
Тип сенсора	FMCW міліметровий радар
Частотний діапазон	60–64 ГГц
Дальність вимірювання	До 50 метрів
Точність	±2 см
Кут огляду	Вузкий або широкий (залежно від моделі)
Стійкість до погодних умов	Висока
Інтерфейси	CAN, UART, I ² C
Температурний діапазон	–40°C до +85°C
Частота оновлення даних	До 50 Гц
Тип вихідного сигналу	Дискретні дані про дальність або профіль

На відміну від лазерних чи ультразвукових далекомірів, радарний сенсор US-D1 демонструє стабільну роботу незалежно від погодних умов. Туман, пил, дощ або сніг не впливають на його ефективність, і він не потребує прямої лінії видимості до об'єкта. Це значно розширює спектр його застосування: пристрій

може використовуватися як у наземних автономних роботах, так і у відеорозвідниках, що працюють у змінному навколишньому середовищі.

2.8 Висновки до другого розділу

У другому розділі ми розглянули детальніше готові варіанти контролерів та їх адаптацію в системи, також було показано простіша реалізація з урахуванням доповнення та модифікації системи. Також була розроблена система самого відеорозвідника і детально визначено для чого потрібна ця система і як вона буде взаємодіяти з ним. Ще було детальніше розглянута система роботи далекомірів так GPS модулів.

					КВРІСТ 220167.22.01.04 ПЗ	Арк. 38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ ВЕБОРІЄНТОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВІДЕОРОЗВІДНИКОМ З УРАХУВАННЯМ РЕЛЬЄФУ МІСЦЕВОСТІ

3.1 Опис модулів та пунктів реалізації системи

У структурі веборієнтованої системи управління відеорозвідником розрізняють кілька ключових, тісно взаємопов'язаних підсистем: підсистема збору й обробки просторових даних, комунікаційна підсистема, модуль керування рухом, систему передачі відео та інтегровану вебінтерфейсну платформу. Кожна з цих підсистем виконує унікальні завдання, спрямовані на забезпечення стабільної, точної та ефективної роботи системи навіть в умовах складного рельєфу.

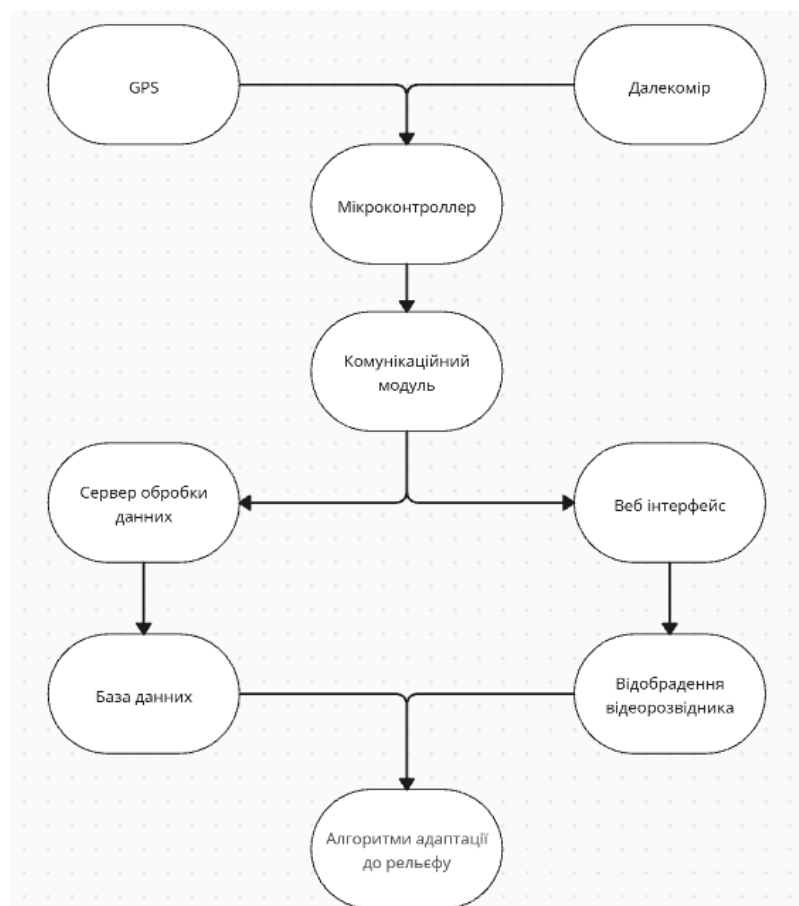


Рисунок 3.1 – Архітектура веборієнтованої системи керування відеорозвідником

Підсистема збору просторових координат працює на базі GPS-модуля NEO-6M, який забезпечує безперервне відстеження географічних координат, включаючи широту, довготу та висоту. Отримані дані передаються до центрального мікроконтролера для первинної обробки та синхронізації з іншими сенсорами. Окрім цього, в системі діє далекомір Ainstein US-D1, який аналізує відстань до поверхні в реальному часі для точного вимірювання висоти над рельєфом незалежно від GPS-координат. Такий підхід дозволяє враховувати локальні особливості рельєфу, такі як пагорби, западини чи високі споруди, що забезпечує більш точне визначення висоти відеорозвідника над землею.

Задіяні дані обробляються бортовою системою через алгоритми цифрової фільтрації та згладжування, які коригують висотну складову геопросторових координат. Потім система передає опрацьовану інформацію на серверну частину через комунікаційну мережу. Залежно від експлуатаційних умов ця передача може здійснюватися за допомогою GSM/4G-модулів або через локальні Wi-Fi-мережі.

На стороні сервера відбувається збір, зберігання та візуалізація даних. Оператор отримує можливість у режимі реального часу контролювати положення відеорозвідника на карті з урахуванням рельєфу місцевості. Дані технічних вимірювань перетинаються з картографічними сервісами, такими як OpenStreetMap чи Google Maps API, що забезпечує тривимірне моделювання руху пристрою з деталізованим відображенням його висоти над землею.

Центральна вебплатформа відіграє ще й аналітичну та керуючу роль. Її можливості включають моніторинг стану розвідника та дистанційне керування ним. Оператор може змінювати маршрут, налаштовувати швидкість руху чи задавати нові точки інтересу, враховуючи складні або небезпечні ділянки рельєфу. Всі команди передаються в асинхронному режимі з використанням протоколів MQTT або WebSocket, що дозволяє забезпечити мінімальні затримки в передачі даних і високий рівень надійності системи.

					КВРІСТ 220167.22.01.04 ПЗ	Арк. 40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 – Характеристики Ainstein US-D1

Функція системи	Компонент	Технологічна реалізація
Отримання геолокаційних даних	GPS-модуль	NEO-6M, NMEA-поток
Вимірювання висоти рельєфу	Далекомір	Ainstein US-D1, ультразвукове сканування
Первинна обробка і фільтрація даних	Мікроконтролер	Калман-фільтр, усереднення
Передача даних на сервер	Комунікаційний модуль	GSM/4G або Wi-Fi
Збереження і агрегація	Сервер бази даних	PostgreSQL або NoSQL-рішення
Візуалізація рельєфу і позиції	Вебінтерфейс	WebGL, JavaScript, OpenLayers/Leaflet
Віддалене керування	Система обробки команд	MQTT, REST API, WebSocket

Система створює комплексну інфраструктуру для збору, аналізу, візуалізації та управління, адаптовану до реальних змін ландшафту. Завдяки врахуванню топографічних особливостей, значно покращується точність орієнтації та безпечність виконання завдань відеорозвідником, особливо в складних природних умовах або на урбанізованих територіях.

3.2 Налаштування сервера

Розробка вебсервера для веборієнтованої системи керування відеорозвідником є ключовим етапом, що забезпечує інтеграцію всіх підсистем в одну уніфіковану архітектурну модель. Ця модель повинна підтримувати обробку

телеметричних даних у режимі реального часу, їх передавання до фронтенду та збереження у базі даних. Основними завданнями такого вебсервера є прийом і обробка даних із польового пристрою (через REST, WebSocket або MQTT), їхнє збереження у базі, а також обробка запитів користувачів для відображення інформації на інтерактивній мапі.

