

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

(повне найменування вищого навчального закладу)

~~Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і професійної інженерії~~  
(назва факультету)

~~Інститут комп'ютерних систем та мереж~~  
(повна назва кафедри)

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи)

магістр  
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: Архітектура комп'ютерної системи керування  
керування вбудованою системою

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи СІІІ-61  
напряму підготовки (спеціальності)

Комп'ютерна інженерія  
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

СІІІ-61

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя  
(повне найменуванняшого навчального закладу)

Факультет Інженерно-інформаційних систем та програмної інженерії  
Кафедра Комп'ютерна система та мережі  
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр  
Напрямок підготовки \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)  
Спеціальність 123, Комп'ютерна інженерія  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри К.С. Ожуківська Р.С.  
«2» 09 2019 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ**

Цурко Любомир Романович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Аналіз робота комп'ютерної системи місцевого керування виробничим процесом

Керівник проекту (роботи) Сиренський Ю.А.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від «28» серпня 2019 року №1/У-736

2. Термін подання студентом проекту (роботи) 23 грудня 2019 б

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Аналіз роботи комп'ютерної системи місцевого керування виробничим процесом

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)  
1. Розділ. Загальні дані. 2. Розділ. Аналіз роботи комп'ютерної системи місцевого керування виробничим процесом. 3. Розділ. Аналіз програмного забезпечення. 4. Розділ. Аналіз апаратного забезпечення. 5. Розділ. Аналіз роботи системи місцевого керування виробничим процесом. 6. Розділ. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)  
Схема системи місцевого керування, Схема системи виробничого процесу

## 6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Кваліфікація	Лисенко Р.М., к.т.н., доц.		
Об'єктування механічних систем	Моєй О.Б., к.р.н., доц.	Моєй	Моєй
Будова і моделювання машин, механізмів та механічних систем	Степурак В.В., ст. викл. кат. ОР	В.В. Степурак	В.В. Степурак
Будова механізмів	Дубовенко П.М.	П.М. Дубовенко	П.М. Дубовенко

7. Дата видачі завдання 07.03.2019

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
	Дата видачі завдання	07.03.2019	
	Склад комісії членів	12.09.2019	
	Склад роботи над техніч. розрах. частини	25.09.2019	
	Склад роботи над Додатком розрах. частини	01.10.2019	
	Склад роботи над збірним розрах. частини	15.10.2019	
	Створено об'єктів механічних систем	01.11.2019	
	Робота над розрах. частини	12.11.2019	
	Підписання техніч. розрах. частини	05.12.2019	
	Оформлення техніч. розрах. частини	23.12.2019	

Студент

(підпис)

Степанко А.Р.

(прізвище та ім'я)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Сосороченко Ю.А.

(прізвище та ім'я)

## АНОТАЦІЯ

Дипломна робота на тему: «Архітектура комп'ютерної системи жестового керування квадрокоптером» Цюки Любомира Романович – Тернопільський національний технічний університет, Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерної інженерії, група СІмз-61\\ Тернопіль, 2019. С. – , рис. – , табл. – , додатки – .

Ключові слова: БЕСПЛОТНИК, РУКАВИЧКА, БАЗА ЗВ'ЯЗКУ, КЕРУВАННЯ, ДЕТАЛІ.

Метою дипломної роботи є розробка комп'ютерної системи жестового керування квадрокоптером. Методи та програмні засоби, використані при виконанні розробки системи: Arduino UNO R3, TCP/IP Builder.

Опрацьовані відомі комп'ютерні системи жестового керування квадрокоптером, описана структура і схеми побудови та налаштування квадрокоптера, програмні та апаратні засоби для розробки квадрокоптера.

## SUMMARY

Diploma thesis on "Architecture of computer system for gesture control of quadcopter" Tsoka Lyubomir Romanovich - Ternopil National Technical University, Faculty of Computer Information Systems and Software Engineering, Department of Computer Engineering, group SIMZ-201 \ 9 \ Ternopil S. -, Fig. -, Table. - applications.

Keywords: UAV, GLOVE, COMMUNICATION BASE, CONTROLS, DETAILS.

The aim of the thesis is to develop a computer system for gesture control of a quadcopter. Methods and software used in the development of the system: Arduino UNO R3, TCP / IP Builder.

Well-known computer quadcopter gesture control systems are developed, the structure and schematics of quadcopter construction and configuration, software and hardware for quadcopter development are described.

## СПИСОК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

Bluetooth – система передавання даних;

ЕСК – Електронні регулятори швидкості;

LilyPad USB Plus – мікроконтролер, який збирається зчитувати датчики;

Hover Button – переривання повідомлення;

Stop – переривання повідомлення;

Take Off Flex Sensor – переривання повідомлення;

PPM – Pulse Положення модуляції;

ШИМ – широтно-імпульсної модуля;

## Зміст

РОЗДІЛ 1.....	14
ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ.....	14
1.1 Види БПЛА.....	14
1.2 Перші квадрокоптери.....	16
1.3 Сфери застосування квадрокоптера.....	20
1.4 Можливості квадрокоптера.....	24
1.4.1 Базові можливості.....	24
1.4.2 Можливості при розширеній апаратній базі.....	24
1.4.3 Можливості при введенні додаткових програмних компонентів.....	25
1.5 Висновки до першого розділу.....	26
РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ КОМПОНЕНТІВ ДЛЯ РОЗРОБКИ ДРОНА.....	28
2.1 ВИМОГИ ДО ДРОНА.....	28
2.1.1 Вимоги до дрона.....	28
2.1.2 Рукавичка.....	28
2.1.3 База зв'язку.....	29
2.1.4 Опис квадрокоптер.....	30
2.2 ОГЛЯД КОМПОНЕНТІВ.....	31
2.2.1 Апаратна архітектура рукавички.....	31
2.2.2 Зв'язок з Basisю.....	34
2.2.3 Архітектура квадрокоптера.....	36
2.2.4 Логістика підключення рукавички до квадрокоптера.....	39
2.2.5 Архітектура рукавички.....	39
2.2.6 Дизайн обладнання.....	40
2.2.7 Порівняльний аналіз моторів і контролерів до них.....	41
Рис. 2.8. HobbyWing Platinum Pro 30A.....	43
2.3 Висновок до другого розділу.....	44
РОЗДІЛ 3 АНАЛІЗ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ РОЗРОБКИ	
ДРОНА.....	45
3.1 ВИМОГИ ДЛЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	45
3.1.1 Software desing.....	45
3.2 Базовий зв'язок.....	46
3.2.1 Hardware Design.....	47
3.3 Програмна розробка квадрокоптера.....	49
3.3.1 Потік даних.....	53
3.4 Графік реалізації.....	53
3.5 Висновок до третього розділу.....	54
РОЗДІЛ 4 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	56

4.1	Визначення стадій технологічного процесу та загальної тривалості проведення НДР.....	57
4.2.	Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи.....	59
4.3	Розрахунок витрат на електроенергію.....	62
4.4	Розрахунок витрат на матеріали.....	63
4.5	Розрахунок суми амортизаційних відрахувань.....	63
4.6	Обчислення накладних витрат.....	64
4.7	Складання кошторису витрат та визначення собівартості НДР.....	65
4.8	Розрахунок ціни НДР.....	65
4.9	Визначення економічної ефективності і терміну окупності капітальних вкладень.....	66
<b>РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....</b>		
5.1	Охорона праці.....	68
5.2.	Оцінка надійності системи матеріально-технічного постачання і виробничих зв'язків.....	70
5.3.	Забезпечення безпеки життєдіяльності робітників і службовців об'єкта та населення в умовах надзвичайних ситуацій техногенного походження.....	71
5.4.	Висновок до розділу «Охорона праці та безпека життєдіяльності».....	74
<b>РОЗДІЛ 6 ЕКОЛОГІЯ.....</b>		
6.1.	Статистичне групування в екології.....	75
6.2.	Моніторинг стану ґрунтів.....	78
6.3.	Висновок до розділу «Екологія».....	79
Загальні висновки.....		81
Список використаної літератури.....		83
Додаток А тези конференцій.....		87



## ВСТУП

Актуальність теми роботи: Безпілотні літальні апарати з елементами самокерованості знайшли широке застосування. Квадрокоптери, для виконання певних функцій, обладнуються засобами навігації, інфрачервоними чи ультразвуковими датчиками відстані та польотними контролерами, які дозволяють їм зберігати фіксоване положення в просторі чи слідувати визначеній траєкторії. Разом з тим, швидко змінити польотне завдання чи зреагувати на зміну обстановки оператор дрона часто не здатний в зв'язку з складним в застосуванні інтерфейсом та особливостей апаратної бази квадрокоптера. Виконання багатьох завдань та маневрів вимагають тривалого навчання оператора дрона. Існуючі підходи до побудови людино-машинного інтерфейсу системи керування квадрокоптером, хоч значно спрощують освоєння та використання, за рахунок рефлекторного, інтуїтивно зрозумілого способу керування, мають певні недоліки, зокрема, базуються на пропрієтарних рішеннях, складні в налаштуванні та дорогі в реалізації. Це зумовлює актуальність досліджень, спрямованих на виділення ключових функцій та особливостей інтуїтивно зрозумілої, надійної та простої в реалізації системи керування безпілотним літальним апаратом.

Мета і завдання дослідження. Метою даної роботи є проведення дослідження стану технологій жестового керування квадрокоптерами, виділення базового та розширеного функціоналу а також способів їх ефективної реалізації.

Об'єкт дослідження: Комп'ютерні системи керування безпілотними літальними апаратами.

Предмет дослідження: Способи реалізації дистанційного керування силовою установкою квадрокоптера та методи тестування апаратної та програмної підсистем навігації безпілотних літальних апаратів.

Методи дослідження: аналітичний, економіко-статистичний, теоретико-емпіричний.

Наукова новизна одержаних результатів. В ході дослідження на основі аналізу сучасної апаратної бази та рівня розвитку технологій сформульовано мінімальні вимоги для реалізації системи жестового керування квадрокоптером.

Практичне значення отриманих результатів. Розроблена методика дозволяє вирішити проблему створення бюджетної системи жестового керування дроном з базовим або розширеним набором функцій. Розробники апаратно-програмних рішень для систем керування квадрокоптерами, які базуватимуться на проведених дослідженнях, отримають можливість обрати та надійно реалізувати необхідний функціонал з мінімальними затратами матеріальних ресурсів та часу.

У Вступі обґрунтовано актуальність теми дипломної роботи, сформульовано її мету та завдання, що вирішуються, наведено об'єкт, предмет, методи дослідження, практичне значення отриманих результатів.

В розділі 1 дипломної роботи проведено аналіз предметної області, розглянуто основні технології, які використовуються при створенні квадрокоптерів та характерні особливості цих систем.