Вибір технологічного стеку та мови програмування визначається потребами проекту щодо масштабованості та продуктивності. Доцільним є використання мови Python разом із фреймворком FastAPI, який надає інструменти для асинхронної роботи, підтримує RESTful архітектуру та легко інтегрується з WebSocket. Завдяки цьому фреймворку можливо швидко створювати структуровані API, здатні ефективно працювати з телеметричними потоками та здійснювати запити до бази даних.

Процес розгортання вебсервера починається із створення застосунку, де визначаються основні точки доступу, наприклад, коренева (/) і маршрути для прийому даних (/data/receive) чи отримання інформації (/data/query). Реалізація зв'язку з клієнтом у режимі реального часу здійснюється за допомогою WebSocket, що дозволяє миттєво передавати оновлені GPS-дані й оновлювати карту користувача без перезавантаження сторінки.

Дані, які надходять від відеорозвідника, передаються до вебсервера у вигляді MQTT-повідомлень. Сервер приймає ці повідомлення, декодує їх і перевіряє на відповідність встановленим форматам. Далі виконується необхідна обробка: перетворення координатних значень, перевірка часових міток і нормалізація висоти польоту з урахуванням рельєфу місцевості. Усі ці операції централізовано виконуються в окремому модулі обробки даних, який імпортується як частина структури вебсервера.

Оброблені дані зберігаються у реляційній базі даних, такій як PostgreSQL із активованим розширенням PostGIS для підтримки роботи з просторовими об'єктами. Кожна точка траєкторії характеризується унікальним ідентифікатором та містить інформацію не лише про географічні координати, але й про такі

додаткові параметри, як кут нахилу, швидкість руху, висота над рельєфом, а також метадані щодо часу і стану зв'язку. Ці структуровані дані є основою як для візуалізації у вебінтерфейсі, так і для проведення подальшого аналітичного аналізу.



Рисунок 3.1 – Потік обробки даних на сервері

У ролі системи керування базами даних виступає PostgreSQL, яка гарантує надійне збереження та управління інформацією. Дані передаються через REST API або MQTT-протокол за допомогою шлюзу, інтегрованого у вебсервер. Після цього

функціонал бекенду доповнюється фоновими сервісами, що забезпечують обробку отриманих даних.

Таблиця 3.2 – Схема логічної структури сервера

Компонент	Функціональне призначення
app.py	Ініціалізація FastAPI, визначення маршрутів для прийому/відправлення даних
processing.py	Обробка GPS/висотних даних, фільтрація, побудова об'єктів для бази даних
database.py	Підключення до PostgreSQL/PostGIS, операції CRUD
websocket_handler.py	Логіка взаємодії з фронтендом у реальному часі через WebSocket
models.py	Визначення схем даних, які приймаються та зберігаються, використання Pydantic-моделей

При отриманні нових координат вебсервер запускає обробник, який генерує об'єкт на основі Python-класу з відповідними властивостями. Ці властивості включають широту, довготу, GPS-висоту, висоту над рельєфом, час фіксації, швидкість та статус підключення. Отримані дані потім передаються до функції, що відповідає за запис у базу даних. Якщо використовується PostGIS, координати перетворюються у формат POINT(lon lat), що дозволяє виконувати подальший просторовий аналіз.

Оброблені дані в режимі реального часу передаються на фронтенд. Комунікація з клієнтами відбувається через WebSocket /ws/live-data. Кожен новий підключений користувач отримує потік оновлень, які відображають актуальне

місцезнаходження об'єкта спостереження. Ця інформація використовується для побудови траєкторії польоту на карті, візуалізації змін висоти над рельєфом та інших параметрів польоту.

Окрему увагу слід приділити забезпеченню відповідних системних компонентів логування подій, автентифікації доступу (наприклад, через JWT-токени) та модулів тестування. Це гарантує стабільність і безпеку функціонування системи навіть у складних умовах експлуатації.

Таким чином, вебсервер виконує роль інтеграційного ядра всієї системи, об'єднуючи потоки даних з польового рівня, забезпечуючи оперативну обробку отриманої інформації та надаючи її у зручному вигляді для операторів. Архітектура сервера повинна враховувати ключові вимоги до відмовостійкості, можливості масштабування та додавання нових функцій, що є невід'ємною частиною сучасних підходів до розробки систем критичного значення.

3.3 База даних

Для організації зберігання та обробки великих обсягів просторових і часових даних, база даних повинна мати можливість ефективно приймати дані, обробляти запити з мінімальною затримкою та підтримувати геопросторову аналітику. Найкращим рішенням для виконання таких завдань є реляційна система управління базами даних PostgreSQL у поєднанні з розширенням PostGIS, що забезпечує роботу з географічними координатами та виконання операцій над ними.

Проектування структури бази даних виконується відповідно до третьої нормальної форми. Це дає змогу уникнути зайвого дублювання даних і зберегти логічну зв'язність між сутностями системи. Основна таблиця, `telemetry_data`, побудована таким чином, щоб містити ключові характеристики телеметричних даних: GPS-координати, висоту над рівнем моря, відстань до рельєфу місцевості, швидкість, часову позначку, а також автоматично створюваний первинний ключ.

Нижче подано структуру основної таблиці бази даних:

					КВРІСТ 220167.22.01.04 ПЗ	Арк. 45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.3 – Структура таблиці бази даних

Поле	Тип даних	Опис
id	SERIAL	Первинний ключ, унікальний ідентифікатор запису
position	GEOGRAPHY(Point)	Географічна точка з координатами довготи та широти
gps_altitude	DOUBLE PRECISION	Висота за GPS над рівнем моря
ground_clearance	DOUBLE PRECISION	Відстань до рельєфу (виміряна далекоміром)
velocity	DOUBLE PRECISION	Швидкість об'єкта на момент вимірювання
timestamp	TIMESTAMP	Час фіксації координати
source_device	TEXT	Ідентифікатор пристрою-джерела (опційно для мультидоступу)
position	GEOGRAPHY(Point)	Географічна точка з координатами довготи та широти

Завдяки використанню типу GEOGRAPHY(Point) у полі position, база даних забезпечує можливість виконання запитів, що враховують відстані, межі областей, аналіз траєкторій руху та просторове групування. Такий підхід є особливо ефективним для задач інтерактивного планування польотних маршрутів із врахуванням рельєфу місцевості, визначення критичних зон і відображення картографічної інформації.

Для візуального подання структури такої бази даних можна створити концептуальну модель у форматі спрощеної ER-діаграми.

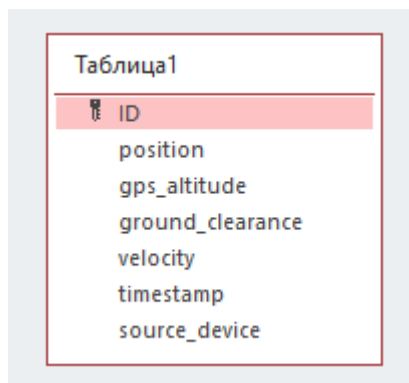


Рисунок 3.2 – Спрощена ER-діаграма бази даних

Таблиця 3.4 – Данні з бази даних

i	position (lat, lon)	gps_altitude	ground_clearance	velocity	timestamp	source_device
1	POINT(30.5234 50.4501)	125.3	22.7	5.2	2025-05-27 14:31:10	drone_001
2	POINT(30.5236 50.4503)	126.1	22.1	5.8	2025-05-27 14:31:12	drone_001
3	POINT(30.5239 50.4506)	127.5	21.5	6.1	2025-05-27 14:31:15	drone_001
4	POINT(30.5243 50.4508)	129.0	20.2	6.3	2025-05-27 14:31:18	drone_001
5	POINT(30.5246 50.4510)	130.4	19.6	6.0	2025-05-27 14:31:21	drone_001

3.4 Веб інтерфейс

Вебінтерфейс для системи управління відеорозвідником, розроблений із застосуванням HTML, CSS та JavaScript. Він повинен забезпечувати інтерактивне відображення телеметричних даних у реальному часі. Серед ключових параметрів, що відображаються, виділяються координати об'єкта, показники польотних характеристик, рельєф місцевості та динаміка змін просторових параметрів у часовому вимірі. Архітектура інтерфейсу базується на принципах односторінкового застосунку (SPA), який підтримує інтеграцію з серверною частиною за допомогою REST API або WebSocket, що є доцільним у випадках, коли потребується мінімізація затримок у передачі даних. Для цього використовуються асинхронні запити з метою динамічного оновлення контенту без необхідності перезавантаження сторінки.

Центральною компонентою клієнтського модуля є інтерактивна карта, створена із застосуванням бібліотеки Leaflet або інших подібних інструментів візуалізації, таких як OpenLayers. Карта реалізує підтримку координатної системи WGS 84 і дозволяє відображати на ній позицію відеорозвідника у вигляді маркера. Дані для позиціонування маркера динамічно оновлюються на основі найактуальнішої інформації, отриманої через API-запити до серверної бази даних.

Структура вебсторінки в HTML включає кілька функціональних блоків. Основний контейнер призначений для демонстрації інтерактивної карти. Додатково передбачені панель навігації, яка містить логотип та назву проєкту, інформаційна панель для текстового виведення телеметричних даних і секції для графічного представлення параметрів. Графіки й діаграми рекомендується формувати з використанням таких бібліотек, як Chart.js. Візуальні елементи стилізуються за допомогою CSS з ключовим акцентом на забезпечення високої контрастності й зручності використання в умовах виконання польових задач.

					КВРІСТ 220167.22.01.04 ПЗ	Арк. 48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

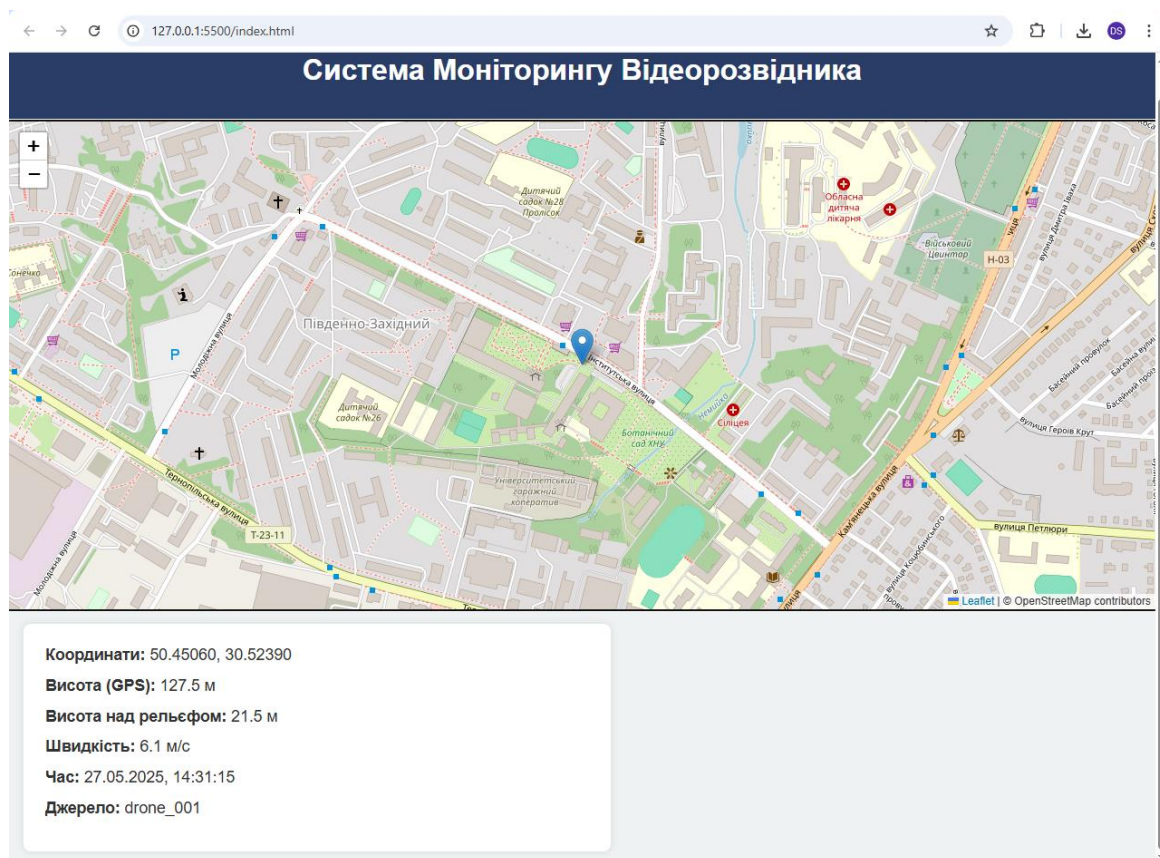


Рисунок 3.3 – Веб інтерфейс

Цей вебсайт виконує роль платформи для ситуаційної обізнаності. Він не лише відображає географічне розташування літального апарату на карті, але й забезпечує доступ до супутньої аналітичної інформації, яка зберігається на сервері в базі даних. Запити до сервера здійснюються у фоновому режимі, при цьому інтерфейс оновлюється кожні кілька секунд, щоб забезпечити актуальність даних. Інформація надходить у форматі JSON через визначений API-маршрут, наприклад /api/latest, що реалізується на стороні вебсервера з використанням таких фреймворків, як FastAPI, Flask або їх аналоги.

Така архітектура створює можливості для подальшого вдосконалення функціоналу. До прикладу, можна впровадити відображення історичної траєкторії, додати статистичні графіки та аналітику місцевості на основі накопичених даних. Також можливе інтегрування модулів попередження зіткнень із рельєфом та інших інструментів для розширеної обробки інформації.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

3.5 Алгоритм адаптації до рельєфу

Алгоритм адаптації до рельєфу місцевості виконує центральну роль у забезпеченні безпеки та продуктивної навігації відеорозвідника в умовах змінного ландшафту. Його основне завдання полягає в постійній оцінці висоти апарата над рівнем поверхні, аналізі змін рельєфу на шляху польоту та коригуванні висоти для уникнення можливих зіткнень і підтримання заданої відстані від землі. Робота алгоритму спирається на дані сенсорів, зокрема далекомірів, таких як Ainstein US-D1, та геолокаційні координати, отримані через модуль GPS NEO-6M. Ця інформація обробляється в обчислювальному модулі та передається на сервер для подальшого опрацювання.

Функціонування алгоритму побудовано на циклічному зборі інформації з GPS і далекоміра. За допомогою GPS визначається абсолютна висота апарата над рівнем моря (наприклад, 127.5 м), а далекомір дозволяє фіксувати фактичну висоту над поверхнею землі (наприклад, 21.5 м). Співставлення цих даних дає змогу створити модель рельєфу для поточного місцезнаходження. На кожному етапі алгоритм обчислює похідну зміни рельєфу вперед за траєкторією польоту, використовуючи накопичені попередні точки. Це дозволяє прогнозувати висотні перепади, моделюючи безпечний маршрут із врахуванням особливостей динаміки апарата.

Після аналізу даних створюється командна логіка, яка визначає, чи потрібно коригувати висоту апарата. Наприклад, при наближенні до підвищення рельєфу й за умови недостатньої відстані алгоритм формує команду на підйом. Якщо ж рельєф згладжується або знижується, висота залишається сталою або зменшується для економії енергії. Крім того, алгоритм враховує гістерезис змін висоти, щоб уникнути надмірного реагування на випадкові коливання даних із сенсорів.