В розділі 2 зроблено огляд апаратної бази, компоновання та принципів проектування, які доцільно застосовувати для розв'язання завдання роботи.

В розділі 3 визначено ефективні методи побудови систем жестового керування квадрокоптером, а також засоби та методи програмної реалізації системи жестового керування, подано практичні рекомендації для забезпечення надійної реалізації базових та розширених функцій системи жестового керування.

В розділі «Обґрунтування економічної ефективності» розкрито питання обґрунтування економічної ефективності від впровадження результатів дослідження, проведеного в дипломній роботі.

В розділ «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» присвячений вимогам з охорони праці та техніки безпеки відповідно до

нормативних документів щодо протипожежних заходів, виробничої санітарії та гігієни, проведено оцінку дії електромагнітного поля на людину та способів захисту від нього.

Також розглянуто питання оцінки стійкості системи управління і постачання суб'єктів господарювання, підготовка до відновлення порушеного виробництва.

В розділі «Екологія» проведено ознайомлення з основними статистичними показниками екологічних явищ, а також вимогами до проведення державної та громадської екологічної експертизи.

## РОЗДІЛ 1

### ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

#### 1.1 Види БПЛА

Літальний апарат пілотований дистанційно, або виконує політ автономно, без пілота. Також їх називають безпілотниками або дронами. БПЛА до недавнього часу мали лише військове призначення, і можливість їх використання була тільки у армії. Безпілотники виконували завдання по аерозйомки (фото,відео), радіорозвідки, виявлення об'єктів і ін. Однак за останній десятиріччя сфера розробки і створення безпілотних систем вийшла за ці рамки, і сьогодні БПЛА застосовуються за різними цивільним напрямками.

По виду і області виконуваних завдань дрони діляться на 3 основних типи:

- безпілотні літаки;
- безпілотні вертольоти;
- безпілотники мультимоторного типу(див. рисунок 1.1).



Рис. 1.1. Безпілотники мультимоторного типу

Безпілотні літаки здатні долати великі відстані, складну аерозйомку практично при будь-яких метеоумовах максимальна якість роботи і ефективність виконуваних завдань можливі на відстані не більше 70 км від наземної станції управління. Під час польоту потрібно підтримання високої швидкості (до 400 км / год). Час перебування в польоті: від 30 хвилин до 8 годин. До недоліків можна віднести складність запуску і посадки. Запуск необхідно здійснювати, використовуючи спеціальний пристрій (катапульту), щоб надати апарату початкову швидкість. Посадка вимагає посадкової смуги або виконується з використанням парашута, що в значній мірі затрудняє забезпечення точної посадки. Плюс до всього, посадка на парашутній системі викликає виникнення перевантажень, негативно позначаються на незахищених елементах корисного навантаження і фотообладнання.

Безпілотні вертольоти не вимагають спеціальних пристроїв для зльоту або злітно-посадкових смуг. На відміну від літаків вони трохи більше вибагливі до погодних умов. Час польоту – від 30 хвилин до 3 годин. конструкція таких БПЛА складна у порівнянні з літаками або мультіроторними апаратами, так як вимагає наявності складного автомата перекошу лопатей основного і хвостового гвинтів. Важливою перевагою вертольотів перед іншими типами літальних апаратів є наявність режиму самовращення несучого гвинта (авторотації), що може значно знизити збиток від падіння при відмові двигуна.

Мультимоторні безпілотні апарати (Мультикоптер) є багатомоторні і мають кілька несучих гвинтів (роторів). Як правило, конструкція таких дронів володіє 3, 4, 6, 8 або 12 гвинтами. Як і вертольоти, мультикоптер мають здатність вертикального старту (не вимагають до передачі пристроїв для запуску) і здатні зависати в повітрі з нульовою швидкістю, але більш прості в управлінні у порівнянні з ними.

Мультимоторні БПЛА не містять такі конструктивно складні елементи, як, наприклад, автомат перекошу, і в зв'язку з цим мають більш низьку вартість ремонту, є більш надійними, а так само відносно недорогі.

Серйозним недоліком такого типу безпілотників є практично повна втрата керованості при час виходу з ладу одного з гвинтів. Однак в даний час ведуться дослідження і проводяться експерименти по забезпеченню безпечної посадки або навіть продовження руху шести і восьмироторих апаратів в такій ситуації.

Найбільшого поширення набула мультіроторная конструкція з чотирма вентильно-моторними групами, кожна з яких складається з двигуна і гвинта з постійним кроком (кутом нахилу гвинтів). Такі дрони компактні, прості в збірці і налаштування, мають відносно невисоку вартість і витрата енергії в порівнянні з мультикоптер з кількістю гвинтів більше.

## 1.2 Перші квадрокоптери

Мультикоптер, або ж багато гвинтові вертольоти (як їх було прийнято тоді називати), розроблялися ще в ті часи, коли проектувалися перші вертольоти, але реалізація таких конструкцій була набагато складніше, ніж звичайних вертольотів, оскільки складним завданням була реалізація трансмісії, яка могла б від одного мотора передавати крутний момент відразу декільком роторам. При цьому треба або диференційовано подавати крутний момент на ротори, або робити керуючі рулі під роторами. Тому винахід хвостів ротора гелікоптера і автомата перекоосу змусило закинути це направлення як безперспективне на той момент.

Першим чинним прототипом квадрокоптера (і заодно всіх нині існуючих вертольотів) був вертоліт Ботезату, що піднявся в повітря в 1923(див. рисунок 1.2).

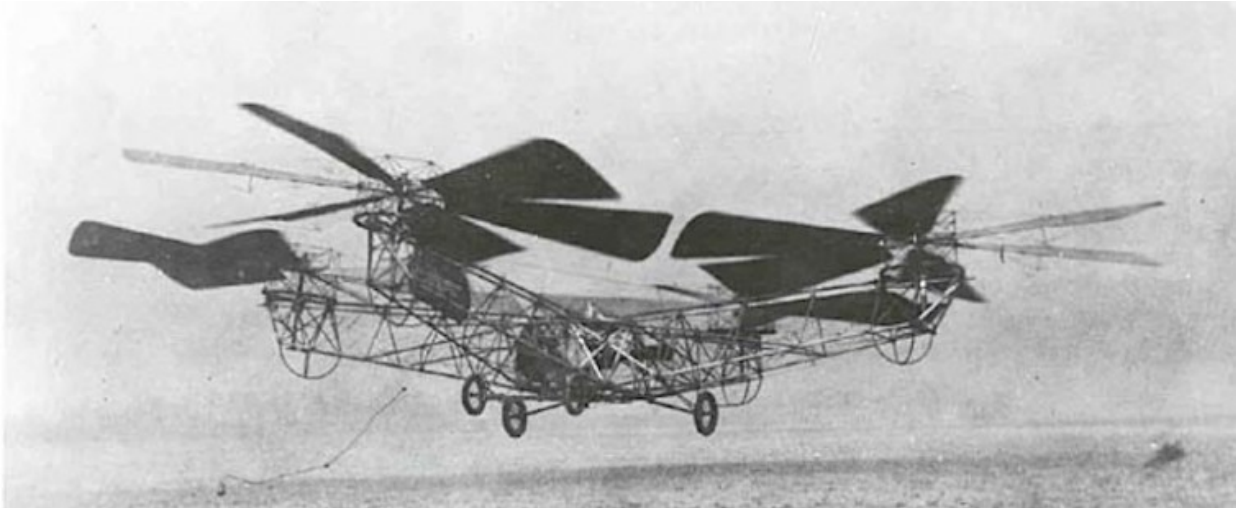


Рис.1.2. Квадрокоптер Ботезату 1923р

У грудні 1922 року в Дайтоні почалися польоти гелікоптера Г. Ботезату, колишнього професора Петроградського технологічного інституту. Ботезату звернувся до багато гвинтової схеми: диференціальне, роздільне управління тягою гвинтів обіцяло надійне управління поворотами у вертикальній площині, тобто зміною положення носової частини гелікоптера щодо лінії горизонту.

Чотири шести гвинтові гвинти розташовувалися на кінцях хрестоподібної ферми зі сталевих труб з розтяжками з рояльних струн. Два невеликих гвинта з горизонтальною тягою служили для колійного управління і поворотів в режимі висіння.

До весни 1923 року М. Ботезату, пілоти Т. Бейн і А. Сміт зробили кілька вдалих польотів. В одному з них вертоліт підняв на 4 м корисний вантаж вагою 450 кг.

Розробка квадрокоптера велася на гроші армії США. Мета – створити літаючий апарат з вертикальними зльотом і посадкою. Однак проект був закритий через низку проблем. Наприклад, щоб просто летіти вперед, був потрібен попутній вітер.

Були й пізніше певні спроби створення таких апаратів, але друге життя ця ідея отримала у авіо-моделістів в 2000-х роках, коли стала широко

доступні модельна електроніка та апаратура радіоуправління. Першими отримали поширення саморобні трікоптери завдяки тому, що для реалізації такої схеми не потрібно було ніякого специфічного контролера, тільки модельні безколекторні двигуни, регулятори обертів, вертолiтні гіроскопи і сервіс машинка для реалізації поворотного керуючого вузла(див. рисунок 1.3).



Рис 1.3. Трікоптер. Один з перших мультикоптерів

Саме з цього моменту Мультикоптери почали ставати популярними. Вони були прості і не дуже затратні в виготовленні. Природно, стали робитися спроби отримати кадри з повітря, для чого стали фіксувати на БПЛА легкі і мініатюрні фотоапарати, відеокамери і навіть телефони.

У 2006 році німецькою компанією Mikrokopter був створений польотний контролер для Мультикоптера, що позолочений досягти абсолютно нових можливостей.

З цим пристроєм Мультикоптери були здатні утримувати позицію по GPS, робити автономну посадку і автоповернення в разі втрати сигналу, та й взагалі, володіли більшістю всіх тих можливостей, якими володіють сучасні мультикоптери.



Саме з появою цього контролера можна пов'язувати появу аерофотозйомки з безпілотних Мультикоптерів як професійного виду діяльності. Стали з'являтися професійні команди по аерофотозйомку, які пропонували якісні послуги по зйомці фото з висоти, створення відеороликів з повітря і зйомці панорам.

Контролери від Мікрокоптер мали і недоліки. По-перше, вартість їх була велика, тільки один польотний контролер коштував не менше 1000 \$. По-друге, він складався з безлічі плат, які збиралися користувачем вручну, що вимагало навичок пайки і початкових знань радіоелектроніки. По-третє, на будівництво цього контролера була досить складною.

Наступний крок у розвитку цієї області був здійснений китайської компанією DJI-Innovations. Їх польотний контролер DJI Wookong-m був орієнтований на більш широке коло користувачів, і його використання не вимагало спеціальних навичок і знань. Елементи контролера потрібно було лише з'єднати коннекторами між собою без пайки, а програма настройки була легка і зрозуміла на практично кожному, при цьому можливості цього контролера перевищували по багатьма параметрами розробки німецького Мікрокоптер. Вартість цього контролера була теж високою, але простота настройки і управління, а також його надійність і можливості дозволили DJI зайняти впевнену позицію на ринку польотних контролерів.