					КВРІСТ 220167.22.01.04 ПЗ	Арк. 50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

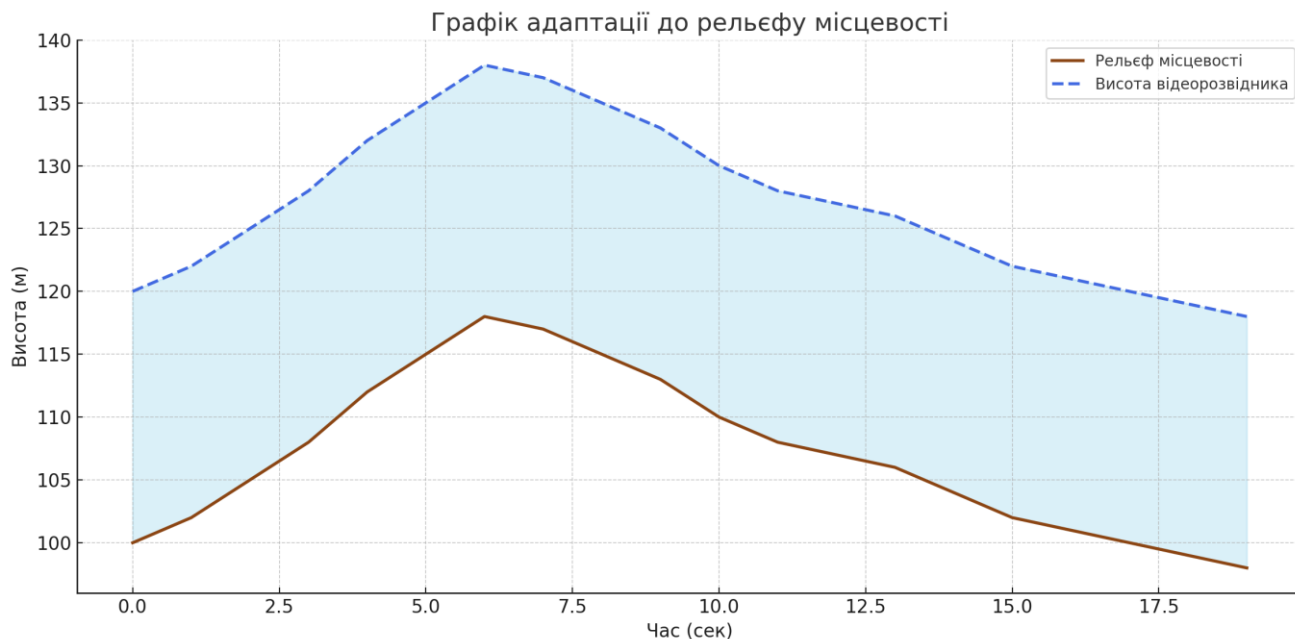


Рисунок 3.4 – Графік адаптації до рельєфу

На графіку проілюстровано процес адаптації відеорозвідника до змін рельєфу місцевості, що забезпечує підтримання стабільної висоти над землею. Блакитна область відображає безпечний проміжок між дроном і поверхнею, який утримується завдяки роботі адаптивного алгоритму.

Математична модель алгоритму адаптації до рельєфу місцевості виступає ключовою основою для здійснення оперативного прийняття рішень щодо оптимальної висоти польоту відеорозвідувального апарата. Основною метою цієї моделі є забезпечення безпечного та стабільного руху апарата з урахуванням топографічних особливостей місцевості. Це досягається шляхом аналізу геопросторових і сенсорних даних. Модель реалізована у вигляді динамічної системи управління, яка безперервно реагує на поточні показники, отримані з датчиків, та в режимі реального часу розраховує оптимальну траєкторію висоти польоту.

Основним параметром математичної моделі є абсолютна висота апарата, позначена як h_{gps} , що визначається за допомогою GPS-модуля. Другою важливою змінною виступає миттєва висота над рельєфом, позначена як $h_{clearance}$, яка вимірюється за допомогою далекоміра. На основі цих двох показників

здійснюється обчислення висоти поверхні рельєфу у поточній точці. Формула для цього розрахунку має вигляд:

$$h_{terrain}(t) = hgps(t) - h_{clearance}(t), \quad (3.1)$$

Для забезпечення динамічного моніторингу рельєфу модель передбачає обчислення першої похідної висоти поверхні, яка визначається як різниця висот між двома послідовними точками маршруту:

$$\Delta h_{terrain}(t) = h_{terrain}(t) - h_{terrain}(t - 1), \quad (3.2)$$

Цей підхід дозволяє визначити зміну рельєфу між сусідніми точками траєкторії. У разі, якщо значення похідної $\Delta h_{terrain}(t)$ є додатним і перевищує встановлений пороговий рівень ε , алгоритм інтерпретує це як підйом місцевості та генерує команду на підняття висоти апарата. Нова задана висота визначається за формулою:

$$h_{target}(t + 1) = hgps(t) + \alpha * \Delta h_{terrain}(t), \quad (3.3)$$

де α – коефіцієнт адаптації (типово 1.2–1.5);

h_{target} – рекомендована висота для апарата;

$\Delta h_{terrain}$ – зміна рельєфу між моментами часу;

$h_{terrain}$ – обчислена висота рельєфу;

$h_{clearance}$ – висота над рельєфом за далекоміром;

$hgps$ – абсолютна висота апарата за GPS.

У випадках, коли спостерігається підвищення рельєфу, цільова висота коригується відповідно до градієнта зміни ландшафту. На ділянках зі зниженням рельєфу алгоритм визначає доцільність залишення висоти незмінною або її зменшення, базуючись на встановлених критеріях безпеки.

Таким чином, розроблена математична модель функціонує як інтегрована система регулювання висоти польоту. Вона враховує актуальні просторові дані, здійснює аналіз топографічних змін, формує відповідні управляючі команди для стабілізації положення апарата відносно земної поверхні та забезпечує підтримання заданої відстані між апаратом і рельєфом незалежно від складності топографії території.

Таблиця 3.5 – Приклад роботи алгоритму адаптації

Час	GPS-висота (м)	Висота над рельєфом (м)	Висота рельєфу (м)	Δ Рельєфу (м)	Дія алгоритму
14:31:00	127.5	21.5	106.0	—	Сталість
14:31:03	128.0	18.0	110.0	+4.0	Підйом на +3 м
14:31:06	131.0	21.0	110.0	0.0	Сталість
14:31:09	130.0	16.0	114.0	+4.0	Підйом на +4 м
14:31:12	134.0	20.0	114.0	0.0	Сталість
14:31:15	133.0	24.0	109.0	-5.0	Зниження на -2 м

3.6 Система керування за допомогою радіомодуля

Коли використовується прямий радіозв'язок між відеорозвідником і контролером, система керування стає більш автономною, що значно зменшує залежність від проміжної інфраструктури, такої як сервери, мережеві комутатори чи інтернет-з'єднання. Цей підхід має особливу цінність у тактичних умовах, де стабільне з'єднання через сервери може бути небажаним або технічно недосяжним.

Передача команд відбувається через спеціалізований радіоканал, який працює на частоті 2.4 ГГц. Контролер в даному випадку оснащений вбудованим модулем для бездротової передачі даних NRF24L01, який встановлює безпосередній зв'язок із приймачем, інтегрованим із мікроконтролером відеорозвідника. У такій системі функціонує однакова логіка: події, зареєстровані на контролері, трансформуються в низькорівневі цифрові сигнали, які кодуються у пакети й передаються через ефір.

Команди формуються у вигляді спрощених обмінних протоколів, зазвичай коротких фреймів, які включають тип дії, параметри виконання та контрольну суму для перевірки цілісності даних. З боку відеорозвідника радіомодуль приймає ці пакети, декодує їх і передає до основного процесора. Процесор далі активує алгоритми подолання перешкод або регулює швидкість пересування.

Для підтримання надійного прямого радіозв'язку впроваджується механізм підтвердження прийняття команди. У цьому випадку відеорозвідник відправляє зворотний сигнал про успішне виконання команди. Якщо підтвердження не надходить, система автоматично повторює запит або переходить до безпечного режиму. Наприклад, апарат може зависнути на місці чи повернутися до попередньої стабільної точки.

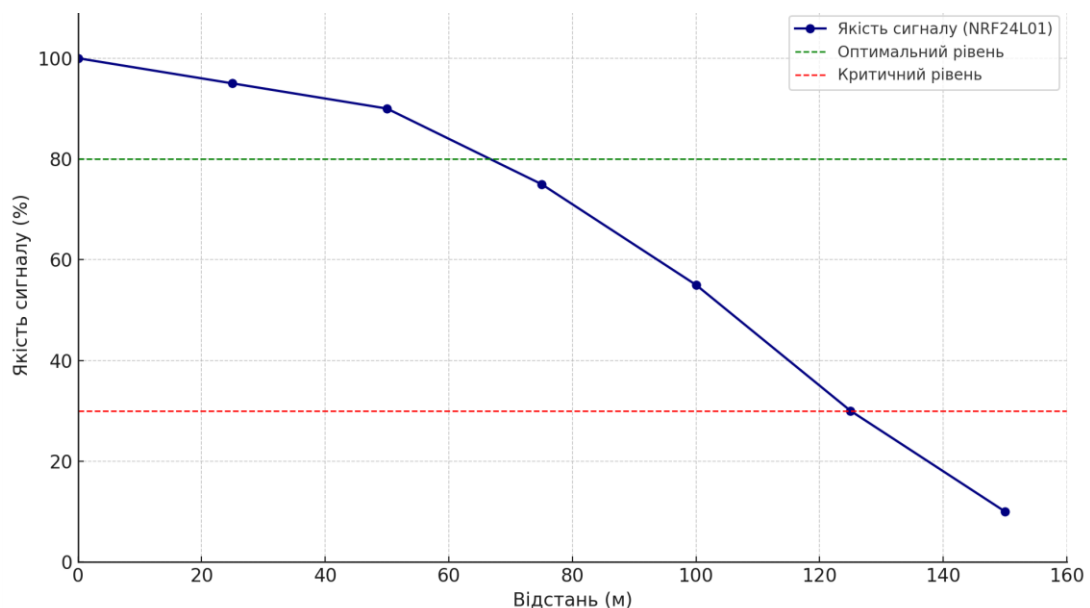


Рисунок 3.5 – Графік стійкості сигналу

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Графік ілюструє характерну динаміку зміни якості сигналу радіомодуля NRF24L01 у межах прямої видимості. За підвищення відстані спостерігається поступове зниження стабільності зв'язку. Зокрема, до 50 метрів забезпечується висока якість сигналу, однак після перевищення позначки у 100 метрів фіксується значне його погіршення.

Таблиця 3.6 – Таблиця роботи прямого радіозв'язку

Стан системи	Дія контролера	Реакція відеорозвідника	Затримка (мс)
Зв'язок встановлено	Переміщення джойстика вперед	Рух уперед	20–50
Зв'язок нестабільний	Повторне надсилання команди	Повтор останньої дії	80–150
Зв'язок втрачено	Відсутність команд	Зависання або повернення до бази	0 (автонавігація)

3.7 Висновки до третього розділу

У третьому розділі Було проведено дослідження, розроблено та частково реалізовано повноцінну інформаційно-керуючу архітектуру, що об'єднує апаратні модулі та програмні компоненти в єдиний інтегрований комплекс. Ця система оснащена GPS-модулем для визначення просторового положення, ультразвуковим далекоміром для аналізу рельєфу та вебсервером на базі Python, який забезпечує збір, обробку та візуалізацію даних у режимі реального часу через зручний вебінтерфейс.

Особливу увагу було приділено створенню серверних API й розробці користувацьких інтерфейсів для моніторингу об'єктів у динамічних умовах. Також був розроблений алгоритм адаптації до рельєфу місцевості, що дозволяє безпілотному розвіднику ефективно коригувати траєкторію відповідно до змін висоти. Додатково проведено аналіз ефективності використання прямого радіозв'язку з модулем NRF24L01, приділивши увагу його стабільності й енергоефективності.

Результати моделювань та отримані емпіричні графіки підтверджують доцільність застосування прямого радіоканалу в польових умовах із врахуванням навантаження на зв'язок, затримок сигналу та збереження енергії. Управління системою, побудоване на поєднанні мікроконтролера, технології радіозв'язку та вебінтерфейсу, продемонструвало високу гнучкість і здатність адаптуватися до змінного середовища, що є важливим фактором для безпілотних розвідувальних систем.

					КВРІСТ 220167.22.01.04 ПЗ	Арк. 56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У процесі виконання роботи, спираючись на результати глибоких теоретичних і практичних досліджень, було створено повнофункціональну веборієнтовану систему керування відеорозвідником, яка враховує специфіку рельєфу місцевості. До складу цієї системи входить вебінтерфейс, що забезпечує зручний моніторинг та управління у реальному часі.

Перший розділ дослідження присвячено ґрунтовному аналізу джерел інформації, а також розглядові основних прикладів базових систем управління. Виконано ретельний пошук оптимальних рішень для поставленої задачі та реалізовано апаратно-програмний аналіз, що окреслює технічні особливості системи та її можливості вдосконалення.

У другому розділі увагу приділено детальному вивченню сучасних контролерів і їхньої адаптації до проектованої системи. На основі цього запропоновано спрощений варіант реалізації із потенціалом для подальших модифікацій. Також у цьому розділі визначено функціональні цілі системи відеорозвідника, описано принципи взаємодії її елементів і механіку роботи. Особливий акцент зроблено на функціонуванні далекомірів і GPS-модулів, які є ключовими компонентами системи, гарантують її точність у зборі даних та забезпечують необхідну функціональність пристрою.

Третій розділ зосереджено на створенні та частковій реалізації цілісної інформаційно-керуючої архітектури, що об'єднує апаратну складову і програмне забезпечення в єдиний комплекс. Система оснащена GPS-модулем для визначення координат у просторі, ультразвуковим далекоміром для картографування рельєфу місцевості та вебсервером на базі Python. Така інтеграція забезпечує збір, обробку та візуалізацію даних в онлайн-режимі через інтуїтивно зрозумілий вебінтерфейс.

Досягненням проекту також стало створення серверної API-структури та користувацьких інтерфейсів для моніторингу цільових об'єктів у динамічних умовах. Розроблено ефективний алгоритм для адаптації до змін рельєфу місцевості,

					КВРІСТ 220167.22.01.04 ПЗ	Арк. 57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

що дозволяє безпілотному розвіднику заздалегідь коригувати траєкторію польоту відповідно до змін висоти. Додатково проведено дослідження прямого радіозв'язку з використанням модуля NRF24L01, детально вивчивши його стабільність, ефективність передачі сигналів і рівень енергоощадності.

Моделювання роботи системи та отримані емпіричні графіки підтверджують ефективність застосування прямого радіоканалу для польових умов. Враховано критичні аспекти, такі як навантаження на радіозв'язок, затримки у передачі сигналів та оптимізація споживання енергії. Інтегрований підхід до управління системою на базі комбінації мікроконтролера, технології радіозв'язку та вебінтерфейсу продемонстрував гнучкість і здатність адаптуватися до мінливого середовища. Це суттєво підвищує ефективність і надійність функціонування відеорозвідника, що грає важливу роль у виконанні завдань різної складності в реальних умовах експлуатації.

					КВРІСТ 220167.22.01.04 ПЗ	Арк. 58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Стельмах Н. В., Мандровська С. О. Огляд, аналіз і прогноз систем керування малогабаритними БПЛА. 2023. с. 209-210. URL: <https://ir.stu.cn.ua/jspui/bitstream/123456789/27911/1/Tezy%20-%202023%20Part%201%2020209-210.pdf> (дата звернення: 17.05.2025).
2. Нечипоренко В. А. Методи керування бпла із застосуванням комп'ютерного зору. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки.* 2024. Том 35 (74). № 5. с. 217-225. URL: https://www.tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2024/5_2024/part_1/5-1_2024.pdf#page=225 (дата звернення: 17.05.2025).
3. Іваненко Ю., Лященко О., Філімончук Т. Огляд методів керування безпілотними літальними апаратами. Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць. 2023. 1.71. с. 26-30. URL: <http://journals.nupp.edu.ua/sunz/article/view/2822> (дата звернення: 17.05.2025).
4. Грицай К. Удосконалення систем керування БПЛА за несприятливих погодних умов. *Безпека в авіації та космічні технології* : Всесвітній конгрес "Авіація в XXI столітті", 2023.
5. Рудавін А. Є., Піскар'юв О. М. Підвищення ефективності системи керування БПЛА. 2024. 64 с. URL: <https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/072907bc-b85e-4bce-b08b-cff73674341a/content> (дата звернення: 17.05.2025).
6. Назаренко А. О. Трикоординатний чутливий елемент автоматизованої системи керування БПЛА. 2024. 104 с. URL: <https://ela.kpi.ua/items/9b2ab81c-a5dd-44c4-ba57-b729023fcec4> (дата звернення: 17.05.2025).
7. Піскар'юв О. М, Харченко О. Ю. Сучасні системи керування БПЛА. 2024. с. 249-251 URL: https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/53633/1/MNPK%20Informatsiini%20tekhnohii%20u%20suchasnomu%20sviti-2024_249-251.pdf (дата звернення: 17.05.2025).