Ще один значний крок в історії розвитку Мультикоптера зробили знову ж DJI-Innovations, які на цей раз випустили дешевий, надійний і доступний багатьом контролер Naza для Мультикоптера, який мав більшість можливостей попередньої професійної моделі.

Завдяки цьому використання Мультикоптера стало доступно кожному, і стала активно розвиватися аерозйомка.

### 1.3 Сфери застосування квадрокоптера

Завдяки простоті в експлуатації і маневреності квадрокоптери стають інструментом для вирішення все великої кількості. проводиться величезна кількість експериментів по інтеграції такого роду літальних апаратів в різні сфери промисловості і діяльності людини.

Дрони останнім часом отримують багато негативної критики. Нерідко публікуються новини про використання квадрокоптера з метою шпигунства і вторгнення в приватне життя людей або про випадки нанесення травм дронами. Проте, є багато корисних способів застосувати безпілотні літальні апарати авіакомпанії стурбовані можливістю дронів перебувати поблизу їх повітряних суден під час рейсів, так як це може нести загрозу. Проте, EasyJet і ряд інших авіакомпаній оцінюють використання безпілотних літальних апаратів, а саме квадрокоптера, в якості інструментів для прискорення перевірки повітряних суден при профілактичних оглядах або перед введенням судна в експлуатацію.

Сьогодні інспектування літака виконується кваліфікованими фахівцями. Оглядати внутрішні частини легко, але огляд зовнішньої обшивки може виявитися важким, і вимагає рухливих платформ, які допоможуть отримати доступ до всіх частин літака. В результаті для повної інспекції буде витрачено багато часу, яке є цінним ресурсом для авіакомпаній. Тому авіакомпанії використовують квадрокоптери, оснащені камерами високої чіткості, щоб прискорити цей процес. Квадрокоптери можуть літати навколо літаків, знімаючи фотографії високої чіткості і відео, які інженер може потім переглянути замість того, щоб застосовувати складні конструкції для отримання доступу до всіх елементів повітряного судна для огляду.

Також одним з показових прикладів є їх застосування в пошуково-рятувальних роботах. Застосування спеціалізованих дронів для пошуку рятувальними команди під час надзвичайних ситуацій ведеться на протязі декількох років. Цьому сприяють такі можливості дронів:

- літати невисоко над землею, не уявляючи небезпеки для людей;
- маневрувати і літати в важкодоступних зонах;
- виробляти фото і відеозйомку з повітря по значно меншій ціні в порівнянні з класичними вертольотами.

Як повнорозмірні літаки, вони можуть нести камери високої чіткості і навіть тепловізійні системи, щоб допомогти знайти людей і тварин. У зв'язку з цим дрони використовуються все частіше і частіше в рамках пошуково-рятувальних робіт.

Для квадрокоптера знайшли застосування і в медицині. Microsoft проводить дослідження з використанням безпілотних літальних апаратів попередження без корисних. Дрони оснащуються пристроєм для збору комах, а потім пролітають в різних галузях, що становлять інтерес для дослідників. Дрон обертається з зібраними комахами, які потім використовуються вченими для аналізу. Результати аналізу використовуються для прогнозування спалахів в локальних областях.

Зрозуміло, сам аналіз є дуже трудомістким завданням. По-перше, дрони і пов'язані з ними пристрої збору комах не можуть відрізнити одної комаху від іншої, і не можуть зібрати тільки комарів, в яких вчені зацікавлені найбільше. Ці комахи повинні бути відсортовані вручну, і москіти відібрані для досліджень. Потім, витяг зразків крові і їх аналіз є дуже складним процесом. Але, незважаючи на складність цієї методики, в недалекому майбутньому вона отримає більш широке поширення, і вчені зможуть публікувати зведення, попереджує людей, що живуть в умовах підвищеного ризику або віддалених районах, про можливість заразитися малярією та іншими загрозливими для життя захворюваннями. Це дозволить людям вжити захисних заходів, перш ніж ситуація посилиться, і станеться спалах захворювання.

Також БПЛА застосовуються для вивчення вулканів, обробка відомостей про яких дає можливість більш точного прогнозування виверження, допомагає при дослідженні мінералів всередині і навколо лави,

дослідженні газів, що випускаються вулканом, а також дозволяє дізнатися більше про ядро Землі.

Звичайно, основною проблемою при вивченні вулканів є наявність високих температур і токсичних газів. Термокостюми вирішили більшу частину цієї проблеми, але в них важко пересуватися. Отримання знімків з повітря разом з вимірами було практично неможливо, використовуючи класичну авіаційну техніку, так як ця техніка не могла літати досить близько. Тому без пілотні літальні апарати почали використовувати для аерофотозйомки вулканів і збору зразків повітря поблизу них по всьому світу. Це дозволило вченим отримати додаткові дані, а також створити більш точні віртуальні моделі кратерів вулканів. Віртуальні моделі дозволяють вченим вивчати вимірювання в кратерах з плином часу для прогнозування наступного виверження вулкану.

Квадрокоптера все більше застосування знаходять БПЛА в області безпеки і спостереження. Вони можуть швидко дістатися до зони, що охороняється і оглянути її, повністю виключаючи всі ризики для зовнішнього пілота квадрокоптера використовуються для:

- боротьби з браконьєрами;
- охорони будівель і споруд;
- патрулювання кордонів;
- спостереження за тюремними територіями;
- спостереження за скупченнями великої кількості людей на протестах і демонстраціях;
- спостереження за ситуацією на дорогах в зонах сильно жвавого руху і повчанні відомостей про ДТП.

Використання безпілотників для безпеки і спостереження стає популярним, в зв'язку з чим кількість компаній, що спеціалізуються на цьому, зростає з кожним днем.

Квадрокоптери починають все більше і більше використовувати при видобутку корисних копалин. Дрони запускаються для виконання завдань,

які є важкими або небезпечними для працівників. Як і в інших галузях промисловості, безпілотні літальні апарати виявляються дуже цінними при інспектуванні інфраструктурної частини гірничодобувної системи.

Дрони витісняють застосування "ручної" перевірки і дорогих в експлуатації вертольотів при регулярних оглядах таких об'єктів, як лінії електропередач, дороги і обладнання.

Щоб забезпечити безпеку співробітників кар'єрів, безпілотні літальні апарати також використовуються для періодичної перевірки потенціально небезпечних зон, таких як стіни ям і входи в шахти.

Квадрокоптера також можуть бути використані для складання карт і моделювання, що має велике значення для гірничодобувних компаній, причому застосування безпілотних літальних апаратів в цій області забезпечує

більш точні карти і моделі, і набагато дешевше в порівнянні з традиційними методами.

Можливо, саме фермерська індустрія більше всіх дозріла для застосування безпілотних літальних апаратів. Наприклад, завдяки GPS, квадрокоптер може облетіти ферму і відстежити ділянку, на якому не вистачає зрошення або поживних добрив. Потім, він відправить точні координати господареві, який за допомогою трактора проведе його добриво. Або якщо розглядати цю задачу більш глобально, квадрокоптер може сам провести обробку поля, облетівши всю його площу. Також БПЛА застосовуються, наприклад, для моніторингу апельсинових дерев на предмет наявності хвороб, небезпечних для цитрусових.

Це далеко не повний список можливих способів застосування квадрокоптер, проте він наочно демонструє їх універсальність для вирішення завдань найширшого спектра.



## 1.4 Можливості квадрокоптера

Використання квадрокоптера в таких сферах, як моніторинг довкілля, сільське і комунальне господарство, побутова сфера і дозвілля, ліквідація наслідків техногенних аварій, аерофото і відеозйомка.

Можливі завдяки ряду можливостей квадрокоптера, що дає їм перевагу по відношенню до інших видів безпілотних літальних апаратів.

### 1.4.1 Базові можливості

У базовій комплектації квадрокоптера володіють наступними можливостями:

- піднімати на висоту до 5 кілометрів корисне навантаження вагою до 7 кг. в якості корисного навантаження може бути фото, відеообладнання, датчики, тепловізори, листівки для оповіщення населення про надзвичайні події;

- зависати на заданій оператором висоті з можливістю її плавного збільшення і зменшення;

- переміщатися в усіх напрямках зі швидкістю до 110 км / год на відстань до 12000 метрів;

- перебувати в повітрі в межах від 7 до 50 хвилин - залежить від конфігурації апарату і його корисного навантаження;

- експлуатуватися в широкому діапазоні температур зовнішнього повітря від 30С до 55С, а також при швидкості повітря до 20 м / с.

### 1.4.2 Можливості при розширеній апаратній базі

При оснащенні апарату додатковим обладнанням, крім вище перерахованих можливостей, апарат здатний:

- здійснювати автономний політ по маршруту, позначеному точками на карті з зупинками в даних точках на заданий оператором час, із заданою точністю утримання позиції;

- утримувати задану оператором висоту і положення;

- повертатися до місця зльоту від будь-якої точки маршруту і від будь-якого утримуваного положення;
- здійснювати політ із зафіксованою в певному напрямку віссю апарату;
- трансляція відеопотоку з борта апарата, для візуального контролю місцевості з борта апарата.
- наявність можливості телеметричного контролю оператором на землі всіх параметрів летить апарату (його положення за координатами GPS, заряд батареї, струм споживання, витрачена ємність батареї, польотний час, орієнтацію по сторонах світу, кількість супутників в системі GPS);
- дані виводяться на екран РС з можливістю втручання в параметри, а також у вигляді накладеної текстової інформації на відео потік з борта апарата;
- запуск виконавчого механізму на борту апарату по команді з землі.

#### 1.4.3 Можливості при введенні додаткових програмних компонентів

При оснащенні апарату додатковим програмним забезпеченням, крім вищевказаних можливостей, апарат здатний:

- здійснювати автономний політ по маршруту, позначеному точками на карті з зупинками в даних точках на заданий оператором час, із заданою точністю утримання позиції і на заданій висоті, а також фіксація осі апарату на заданий об'єкт, що дозволяє знімати об'єкт при обльоті його по точках в повністю автоматичному режимі;
- реагувати на події, серед яких, розряд батареї, перевищення дистанції або висоти, втрата зв'язку з оператором. Реакцією може служити повернення на місце зльоту;
- здійснювати запис траєкторії польоту з супутніми параметрами на карту пам'яті;
- виводити голосові повідомлення на комп'ютер, який є наземної станцією, про найбільш критичних параметрах серед яких, розряд батареї,



перевищення дистанції або висоти, втрата зв'язку з оператором, польотний час, дистанція до будинку і до мети;

- управляти наземним поворотним механізмом з базовими спрямованими антенами для здійснення кращої радіозв'язку з рухомим об'єктом;

- компенсувати гіроскопічними стабілізованою підвісом фото і відеобладнання нахилу літаючої платформи в 4-х напрямках, для забезпечення горизонтальності знімків і відеозйомки.

Можливості конкретного квадрокоптера багато в чому залежать від характеристик системи управління. На сьогоднішній день існує великий вибір польотних контролерів з різними характеристиками і в широкому ціновому діапазоні. Вибір електроніки залежить від того, вирішення яких завдань покладається на квадрокоптер.

## 1.5 Висновки до першого розділу

Багато області науки і промисловості вимагають наявність гнучкого інструменту, що володіє великою кількістю функцій, для виконання найрізноманітніших завдань.

У зв'язку з цим особлива увага приділяється розробці польотних контролерів, що представляють собою систему управління квадрокоптера. Вони повинні бути надійними, мати малі масо-габаритні показники, високу потужність, можливість адаптації алгоритмів польоту для вирішення поставлених цілей.

Поєднання цих вимог призводить до того, що польотні контролери мають високу цінову категорію (сотні доларів), але виробники стараються забезпечити контролер максимальною кількістю функцій при меншій вартості. При вирішенні різного роду завдань і організації технологічних процесів необхідно в умовах обмежених апаратних ресурсів забезпечити

максимальну продуктивність, що веде до пошуку способів найбільш ефективно використовувати апаратуру.

В цілому вимоги до системи управління квадрокоптера можна сформулювати так:

- гнучкість – система повинна мати можливість легкого перепрограмувати під інший тип виконуваних для квадрокоптера робіт;
- універсальність – система може підходити до різних типів мультимоторних БПЛА, з урахуванням найменшої часу настройки;
- невисока вартість – система повинна бути легко доступна на ринку, з метою масового використання.

## РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ КОМПОНЕНТІВ ДЛЯ РОЗРОБКИ ДРОНА

### 2.1 ВИМОГИ ДО ДРОНА

#### 2.1.1 Вимоги до дрона

Для того, щоб цей проект функціонував ефективно і добре відповідав своєму призначенню, йому потрібно задовольнити вимоги, визначені проблемою [1]. Як обговорювалося в попередніх розділах, контролер повинен бути інтуїтивно зрозумілим. Контролеру на безпілотнику необхідно спільно працювати та передавати відео в прямому ефірі в приміщенні на відстані не менше 30 метрів для забезпечення універсального використання. І останнє, але не менш важливе, час налаштування системи має бути не більше п'яти хвилин.

Було прийняте рішення розділити проект на три частини: контролер жестів, базу зв'язку та квадрокоптер. Ця конструкція розділяє контролер і базу зв'язку, щоб мінімізувати вагу контролера жестів, тим самим мінімізуючи втому та зменшення мобільності власника. Натомість база зв'язку зробить «важкий підйом» з точки зору обчислення та інтерпретації жесту та передачі даних між контролером та квадрокоптером. У наступних параграфах розглянемо вимоги до кожної частини.

#### 2.1.2 Рукавичка

Рукавичка це те, що найбільш сильно відрізняє нашу систему від інших [2]. Цей контролер пропонує дуже інтуїтивний, простий спосіб пілотування таким чином, що навіть людина, яка не має досвіду керування БПЛА зможе легко обучитись керувати приладом. Пророблена можливість керувати літальним апаратом вручну у разі несправності рукавички часом до десяти хвилин, для того, щоб усунути проблему, яка виникла. Будь-яка установка для ручного контролера, буде включати в себе калібрування датчика руху / положення, що буде займати менше 5 хвилин. Контролер буде

важити менше, ніж 250 грамів, щоб не втомлювати пілота, поки він контролює дроном. Там буде спеціалізуватися такі команди, як злітати, стоп, і зависанні, які спростять складні функції дрона. У той час як пілот контролює квадрокоптер спеціалізованих команди, які позначаються кнопками і гнучким датчиком, повинні мати пріоритет над контролем руху. Наприклад, коли квадрокоптер знаходиться в режимі висіння пілот зможе переміщати свої руки, не посилаючи рух в дрона. Найголовніше, рукавичка повинна мати можливість приймати інформацію від датчика руху / положення, кнопки [3].

### 2.1.3 База зв'язку

Основна мета для бази зв'язку має два аспекти. По-перше, як впливає з назви, база відповідає за зв'язок між іншими частинами цієї системи. По-друге, базові комунікаційні потреби, щоб обчислити і інтерпретувати дані руху і перевести його в відповідний керуючий сигнал для квадрокоптера.

Базі зв'язку необхідно обробляти три лінії зв'язку, тобто від ручного контролера до основи зв'язку, управління польотом від заснування зв'язку з дроном і відеоданими від дрона назад до бази зв'язку. Так як оператор буде носити як контролер і комунікаційної бази, дальність зв'язку необхідно обмежити 5 метрів максимум.

Проте, зв'язок між базою і квадрокоптером є більш складним процесом. Квадрокоптер повинен працювати в діапазоні, щонайменше, 30 метрів в приміщенні від заснування зв'язку для комфортної роботи з квадрокоптером. Для оператора, щоб отримати візуальний зворотний зв'язок, то потік передачі відео повинна мати такий же діапазон. Крім того, дозвіл для камери повинно бути досить високою якістю. Це вимагає камери, щоб мати, принаймні, розширення 960P для цифрової камери або 900TVL (ТВ лінії) для аналогової камери. ТВЛ є мірою горизонтального розширення, Затримки від контролера до квадрокоптера і від камери до базової необхідності бути коротше, ніж 0,6 секунди, час, мінімальна реакція людського зору.

База зв'язку повинна інтерпретувати і декодувати дані руху від контролера жесту. Час декодування буде вносити вклад в загальну затримку між жестом і командою польоту, таким чином, апаратні засобами, повинно мати високу швидкість обробки і потреба алгоритму, щоб бути ефективними. На даний момент час обробки інформації повинна бути не менше 0,3 секунди. Це часом не буде важко зберегти для основного руху рук, але, безумовно, буде більш складним процесом, оскільки було додано більш складних жестах [2, 3].

Оскільки базовий зв'язок буде універсальним він не може бути громіздким або важким. Швидше за все, це повинен бути невеликий ящик, який може зачепитися на поясі. Для того, щоб досягти цього, база зв'язку повинна бути менше, ніж  $10 * 10 * 5$  см і легше, ніж 4 кг. Максимальний час роботи для бази повинна бути не менше однієї години.

#### 2.1.4 Опис квадрокоптер

Використовуючи рукавичку, і він буде відправляти потік відео назад в монітор FPV. Для виконання цих завдань, то дрон повинен відповідати наступним вимогам [4, 5].

По-перше, жестове контролювання дроном повинен бути в змозі літати так само, як традиційний дрон і підтримувати основні рухи дрона: крен, тангажу. Крім того, дрон повинен також мати можливість проводити спеціальні рухи, такі як аварійний остановки і злітати. За допомогою спеціальних команд, жест керованої система квадрокоптер може бути більш інтуїтивною і безпечніше літати.

По-друге, дрон повинен реагувати на будь-яку команду від рукавички протягом 0,6 секунд, коли він знаходиться в межах робочого діапазону від заснування зв'язку. Короткий час відгуку дозволяє пілоту, щоб мати більш точний контроль над дроном.

По-третє, так як високошвидкісний БПЛА може призвести до серйозних травм, тому максимальна швидкість в цій системі буде обмежено

до 10 метрів в секунду. Це дозволить квадрокоптеру літати досить швидко для його передбачуваного застосування, не будучи небезпечним для людей.

Весь квадрокоптер має бути менше, ніж 25 \* 25 \* 25 см так що це буде портативний дрон. Вага квадрокоптера буде складати, ніж 1,5 кг, щоб максимізувати свою спритність і звести до мінімуму споживання енергії. Таким чином, кожен комплект елементів живлення вимагатиме максимум 3 години, щоб повністю зарядити і підтримку принаймні 10 хвилин польотного часу.

І нарешті, це займе не більше 5 хвилин на пару радіопередавача на дрон з радіопередавачем на основі зв'язку, забезпечуючи легку установку між дроном і іншою частиною системи.

## 2.2 ОГЛЯД КОМПОНЕНТІВ

Вибір правильного обладнання та реалізації, які відповідають всім вимогам, має важливе значення для успішної реалізації проекту. У наступному розділі будуть перераховуватись альтернативні частини і реалізації і обґрунтувати вибір [6], який зроблений в контролері боку, базові зв'язку і конструкції квадрокоптера.

### 2.2.1 Апаратна архітектура рукавички

Дослідження показало що є кілька способів реалізувати подібні жест контрольованих систем. Деякі з них зробили це з визнанням відео, такими як студенти, які працювали з датчиком Kinect деякі з них зробили це за допомогою безконтактних датчиків і інші зробили це з рукавичкою, як контролер, як в даному проєкті. Була розпочата робота з дизайну рукавички. Після того, як загальний дизайну рукавички був обраний, прийнято рішення розбити на чотири основних компоненти рішень: датчик руху / положення, мікропроцесор для читання і перетворення сигналів, а також спеціалізовані індикатори команд.

Найбільш важливим компонентом є датчик руху / позиція, тому що це те, що рух в квадрокоптер покладається. Критерії положення датчика включає в себе здатність відчувати стан руки і швидкість, будучи малою потужністю, не будучи більше, ніж 5x5.

Сумісність з Arduino. У наведеній нижче таблиці наведено розбивка трьох альтернативних компонентів, а також датчик, який був обраний:

Таблиця 2.1

**Матриця прийняття рішень для руху / датчика положення для ручного контролера**

Компонент	Senses Положення та рух (40)	Низьке живлення (20)	Менше ніж 5x5 см 2 (20)	Працює з Arduino (20)	Всього (100)
Kionix Акселерометр 20	20	20	20	20	80
NXP Semiconductors MMA8453QT акселерометри датчики	20	20	20	20	80
Adafruit LSM9DS1 Акселерометр + Гіроскоп + магнітометр 9- DOF Поворотний	40	10	18	20	88

У Adafruit 9-ступенів свободи датчика прориву був той, який був обраний тому, що він здатний відчувати стан, швидкість і кут повороту об'єкта він приєднаний. Маючи як положення і рух забезпечує більш точний контроль дрона, оскільки обидва вони можуть бути використано при обчисленні напрямки, в якому квадрокоптер повинен йти. Наступне важливе рішення стало «мозком» рукавиці [8]. Важливими критеріями для мікроконтролера для задоволення є здатність взаємодіяти з датчиком 9-DOF Adafruit, маючи можливість отримувати живлення без громіздкою батареї,

маючи можливість мати безпечну проводку без використання макетної плати, а також можливість роботи з Arduino(див. рисунок 2.1).