					КВРІСТ 220167.22.01.04 ПЗ	Арк. 59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8. Кучкін О., Сазанов А., Ладієва Л. Система керування БПЛА в умовах флуктуації параметрів стану атмосфери. 2023. с. 44-49. URL: https://ees.kdu.edu.ua/statti/2023_61_44.pdf (дата звернення: 17.05.2025).

9. Скакодуб О. С. Розробка програмного забезпечення на C++ для керування групою бпла. *Ольвійський форум–2024: стратегії країн причорноморського регіону в геополітичному просторі*. 2024. с. 56. URL: <https://dSPACE.chmnu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/2349/1/%D0%9E%D0%A4-2024.%20%D0%A2%D0%B5%D1%85%D0%BD%D1%96%D1%87%D0%BD%D1%96%20%D0%BD%D0%B0%D1%83%D0%BA%D0%B8%20%D1%82%D0%B0%20%D1%96%D0%BD%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D1%96%D1%8F.pdf#page=56> (дата звернення: 17.05.2025).

10. Кравченко Ю., Дахно Н. Стратегія інтелектуального керування гнучкою структурою комплексної системи автономної навігації у форматі gpr-сигналів та сенсорного моніторингу лінії бойового зіткнення з використанням бпла. *Повітряна міць України*. 2024. Том 1. С.5-13. URL: <http://sap.nuou.org.ua/article/view/303332/297612> (дата звернення: 17.05.2025).

11. Фесенко О., Беляков Р., Радзівілов Г. Імітаційне моделювання безплатформної інерціальної навігаційної системи БПЛА на основі нейромережевих алгоритмів. *Системи і технології зв'язку, інформатизації та кібербезпеки*. 2022. Том 1. с. 1-7 URL: <https://journal.viti.edu.ua/index.php/cicst/article/view/25> (дата звернення: 17.05.2025).

12. Бурнашев В.В., Яблонський Є.Д. Інтелектуальна система керування безпілотного літального апарату. 2024. с. 55-57. URL: <https://ela.kpi.ua/bitstreams/eb0bbaae-dfcd-4712-b2f7-c78a02a3f1b3/download> (дата звернення: 17.05.2025).

13. Шевченко А.А., Романовський Е.Р. Підхід до системи управління групою БПЛА. 2024. с. 155-157. URL: <https://dSPACE.nau.edu.ua/handle/NAU/65200> (дата звернення: 17.05.2025).

					КВРІСТ 220167.22.01.04 ПЗ	Арк. 60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

14. Прищепов О.Ф., Щесюк О.В. Моделювання системи управління польотом квадрокоптера. *Ольвійський форум–2023: стратегії країн Причорноморського регіону в геополітичному просторі*. 2023. с. 72. URL: <https://dspace.chmnu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/1194/3/%D0%9E%D0%A4-2023.%20%D0%A2%D0%B5%D1%85%D0%BD%D1%96%D1%87%D0%BD%D1%96%20%D0%BD%D0%B0%D1%83%D0%BA%D0%B8.%20%D0%A1%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B9%20%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%B2%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%BA.pdf#page=72> (дата звернення: 20.05.2025).

15. Успенський В.Б., Шабанов Г.В. Розробка та дослідження методу дальномірної відносної навігації для групи БПЛА. 2023.

16. Мясіщев О.А. Побудова БПЛА на базі польотного контролера APM 2.6. *ВІСНИК ХНУ. Технічні науки*. 2016. №5. С. 225-230.

17. Мясіщев О.А. Можливості польотної Контролера CC3D з прошивкою INAV. *ВІСНИК ХНУ. Технічні науки*. 2019. №1. с. 129-136.

18. Гончарук В.Ю. Система стабілізації положення БПЛА : кваліфікаційна робота бакалавра / Національний авіаційний університет. Київ, 2024. 65 с.

19. Бабенко В.С., Гончаренко А.В. Побудова керування, що забезпечує трекінг лідера у системі бпла планерного типу. *Cherkasy University Bulletin: Physical and Mathematical Sciences*. 2024. 1.1.с. 3-20.

20. Гладишкевич Ю, Бурнашев В. Розробка та дослідження законів керування польотом надзвукового літального апарату в неспокійній атмосфері. *Механіка гіроскопічних систем*. 2022. № 43. с. 20-34. URL: <https://doi.org/10.20535/0203-3771432022275279>.

21. Лещиниш Ю. З., Герасименко А. Комп'ютерна система моніторингу радіозв'язку від БПЛА. *Матеріали XII науково-технічної конференції „Інформаційні моделі, системи та технології “*. 2024. с. 140. URL: https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/47281/2/IMST_2024_Leshchyshyn_Yu-Computer_system_for_monitoring_140.pdf (дата звернення: 21.05.2025).

					КВРІСТ 220167.22.01.04 ПЗ	Арк. 61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

22. Коноваленко К. Ю. Веб-базована система прокладання маршрутів для БПЛА. 2024. 90 с. URL: <https://dspace.nau.edu.ua/handle/NAU/62634> (дата звернення: 14.05.2025).

23. Абрамович О. О., Білак Н. В. Вплив передімпульсної фільтрації на динаміку цифрової системи управління подовжнім рухом бпла./ PhD Thesis. Національний авіаційний університет. 2022. с. 9-10. URL: <https://dspace.nau.edu.ua/handle/NAU/62609> (дата звернення: 15.05.2025)

24. Соколов К. А., Жук С. Я. Урахування характерних особливостей будови та руху бпла у задачах їх комплексного виявлення і супроводження у повітряному просторі. *Інфокомунікаційні та комп'ютерні технології*. 2024. № 1.с. 9-20. URL: <https://visn-icct.uu.edu.ua/index.php/icct/article/view/144> (дата звернення: 19.05.2025)

25. Мясіщев О. А., Швець В. В. Режими польоту контролерів польоту arm 2.6 і pixhawk БПЛА. *Вісник хмельницького національного університету. Технічні науки*. 2018. № 1. с. 78-82. URL: http://www.irbis-nbu.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbu/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/Vchnu_tekh_2018_1_16.pdf (дата звернення: 18.05.2025).

26. Мясіщев О. А. Про можливість використання середовища розробки Arduino для створення web-сервера на базі ATmega32. 2013. № 1. с. 143-149. URL: <https://elar.khmnu.edu.ua/handle/123456789/2149> (дата звернення: 19.05.2025).

27. Yao-lin. Z. Design of wireless multi-point temperature transmission system based on nRF24L01. In: *2011 International conference on business management and electronic information. IEEE*. 2011. p. 780-783. URL: <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5920375> (дата звернення: 12.05.2025).

28. Pothirasan N., Rajasekaran. M. Automatic vehicle to vehicle communication and vehicle to infrastructure communication using NRF24L01 module. In: *2016 International Conference on Control, Instrumentation, Communication and Computational Technologies (ICCICCT). IEEE*. 2016. p. 400-405. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7987982> (дата звернення: 12.05.2025).