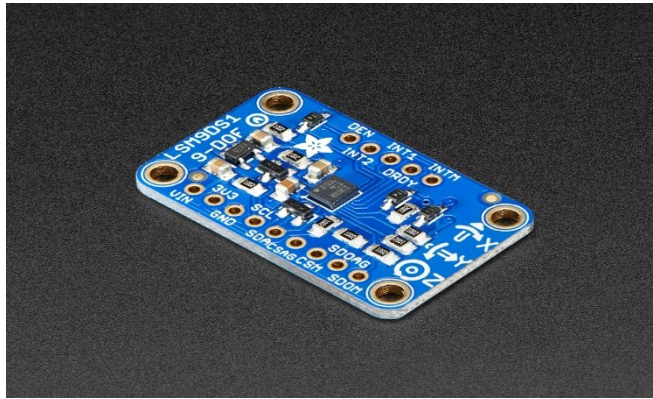


Рис. 2.1. Adafruit LSM9DS1

Таблиця 2.2

Матриця прийняття рішень для мікроконтролерів для ручного контролера.

Компонент	Працює з датчиком 40	Працює без громізких батарей 10	Підключення крім друкованої плати 30	Працює з Arduino (20)	Всього (100)
Adafruit Аксесуар - Міні Мікроконтролер	0	10	15	20	45
SparkFun AVR Pro Micro	30	5	15	20	70
LilyPad USB Plus	40	10	30	20	100

LilyPad USB Plus є найкращим вибором для мікроконтролера для даного проекту рукавиці він має Arduino бібліотеки і необхідний SDA і SCL шпильки до роботи з датчиком 9-DOF Adafruit. Інший цікавий аспект LilyPad є те, що вона працює з провідної ниткою, так що весь ланцюг може бути зшита в тканину рукавички, зменшуючи громіздкість, що мають паяний макет. Одним з останніх рішень ручного контролера було те, що буде контролювати спеціалізовані сигнали команд. Компоненти повинні були бути з низьким живленням, простий і прикріплюються до провідної нитки. Ці критерії виключені компоненти, такі як сенсорна панель на долоні вашої



руки, тому що це було б важко прикріпити до провідної нитки і потрібно тиск, щоб викликати це може втомлювати руку пілота. Остаточний вибір був гнучкий датчик уздовж пальця, щоб викликати злітати функції і LilyPad кнопки, щоб викликати функцію Hover і функцію Stop. Останній аспект ручного контролера, який був розглянутий зв'язок між ним і підставою зв'язку, який буде обговорюватися більш в базовій секції(див. Рисунок 2.2).



Рис. 2.2 – LilyPad USB Plus

### 2.2.2 Зв'язок з Базою

Найважливіше рішення для базової зв'язку є вибір для передавача і приймача. Основна увага для спілкування буде затримка, типу введення / виведення даних, діапазон, споживаної потужності і вартості. Для зв'язку між контролером жест і підставою зв'язку, робочий діапазон є меншим занепокоєння, оскільки ці дві частини будуть працювати в тісному діапазоні. З іншого боку, затримка і споживання енергії більш важливі, тому щоб мінімізувати загальну затримку рукавички не здатні підтримувати багато енергії. Два потенційних варіанти [7] використовується модуль радіозв'язку ближнього радіусу дії або модуль Bluetooth.

Низький рівень споживання енергії Bluetooth велика з точки зору споживання енергії, але страждає від того, менше надійності з точки зору передачі даних.

У квадрокоптерів, зв'язок 2.4Gz радіо використовується найбільш часто, як це пропонує хороший вибір роботи і проникнення, не вимагаючи величезну антену для прийому сигналу. Після того, як був проведено дослідження звузити рамки для 2.4Ghz радіозв'язку, в даному проєкті є два передавача, щоб вибрати з, DIY датчиків рівня хобі і XBee. DIY рівня хобі передавача спеціалізований передавач, які пристосовані для польотів Hobbyist quadcopters. Можна використовувати конфігурацію і продуктивність, які попередньо встановлена на передавачі, не надто багато

роботи. Недоліком є те, що потрібно декодувати відображення між вхідним сигналом і вихідним сигналом. Xbee є бездротовим зв'язком рівня промисловості, яка може бути повністю налаштована користувачами. Це відкриває багато доступності і потенціал для цього проекту. Однак, оскільки вся увага зосереджена над контролю жестів, використовувати Xbee не цілесобразно з роботи побудови системи управління для квадрокоптер з нуля занадто багато, і перекидає перевага, що Xbee може запропонувати. Зробивши аналіз було вибрано FrSky DHT 8CH, так як це тільки DIY модуль передавача на ринку [7].

Після того, як передавач був обраний, можна звузити вибір приймача, оскільки є тільки кілька приймачів, які сумісні з ним.

Таблиця 2.3 Матриця прийняття рішень для зв'язку між квадрокоптером і базаю

Компонент	Затримка	Дані (20)	Діапазон (30)	Споживана потужність (10)	Ціна (10)	Всього (100)
FrSky D8R-II плюс	25	20	25	8	8	88
FrSky V8FR-HV	25	15	25	8	8	83

D8R-II краще [10], ніж його колега, оскільки він може послати по статусу часу на дрони назад до передавача. Деякі з інформації, що міститься в статусі часу є висота і час автономної роботи від квадрокоптера(див. рисунок 2.3).



Рисунок 2.3 – FrSky D8R-II

Третій тип повідомлення є відеопотік з камери, встановленої на дроні до монітора, включених в базу. У цьому проекті використовується вже встановлений рівень FPV (від першої особи) камери. Цей особливий вид камери може бути підключений до відео передавачів і транслювати

зображення за допомогою радіосигналу. Сигнал буде отримано від монітора FPV до тих пір, як передавач відео і монітор на тому ж каналі. Для монітора вибрано найдешевший монітор на ринку, так як основна відмінність між моніторами дозволу. Вибір камери і відео передавач буде обговорюватися в останній частині секції БПЛА.

Підстава не має вимоги спеціалізованого мікропроцесора. Таким чином, вибрано просто в Arduino Uno, так як він є універсальним і простим у використанні.

### 2.2.3 Архітектура квадрокоптера

Для того, щоб спроектувати дрона який відповідає вимогам до конструкції, то квадрокоптер повинен, принаймні, такі компоненти: рама, контролер польоту, чотири ЕСК (Електронні регулятори швидкості), чотири двигуни обертальні, чотири повітряних гвинтів. А LiTi акумулятор, зарядний пристрій, А FPV камера, відео передавач FPV, радіоприймач і перетворювач сигналу. Для кожного компонента, існує значна кількість альтернативних варіантів на ринку. Таким чином, вибір дизайну для ключових компонентів описані нижче.

Контролер польоту є найбільш важливим компонентом [6]. Більш конкретно, він переводить радіосигнал з радіоприймача і переводить його на PWM (широтно-імпульсний модуль) сигнали і передають їх на ESC і двигуни, який приведення в дію необхідних основні та спеціальні рухів дрона в жесті контрольованої системи квадрокоптера. Для того, щоб оцінити, наскільки добре контролер польоту відправив послання в цій системі, існує шість основних критеріїв: це дозволяє модифікувати вихідний код, якщо він підтримує камеру FPV, безпеку, чуйність, доступність ресурсів і витрати. Серед критеріїв, якщо підтримує вихідний код модифікації і якщо дрон підтримує FPV камери є найбільш важливими критеріями.

Контролер попередньо запрограмований для підтримки основних рухів в дрон. Проте, для того, щоб проводити спеціальні команди руху і обмежити максимальну швидкість квадрокоптера, модифікації повинні бути зроблені до вихідного коду, встановленому в контролері польоту. Таким чином, для необхідного застосування, важливо для нас, щоб мати доступ до

модифікувати вихідний код БПЛА. Чуйність і наявні ресурси є другим найбільш важливим критерієм. Чуйність дуже важливо, оскільки квадрокоптер повинен реагувати на команди протягом 0,6 секунди. Наявність ресурсів також має важливе значення, оскільки ресурси, такі як вичерпне керівництво користувача і керівництво в різних форматах дозволяють нам мати повне уявлення про цільові компоненти. Виходячи з важливості кожної функції необхідного контролера польоту.

Таблиця 2.4

Матриця прийняття рішень для контролера польотів для дрона

Продукт	Вихідний код Модифікація (25)	FPV камера (25)	Реагування (15)	Наявність ресурсів (15)	Безпека (10)	Вартість (10)	Загальна оцінка (100)
DJI Naza MV 2	0	25	12	8	10	2	57
3DR Pixhawk Mini	25	25	12	8	10	3	83
KakuteF4, V2, AOC	25	25	12	14	6	8	90

Для контролера польоту, три популярні моделі на ринку вважаються: DJI Naza MV, 3DR Pixhawk Mini і KakuteF4 V2. З точки зору змінюваний вихідний код, то 3DR Pixhawk Mini і Kakute F4 V2 AiO дозволяють налаштувати програми, але DJI Naza.

MV-не дозволяє користувачеві налаштувати встановлений код. Таким чином, обидва Kakute F4 V2 AIO і 3DR Pixhawk Mini отримати 25 балів за цим критерієм, і DJI Naza MV 2 отримує 0 балів. Все вибір контролера польоту має порти для FPV камери, так що все з них отримують 25 балів за критерії FPV камери. З точки зору оперативності, все варіанти контролерів польоту широко використовуються для гоночних квадрокоптерів, і таким чином, всі вони отримують 12 балів з 15 пунктів. Протягом наступних критеріїв, наявності ресурсів, все альтернативи мають добре документовану

інструкцію, але тільки Katute F4 V2 AIO має велику кількість підручників, написані ентузіастами. Таким чином, Katute F4 V2 AIO отримує 14 очок, а решта отримують 8 балів. Для аспекту безпеки, як DJI Naza MV 2 і 3DR Pixhawk Mini мають функції, щоб уникнути збоїв від дрона. Таким чином, вони обидва отримують 10 балів. Однак для Kakute F4 V2 AIO, дозволяє користувачеві налаштувати вихідний код, користувачі можуть мати свої власні функції для забезпечення безпеки, таким чином, він отримує 6 балів. З точки зору вартості, DJI Naza MV 2 коштує 3975 грн, 3DR Pixhawk Mini коштує 3450 грн, а Kakute F4 V2 AIO коштує 1025 грн. Таким чином, альтернативні варіанти, описані вище, отримують 2, 3 і 8 балів за критеріями вартості відповідно.