					КВРІСТ 220167.22.01.04 ПЗ	Арк. 62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

29. Vaz F., Antony J., Performance Analysis of nRF24L01 Wireless Module. In: *2024 5th International Conference on Data Intelligence and Cognitive Informatics (ICDICI)*. IEEE. 2024. p. 216-222. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10810938> (дата звернення: 12.05.2025).

30. Amrhar A., Bursucianu V., Gagné J. Flight Test Performance of an RFSoc Based Direct RF FMCW Radio Altimeter. In: *2025 Integrated Communications, Navigation and Surveillance Conference (ICNS)*. IEEE. 2025. p. 1-7. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10976881> (дата звернення: 19.05.2025).

31. Scheutz C. Validation and demonstration of a drone-based method for quantifying fugitive methane emissions. *Journal of Environmental Management*. 2025. 373. №123467. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479724034534> (дата звернення: 19.05.2025).

32. Rainey J., Gunturi N. V. An Open-Source Quadcopter for Wind Field Surveying. In: *2024 35th Irish Signals and Systems Conference (ISSC)*. IEEE. 2024. p. 1-6. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10602911> (дата звернення: 19.05.2025).

33. Kharisma O. B. Development of location tracking system via short message service (SMS) based on GPS unblox neo-6m and sim 800l module. In: *Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing. 2019. vol. 1363 p. 1. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1363/1/012002/meta> (дата звернення: 19.05.2025).

34. Kanani P., Padole M. Real-time location tracker for critical health patient using Arduino, GPS Neo6m and GSM Sim800L in health care. In: *2020 4th international conference on intelligent computing and control systems (ICICCS)*. IEEE. 2020. p. 242-249. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9121128> (дата звернення: 19.05.2025).

35. Jayandhi G. Design of medical drone using NEO-6M GPS with ARDUINO UNO. In: *National Conference on Recent Advancements in Communication*. 2020. vol.7.

					КВРІСТ 220167.22.01.04 ПЗ	Арк. 63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

№8. p. 98-99 URL: https://www.academia.edu/download/64702874/NCRACES_21.pdf
(дата звернення: 21.05.2025).

36. Hickson I., Hyatt D. Html5. W3C working draft WD-Html5-20110525. 2011. p. 53. URL: https://www.academia.edu/download/50286898/HTML_205.pdf (дата звернення: 23.05.2025).

37. Lawson B., Sharp R. Introducing html5. New Riders. 2011.p.35-40. URL: <https://www.google.com/books?hl=uk&lr=&id=a8HQCk4pbQkC&oi=fnd&pg=PR6&q=html5+&ots=3h3ag8dpIv&sig=p65FiXtgn2cPYAujKpxNCHW2V-Y> (дата звернення: 23.05.2025).

38. Duckett J., Schlüter J. Html & Css. Wiley. 2011. p. 226-246. URL: https://www.academia.edu/download/58990473/capitulo_de_amostra_HTML_CSS2019_0422-78006-1189mt9.pdf (дата звернення: 23.05.2025).

39. Attardi J. Modern CSS. Berkeley: CA Apress. 2020. p.1. URL: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-1-4842-6294-8.pdf> (дата звернення: 23.05.2025).

40. Richards G., Lebresne S., Burg B., Vitek J. An analysis of the dynamic behavior of JavaScript programs. In: *Proceedings of the 31st ACM SIGPLAN Conference on Programming Language Design and Implementation*. 2010. p. 1-12. URL: <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/1806596.1806598> (дата звернення: 23.05.2025).

41. Kunkel M. E., Lopes F. L., Amorim H. A. D. Low-cost electronic control with resistive joystick and arduino for children electric wheelchair. *Int J Biosen Bioelectron*. 2017. vol. 3.2: p. 248-250. URL: https://www.researchgate.net/profile/Maria-Elizete-Kunkel/publication/380790582_Low-cost_electronic_control_with_resistive_joystick_and_arduino_for_children_electric_wheelchair/links/5f91b4bd458515b7cf969b80/Low-Cost-Electronic-Control-with-Resistive-Joystick-and-Arduino-for-Children-Electric-Wheelchair.pdf (дата звернення: 11.05.2025).

42. Santosa E. S. B., Waluyanti S. Teaching microcontrollers using Arduino nano based quadcopter. In: *Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing. 2019. vol.

					КВРІСТ 220167.22.01.04 ПЗ	Арк. 64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1413.p. 012003.URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1413/1/012003/meta> (дата звернення: 11.05.2025).

43. Al-Mimi H., Al-Dahoud A., Fezari M. A study on new arduino NANO board for WSN and IoT applications. *International Journal of Advanced Science and Technology*. 2020.vol 29.4: p.10223-10230.URL: https://www.researchgate.net/profile/Mohamed-Fezari/publication/345054992_A_Study_on_New_Arduino_NANO_Board_for_WSN_and_IoT_Applications/links/5f9d18daa6fdccfd7b8df144/A-Study-on-New-Arduino-NANO-Board-for-WSN-and-IoT-Applications.pdf (дата звернення: 11.05.2025).

44. Barrett S. F. Arduino microcontroller processing for everyone!. Springer Nature. 2022.URL: <https://www.google.com/books?hl=uk&lr=&id=KYNyEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=microcontroller+arduino+uno&ots=HY51KssvM8&sig=V6IOcVjwqF3jVwARhZ0Hjqw1WA> (дата звернення: 11.05.2025).

45. Badamasi Y. A. The working principle of an Arduino. In: 2014 11th international conference on electronics, computer and computation (ICECCO). IEEE, 2014. p. 1-4. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6997578> (дата звернення: 11.05.2025).

46. Kumar R. H., Roopa A. U., Sathiya D. P. Arduino ATMEGA-328 microcontroller. *Int. J. Innov. Res. Electr. Electron. Instrum. Control Eng.* 2015. vol. 3.4: p. 27-29. URL: <https://www.academia.edu/download/77541710/ijireeice.2015.pdf> (дата звернення: 11.05.2025).

47. Szywalski P., Waindok A. Practical aspects of design and testing unmanned aerial vehicles. *acta mechanica et automatica*, 2020, vol.14.1. p. 50-51.URL: <https://sciendo.com/pdf/10.2478/ama-2020-0008> (дата звернення: 11.05.2025).

48. Yeole A. R., Bramhankar S. M., Wani M. D. Smart phone controlled robot using ATMEGA328 microcontroller. *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering*. 2015. vol. 3.1: p. 352-356. URL: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=996958fa17629ef261c3dfcb471ca72cfd720417> (дата звернення: 17.05.2025).