Другий варіант конструкції [10, 11], щоб зробити це ESC (електронний регулятор швидкості). Існує багато доступних квадрокоптер ESC на ринку, таких як 30A ESC Simonk, DJI E310 і Racerstar 30A V2. Всі вони є досить потужними, щоб підтримати гонки квадрокоптерів. З точки зору сумісності, DJI E310 в основному використовуються для роботи з контролером польоту DJI, в той час як Simonk і Racerstar широко використовуються для більш широкого кола диспетчерами. Таким чином, Simonk і Racerstar можуть бути кращим вибором. З точки зору ціни, Racerstar становить 350 грн кожен і Simonk становить 625 грн кожен. Ця різниця в ціні робить Racerstar кращим компонентом.

Вибір третього дизайну, щоб зробити це FPV камера і передавач відео. Основна вимога для камери FPV є дозвіл і продуктивність в темному світлі, так як багато хто з потенційних сценаріїв для цього проектуУ аналогової камери, пристрій для дозволу вимірювання є лінія TV, або ТВЛ. 900 ТВЛ приблизно дорівнює 960P для цифрової камери. Нам потрібна камера з щонайменше, 900 ТВЛ, щоб відрізнити обличчя нашої мети і потенційне зброю проводилися на відстані 5 метрів. Для того щоб мати допуск для низької освітленості, було вибрано 1200 ТВЛ камеру від Foxeer, який Foxeer Falkor.

Для передавача відео, було вибрано EACHINE VTX03 через його малого розміру, а також збалансовані енергоспоживання і діапазон. Одним з головних переваг для VTX03 є можливість перемикання на чотири різних режими енергоспоживання. Більш високе споживання енергії означає велику дальність передачі, але це буде розряджати батарею швидше і потенційно перегрів і пошкодити ланцюг. Можливість перемикання споживання енергії дає нам краще рішення при різних ситуаціях.

Для дрона, припав вибір на рами F450 і рама Martin II розглядаються. Обидві рами можуть змонтувати камеру FPV і є надійними і легкими. Однак, F450 коштує 825грн в той час як Мартін II коштує 675грн. Таким чином, кращим є кадр Марін II. Для інших компонентів, вони мають менш цікаві варіанти дизайну для обговорення, і більшість альтернативних варіантів компонентів оцінюються з точкою зору сумісності з іншими компонентами і вартістю(див. рисунок 2.4).



Рис. 2.4. Рама квадрокоптера Марін II

#### 2.2.4 Логістика підключення рукавички до квадрокоптера

Система квадрокоптерів жестового контролю буде мати три частини: рукавичка, базу зв'язку та квадрокоптер. Рукавичка виявить жести пілота та відправить їх на базу зв'язку. Потім комунікаційна база перетворить дані, які він отримує від ручного контролера, в додатні інструкції для квадрокоптера, після чого він посилає дані в квадрокоптер. Квадрокоптер відповідає на інформацію, що надсилається з бази зв'язку, і рухається правильним чином.

Квадрокоптер також приймає дані відео в реальному часі з камери FPV і передає їх назад на монітор бази зв'язку.

### 2.2.5 Архітектура рукавички

Рукавичка розбивається на три загальні завдання, одне - зчитування введення руки, це включає положення та рух та спеціалізовані команди [8]. Друге завдання - перетворити це в рядок, який може читати база зв'язку. Остаточне завдання - взяти рядок із даними, будь то спеціалізована команда чи зчитування руху, та надіслати їх до бази зв'язку за допомогою радіозв'язку. Нижче наведена блок-схема, що показує систему та типи зв'язку між ними (див. рисунок 2.5)

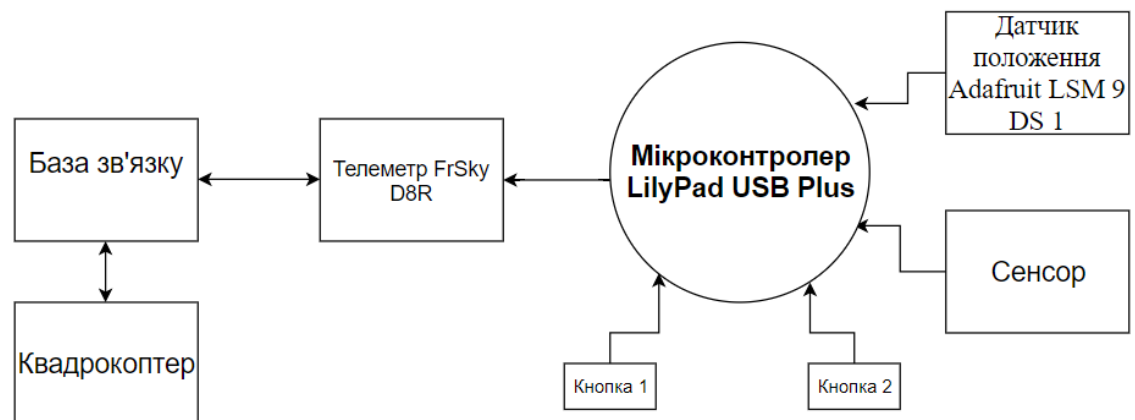


Рис. 2.5. Схема принципу роботи

Справжній Рукавичка буде зшитий за допомогою струмопровідної нитки в рукавичку, яка натягується, щоб більшість розмірів рук могли керувати квадрокоптером. Кнопки будуть розміщені на долоні, щоб великий палець міг дістатись до них, щоб натиснути на них. Гнучкий датчик буде підкладати середній палець з надією, що рукавичку вдасться використовувати будь-яку руку. LilyPad, 9-DOF-датчик і радіопередавач будуть знаходитись на звороті руки, щоб не перешкоджати руху. Як фактично підключено обладнання, викладено в наступному розділі.

### 2.2.6 Дизайн обладнання

Як було сказано в попередньому розділі, електропроводка для системи буде виконана за допомогою струмопровідної різьби, щоб компоненти можна було зшити в рукавичку для зручності використання та транспортування. Мозок системи - це LilyPad USB Plus - це мікроконтролер, який збирається зчитувати датчики, а також полегшує зв'язок між базою зв'язку та ручним контролером. Фактичний мікропроцесор, який працює в LilyPad USB Plus - це Arduino Mega, це означає, що він сумісний з продуктами Arduino та Adafruit. Це важлива якість, оскільки сенсор 9-DOF є продуктом Adafruit, це означає, що з'єднання між двома компонентами набагато простіше, ніж якби не продукт Arduino. Мікропроцесори Arduino мають штифти SDA та SCL, що дозволяє легко спілкуватись між процесором і датчиком. Все, що потрібно, - це завантажена бібліотека з веб-сайту Adafruit. Інші два типи входів - це датчик згину та кнопки. Датчик згину також має бібліотеку для ID ID Arduino, яку можна завантажити, а тип з'єднання - простий аналоговий контактний зчитувач. Кнопки також призначені для роботи з продуктами LilyPad і потребують лише простого цифровий вхідний контакт під час налаштування схеми. Заключна частина схеми - передавач радіозв'язку, для цього потрібен цифровий вихідний контакт. Конструкція схеми компонента ручного контролера порівняно проста, оскільки мета системи - надати користувачеві легкий досвід роботи з компонентами. Додавання складної схеми, яка не дозволяє контролеру бути надійною і робить його складним, що може порушити мету проекту(див. рисунок 2.6 )



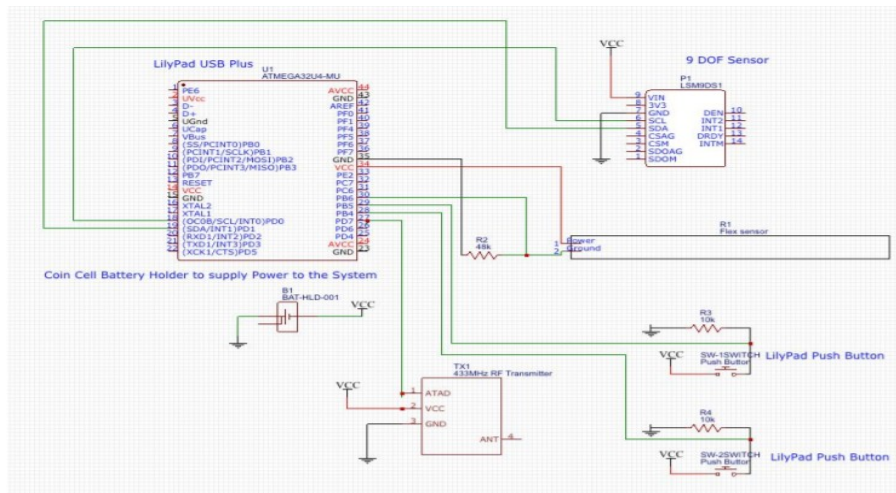


Рис. 2.6. Схема підключення компонентів на рукавичці

### 2.2.7 Порівняльний аналіз моторів і контролерів до них

Для даного проекту був проведений детальний порівняльний аналіз моторів і регулятор обертів для вибраного мотора [6, 10]. При порівняльному аналізі вибір припав на два мотори це T-Motor MCK 2207 1800KV і Dragonfly Hurricane 2207 KV1700 обидва сумісні з рамою Martin II. Но в кінцевому результаті було вибрано Dragonfly Hurricane 2207 KV1700 по тій причині що він економічно вигідніший (див. рисунок 2.7).



Рис. 2.7. Dragonfly Hurricane 2207 KV1700

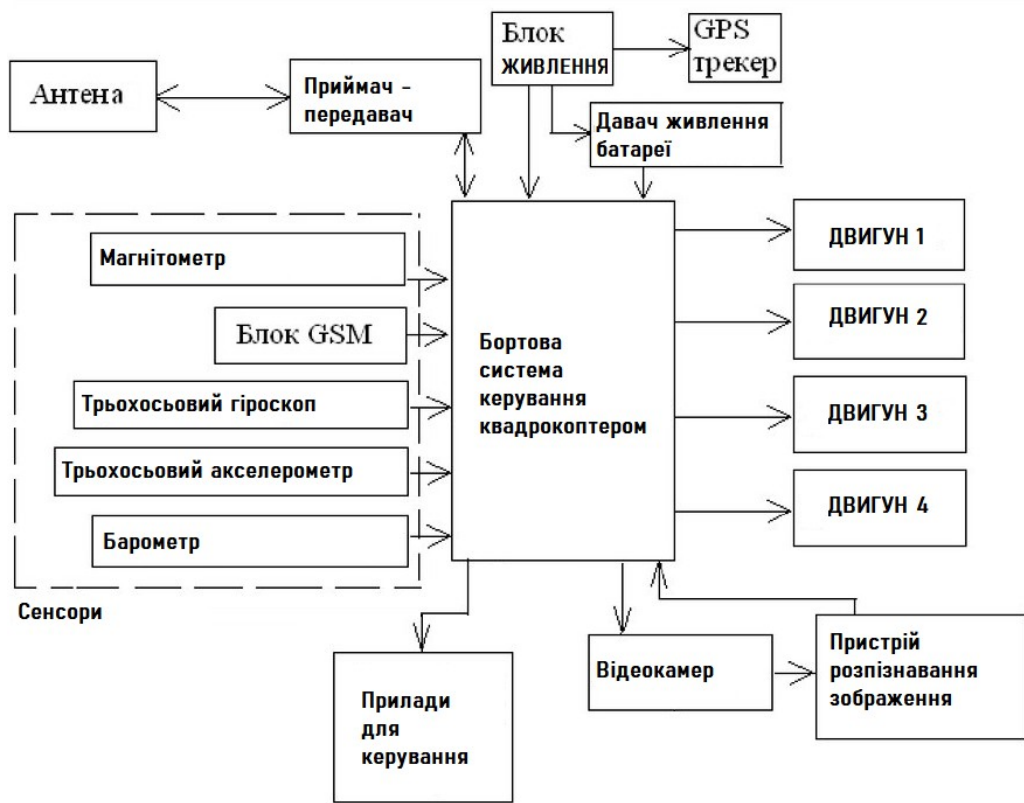
Для мотора Dragonfly 2207 був проведений аналі який поставити регулятор ходу в парі з даним мотором і було прийнято рішення поставити HobbyWing Platinum Pro 30A.

Регулятор ходу (ESC) для безщіткових двигунів. Максимальний струм 30A (в піках до 40A). Робоча напруга від 2S до 6S. Вбудований стабілізатор живлення (BEC) відсутній. Заточений під літаки. Регулятор відрізняється високою продуктивністю вбудованого мікроконтролера, відмінною сумісністю з більшістю двигунів, точної і швидкою реакцією на зміну сигналу управління, можливістю простого і швидкого оновлення прошивки через USB адаптер. Для виключення перешкод використовується оптична розв'язка в ланцюзі управління(див.рисунок 2.8).



Рис. 2.8. HobbyWing Platinum Pro 30A

На рисунку 2.9 зображено структурна схема квадрокоптера



Структурна схема квадрокоптера

Рис. 2.9. Структурна схема квадрокоптера

### 2.3 Висновок до другого розділу

У даному розділі були розглянуті питання:

1. Вимоги до дизайну.
2. Огляд рукавички.
3. База зв'язку.
4. Огляд квадрокоптера.
5. Архітектура квадрокоптер.
6. Логістика підключення рукавички до квадрокоптера.
7. Архітектуру рукавички.
8. Дизайн обладнання.
9. Порівняльний аналіз моторів і контролерів до них.

В першому питанні детально описано вигляд і структура БПЛА, а також вимоги до дизайну. В другому питанні було розглянуто контролер «ручний», описані його функції та для чого він призначений. В третьому питанні розповідається про «базу зв'язку», її основна мета та для чого вона призначена. Четвертим питанням в розділі є огляд самого квадрокоптера та його характеру. В п'ятому питанні розповідається про конкретні компоненти квадрокоптера, які реалізуються в даній роботі. В шостому питанні розглядається підключення рукавички до дрона. В сьомому питанні було розглянуто про компоненти рукавички, які реалізуються в роботі. В восьмому питанні було розглянуто про теорію роботи рукавички. В дев'ятому питанні було розглянуто порівняння моторів і контролерів до даних моторів

## РОЗДІЛ 3 АНАЛІЗ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ РОЗРОБКИ ДРОНА

### 3.1 ВИМОГИ ДЛЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

#### 3.1.1 Software desing

Розробка програмного забезпечення наведена нижче:

Рукавичка періодично посилає рух до бази.

Приймає вхідний сигнал від датчика 9-DOF Тип: протокол I2C (SDA і SCL) 19 Жест Controlled дрона системи, використання Arduino бібліотеку, щоб отримати інформацію від датчика, перетворення інформації в sendable рядки, це циклічне і робить це кожні кілька мілісекунд; управління за допомогою змінної [8, 9]

Hover Button – переривання повідомлення, Pin Тип: Digital I / O; спеціалізоване повідомлення, яке відправляється на базу, яка говорить дрону знижуватись, якщо він в даний момент в повітрі; світлодіодний сигнал на мікроконтролер, щоб показати контролер відключений; рух руки не будуть послані до контролера, поки не буде виведений з режиму Hover; дрон може бути проінструкований на землю з цього режиму.

Stop – переривання повідомлення, Pin Тип: Digital I / O; спеціалізоване повідомлення, яке відправляється на базу, яка говорить квадрокоптер до землі, якщо вона в даний час в повітрі; відключає руху контролера.

Take Off Flex Sensor – переривання повідомлення, Pin Тип: Аналоговий; так як дані Analog буде поріг «bentness», які вказують на функцію запуску; ця функція дозволяє контролер, щоб прочитати рух після того, як БПЛА завершив завдання; це запустить квадрокоптер з початковою функцією злітної, який буде йти в близько метра, то зависати псевдо-код, який реалізує функції, описані вище, наведені нижче (див. рисунок 3.1):

```

1 Hover_Button = interrupt_pin
2 Stop_Button = interrupt_pin
3 Take_off_Button = interrupt_pin
4
5
6 Set up the interrupts to read if button is pressed or flex sensor is bent
7
8 While(True){
9
10     While(Enable == 1){
11         get motion from 9 DOF Sensor
12         convert motion into string
13         send to base
14     }
15 }
16
17 Stop Function(){
18     Send Stop Message to Base
19     Enable = 0
20 }
21 Take Off Function(){
22     Send Take Off message to Base
23     Enable = 1
24 }
25 Hover On Function(){
26     Send Hover message to Base
27     Enable = 0
28 }
29 Hover Off Function(){
30     Enable = 1
31 }

```

Рис. 3.1. Псевдо-код

### 3.2 Базовий зв'язок

Є чотири підфункції в базовій зв'язку секції. Перший з них приймають інформацію від контрольного ручного контролера через ресивер 433MHz радіозв'язку. Arduino Uno в базі буде інтерпретувати команду і перетворити його в відповідну команду польоту. Третій повинен послати команду польоту в квадрокоптер за допомогою передавача. Остання частина використовувати монітор приймати і відобразити відеосигнал від дрона. Підключення апаратного забезпечення високого рівня показано нижче (див. рисунок 3.2):

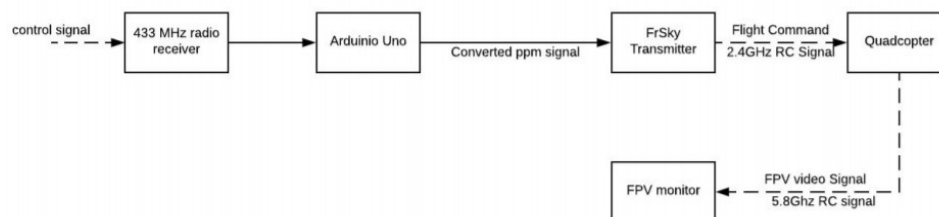


Рис. 3.2. Апаратні засоби зв'язку бази

Кінцевий продукт для базової зв'язку повинні бути припаяні і міститься в закритій коробці з розміром приблизно 50x50x50 см з 3 , Там буде інтуїтивний призначений для користувача інтерфейс, щоб включити живлення і зв'язати передавач з приймачем на квадрокоптері. Монітор буде окремий компонент, оскільки він не потребує будь-якого фізичного з'єднання з іншими компонентами в підставі зв'язку.

### 3.2.1 Hardware Design

Фізична проводка просто тому, що потік даних є одним із способів, і немає ніякої зворотної зв'язку. Важливо, однак, щоб прийняти до відома іншого типу комунікаційних протоколів, буде користуватися за допомогою різних проводів. Існують чотири різні протоколи, використовуваних в базі: 433MHz радіозв'язку для команди управління введенням, керуючого сигналу в PPM (Pulse Положення модуляції) формат, дане FrSky передавача, сигнал 2,4 ГГц радіо для квадрокоптера і радіосигналу 5,8 ГГц, який переносить відеосигнал на монітор. Поки про різницю типу, апаратні настройки досить легко зробити. Нижче приведена діаграма, контактна для компонування апаратних засобів. Зверніть увагу на символ для приймача не є правильним вибором для FrSky DHT 8ch DIY як правильний символ не входить в бібліотеці програмного забезпечення для малювання(див. рисунок 3.3).