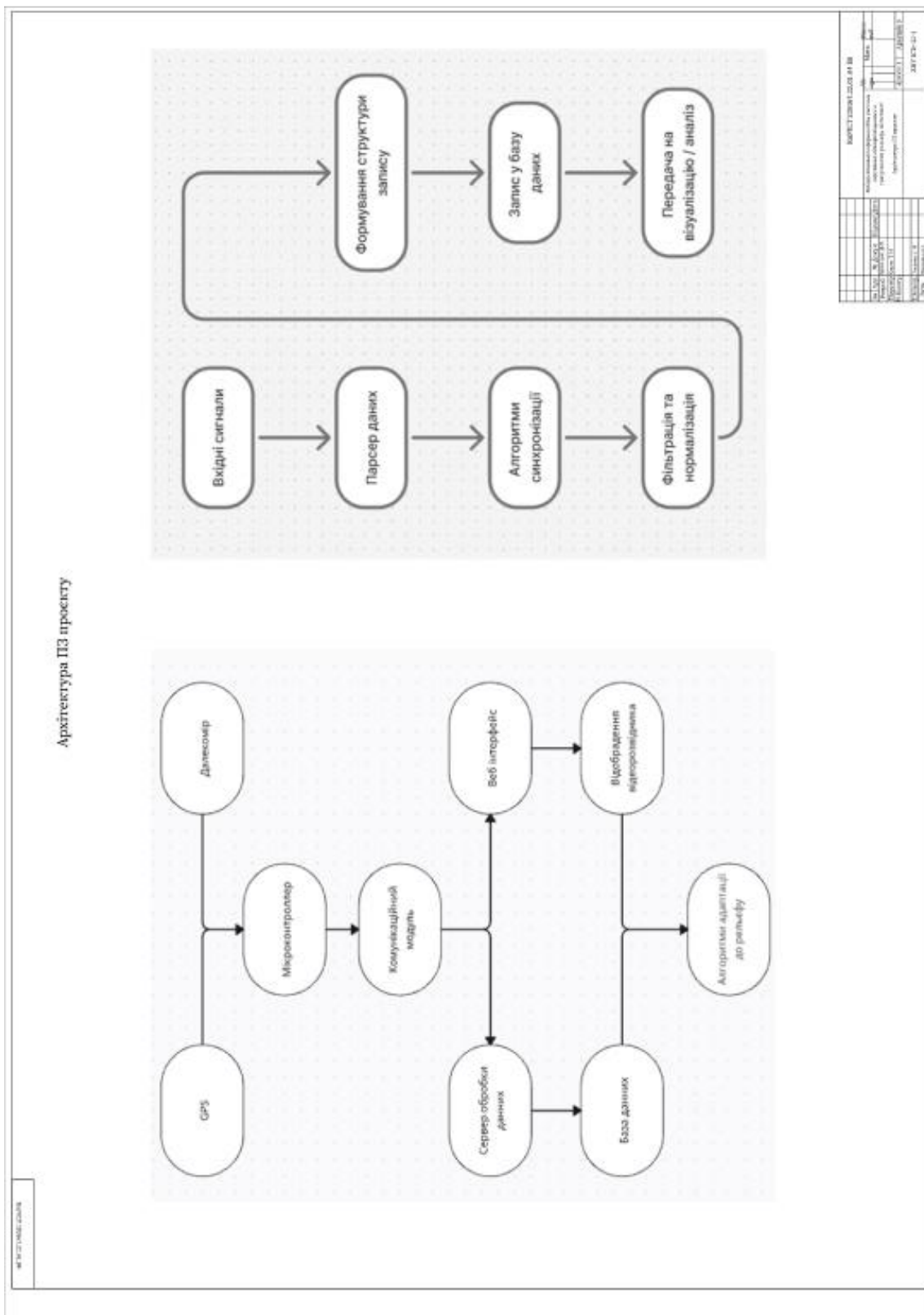
49. Sam R., Tan M., Ismail M. S. Quad-copter using ATmega328 microcontroller. In: *2013 International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS)*. IEEE. 2013. p. 566-570. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6754500/> (дата звернення: 17.05.2025).

50. Archibong E. A., Njok A. O., Fischer G. Design and Development of a Quadcopter with Ground Station Monitoring Unit. 2023. p. 232-237. URL: https://www.researchgate.net/profile/Armstrong-Njok/publication/388029708_Design_and_Development_of_a_Quadcopter_with_Ground_Station_Monitoring_Unit/links/6787d282d587995ad107a008/Design-and-Development-of-a-Quadcopter-with-Ground-Station-Monitoring-Unit.pdf (дата звернення: 17.05.2025).

					КВРІСТ 220167.22.01.04 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Додаток А (обов'язковий)

КОПІЯ КРЕСЛЕННЯ «АРХІТЕКТУРА ПЗ ПРОЄКТУ»



Anti-Plagiarism (UA) v-15.281 Educational

The maximum coincidence with one document 1.0%

Dictionary check: en_US, ru_RU, ua_UA. **Errors in the documents: 14%**

ID: 242996 Title: БКР Веборієнтована інформаційна система керування відеорозвідником з урахуванням рельєфу місцевості Added in a DB: 2025-06-02 Authors: Денис ДАНИЛЮК Heads: Тетяна КИСІЛЬ Consultants: Opponents:	Document		Sum coincidence on the DB	
	Symbols	Lexemes	Symbols	Lexemes
	75806	629	2313 (3%)	31 (5%)

Plagiarism sources

ID	Description	Plagiarism presence in the document	
		Symbols	Lexemes

Протокол аналізу звіту подібності експертом

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

Автор: Денис ДАНИЛЮК

Співавтор:

Назва: ДАНИЛЮК_Веборієнтована інформаційна система керування відеорозвідником з урахуванням рельєфу місцевості

Експерт:

Підрозділ: Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

Коефіцієнт подібності 1: 17.3%

Коефіцієнт подібності 2: 8.3%

Мікропробіли: 18

Заміна букв: 14

Інтервали: 0

Білі знаки: 0

Дата створення звіту: 2025-06-03 02:03:57.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

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

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

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

Обґрунтування:

2025-06-03

Дата



Доцент Андрій Нічепорук

експерт

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Данилюк Денис Олександрович

Тема: Веборієнтована інформаційна система керування відеорозвідником з урахуванням рельєфу місцевості

Спеціальність: 126 «Інформаційні системи та технології»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень 3 Кількість сторінок записки 55

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою кваліфікаційної роботи є створення та моделювання веборієнтованої інформаційної системи керування відеорозвідником з урахуванням рельєфу місцевості.

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

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: В першому розділі кваліфікаційної роботи проведено дослідження предметної області (проаналізовано декілька систем і саму суть веборієнтованої системи керування відеорозвідником) та виконано постановку задачі дослідження. В другому розділі кваліфікаційної роботи проведено моделювання і проектування відеорозвідника і системи, а саме: визначено і вибрано варіант реалізації системи; розроблено і описано робота БПЛА; підключено всі потрібні датчики; описана робота далекоміра; описана робота GPS-модуля; описані команди керування відеорозвідником; описані характеристики БПЛА і його мікроконтролерів; В третьому розділі кваліфікаційної роботи виконано апаратно-програмну реалізацію веборієнтованої інформаційної системи керування відеорозвідником з урахуванням рельєфу місцевості, а саме: описані всі потрібні прибори і модулі; налаштовано сервер; розроблена база даних; розроблений веб інтерфейс; добавлено керування через радіомодуль; адаптовано урахування рельєфу місцевості за допомогою далекоміра.

4. Позитивні сторони роботи: висока практична цінність роботи.

5. Негативні сторони роботи: недостатня увага базі даних і вебсерверу.

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи:

Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації.

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

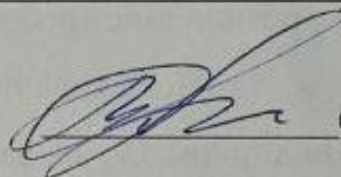
8. Інші зауваження: _____

9. Оцінка дипломної роботи: добре 4,25

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

Джурківський Володимир Михайлович, доцент,
ХНУ, кафедра бізнесу

“11” 06 2025 р.

 (підпис)

Завідувачу кафедри КІС
д-р. філософії, доц. Ользі ПАВЛОВІЙ

Дениса ДАНИЛЮКА

ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 3 курсу, групи ІСТс-22-1

ЗАЯВА

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

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

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

02.06. 2025 року



РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

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

Назва: Веборієнтована інформаційна система керування відеорозвідником з урахуванням рельєфу місцевості

Автор: Денис ДАНИЛЮК

Спеціальність: 126 – Інформаційні системи та технології

Освітня програма: освітньо-професійна

Науковий керівник: Тетяна КИСІЛЬ, к.ф.-м.н, доцент

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

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

Підтвердження:

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

- 1) запозичення розміщені в розділах аналізу існуючих аналогів та прототипів, які не описують безпосередньо авторське дослідження і не стосуються результатів роботи;
- 2) усі запозичення фрагментарні, або мають належним чином оформленні посилання;
- 3) окремі виявлені збіги є загальноживаними фразами або виразами, про що свідчить посилання системи на збіг з 10-40 джерелами на один фрагмент речення;
- 4) всі зафіксовані системою ознаки модифікації тексту відносяться до комбінування латинських символів зі україномовними скороченнями індексів в формулах, що не є модифікацією тексту.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості StrikePlagiarism, складає 17.3%, та системою Anti-Plagiarism складає 1.0%, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи

Гарант ОП

Завідувач кафедри КІС

Тетяна КИСІЛЬ

Єлизавета ГНАТЧУК

Ольга ПАВЛОВА