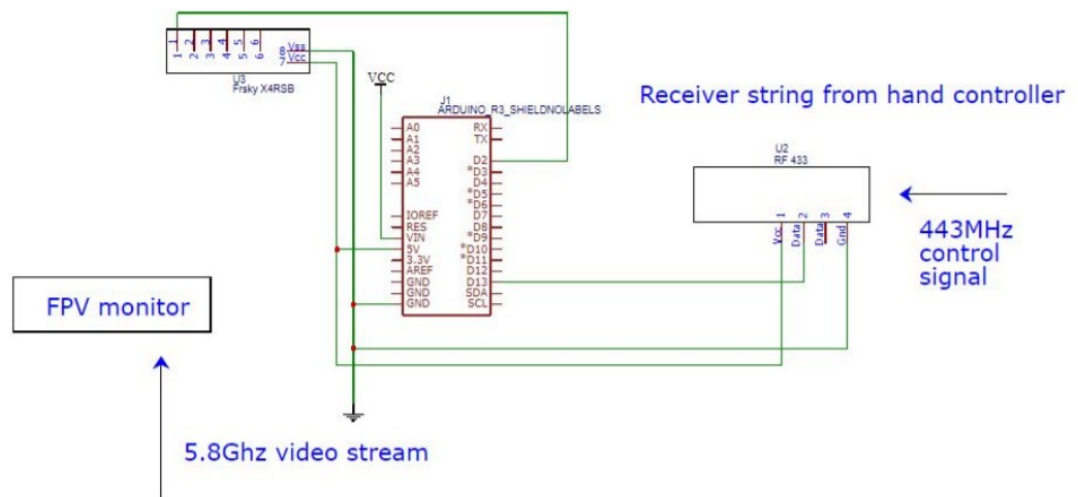


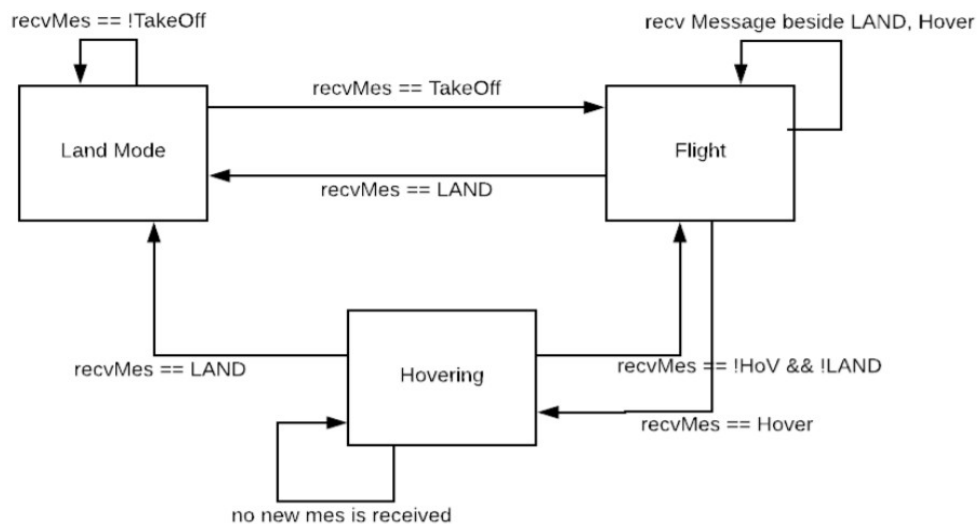
Рис. 3.3. Схеми зв'язку бази

Розробки програмного забезпечення будуть зосереджені на обробку вхідних даних від контролера жесту [8, 9] і передати команду інтерпретується польоту до передавача. Інформація від контролера жесту складається з двох типів: дані руху, зібрані з 9-DOF датчика і спеціальні команди, такі як земля, ширяння і зльоту. Якщо вхід дані руху, процеси будуть намагатися інтерпретувати сенс жесту і відправити відповідні команди польоту. Якщо вхід спеціальний COMAND, команда попереднього встановлення буде відправлена на передавач. Проте, після того, як команда Ховер земельних і направляється до основи, Рукавичказупинить команду виведення даних, поки інша команда не викликається. Для цього потрібно базова комунікація бути в змозі запам'ятовувати останню команду дали. Таким чином, загальна структура програмного забезпечення в базі зв'язку буде приймати форму кінцевого автомата. Є три стану в коді: висадка, і стан польоту.

Якщо ширяння == 1, код знаходиться в режимі висіння.

Якщо земля == 1, код знаходиться в режимі землі.

Якщо обидві змінні 0, код знаходиться в режимі польоту. Там немає ситуації були дві змінними може бути одночасно дорівнює 1. Діаграма станів передачі і псевдокод показані нижче(див. рисунок 3.4).





### Рис. 3.4. Рівні бази зв'язку

Псевдокод вище показана реалізація високого рівня циклу людини в базі. Основні функції, які будуть використовуватися в базі є:

- `stringIn ()`: приймати радіосигнал вхід 433MHz і перетворити його в рядок
- `gestureInterpretation ()`: Інтерпретуйте Наведені дані руху, перетворити його в сигнал частин на мільйон.
- `земля ()`: послати сигнал PPM, що впустити дрон на землю
- `політ ()`: послати сигнал PPM, що впустити дрон в політ

### 3.3 Програмна розробка квадрокоптера

Бажане поведінку дрона в жесті контрольованої системи літати відповідно до сигналів, що приймаються від базового зв'язку і потік відеоданих, живий до монітора FPV. Таким чином, існує два шляхи потоків даних в межах. По-перше, управління потоком даних. Потік управління починається з радіосигнал на частоті 2,4 ГГц, прийнятого від базового зв'язку з радіосигналу. Потім модуль приймає радіохвилі передає його ШІМ дані в ШІМ-SBUS перетворювач, який перетворює сигнал ШІМ сигналу SBUS і передає сигнал на контролер польоту. Після того, як контролер польоту приймачів сигналу SBUS від перетворювача, він буде декодувати і передавати дані чотири ШІМ-сигналів для чотирьох ESCs (швидкість електронного контролю), які підключені до контролера польоту, і кожен ESC буде додатково пересилати сигнали ШІМ-модифіковані на двигун, підключений до нього. Таким чином, приведення в дію інструкції літати з бази зв'язку здійснюється. Другий DataPath призначений для забезпечення камери FPV на квадрокоптер до даних живого потоку відео. Таким чином, потік даних починається з виходу камери FPV. Після того як камера FPV згенерував відеодані, він посилає дані на контролер польоту. Коли контролер

польоту приймає відеодані, контролер польоту направити його на передавач FPV. Після того як відео зміст досягає передавача FPV, він буде здійснюватися на монітор FPV через радіосигнал 5,8 ГГц. Другий DataPath призначений для забезпечення камери FPV на дорона до даних потоку відео. Таким чином, потік даних починається з виходу камери FPV. Після того як камера FPV згенерував відеодані, він посилає дані на контролер польоту. Коли контролер польоту приймає відеодані, контролер польоту направити його на передавач FPV. Після того як відео зміст досягає передавача FPV, він буде здійснюватися на монітор FPV через радіосигнал 5,8 ГГц. Другий DataPath призначений для забезпечення камери FPV на квадрокоптера до даних живого потоку відео. Таким чином, потік даних починається з виходу камери FPV. Після того як камера FPV згенерував відеодані, він посилає дані на контролері польоту.

Для того, щоб приймати сигнали 2,4 ГГц радіо від заснування зв'язку, квадрокоптер буде нести модуль радіоприймача. Модуль радіоприймача, обраний для дрона є FrSky D8R-II плюс. Однак, так як D8R-II може тільки вихідний сигнал ШІМ, і наш контролер польоту тільки приймає SBUS як протокол введення, додано перетворювач ШІМ-PPM-SBUS для того, щоб проходити через правильні дані. Для того, щоб перевести сигнал, прийнятий від радіопередавача до зчитувальних ШІМ сигналів для ESC (Електронний контроль швидкості) і двигун, дрона матиме контролер польоту. Контролер польоту є найбільш важливим компонентом. Це являє собою мікропроцесор, який управляє рухами квадрокоптера. Для цього проекту, контролер польоту є Kakute F4 AOC V2. Перш за все, Kakute F4 FC (Політ контролер) має тип F4 процесора, який має швидкість обробки 168 МГц. Ця функція дозволяє бути чуйним і бути в змозі реагувати на будь-яку команду протягом 0,6 секунди. Крім того, Kakute FC має вбудований чіп гіроскоп і акселерометр. Ці два компоненти дозволяють дрону літати плавно і безпечно з попередньо встановленою програмою на контролері польоту. Kakute F4 FC є відкритим вихідним кодом управління польотом, який означає, що користувачі можуть

мати доступ до вихідного коду, який визначає поведінку дрона. Це дозволяє налаштувати контролер польоту і дозволяють спеціальні команди, такі як посадка і зліт. Крім того, також буде мати можливість встановити максимальну швидкість дрона в цій системі становить 10 метрів в секунду. Крім того, Kakute підтримує як FPV камера і FPV передавач відеоданих. Ця функція дозволяє дрону носити з собою камеру FPV і жити потокове відео на монітор FPV. Проте, Kakute FC не приймає сигнали ШІМ в якості вхідних даних від приймача радіосигналу.

Після того, як контролер польоту успішно отримав інструкції від заснування зв'язку, він почне генерувати ШІМ (широкоімпульсної модуля) сигнали до ESCs. ESC є електричний регулятор швидкості, який контролює і регулює швидкість електродвигуна. Для контрольованої системи регулятор швидкості буде Racerstar 30A V2. ESC Racerstar 30A V2, широко використовується при польоті контролера Kakute F4. Це дозволяє плавну прийомистість і безшумну роботу дрона. І нарешті, ESC буде проходити ESC сигнали кожного двигуна. Таким чином, дрон міг рухатися відповідно до інструкції від заснування зв'язку. Двигуни, що використовуються в цій системі Racerstar 2207, який має максимальну потужність 482 ват, що дозволяє дрону бути супер чуйним.

Для того, щоб підтримувати всі електричні прилади на дрона, буде вставлено на ньому. Батарея, обрана для цього дрона є Xilo 1500mAh 4S 100c Lipo батареї. Дана акумуляторна батарея обрана тому, що вона є найдешевшим Lipo акумулятор, який підтримує, принаймні 10 хвилин льотного часу для Дрона в цій системі. Щоб зарядити акумулятор, EV-Пік ЕЗ Falcore Видання 35W 3A LiPo зарядний баланс батареї зарядний пристрій буде необхідно, а також. Це пристрій дозволить акумулятор повністю зарядити протягом 3 годин і відносно дешево. Кадр обраний для цього дрона Мартін II. Цей кадр являє собою легкий з вуглецевого волокна матеріалу, який дозволяє дрону бути досить міцною, щоб не зламатися, якщо він падає від 3-х метрів у висоту.

Для зворотного зв'язку відео, проводка нашого FPV камери, контролер польоту і відео передавача разом. Необроблені дані відео передаються від камери до контролера польоту. Контролер польоту буде стискати і організувати його в sendable форматі. Оброблений сигнал відео передається на відео передавач з відео до відео штифта на відео передавача. Загалом, апаратні з'єднання електронних компонентів дрона в цьому проекті, як показано нижче(див. рисунок 3.5):

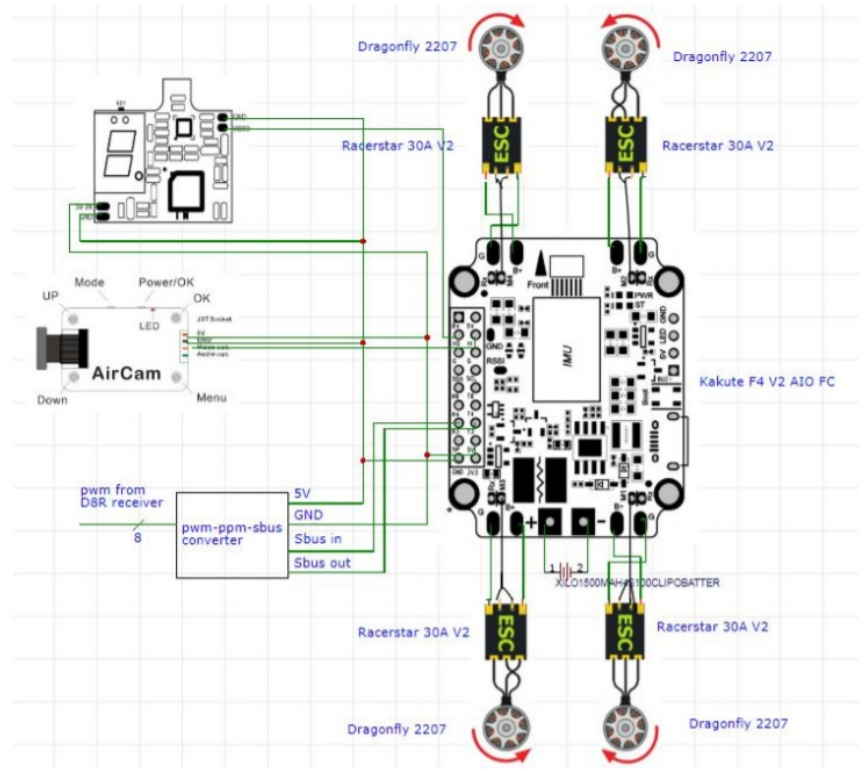


Рис. 3.5. Схема квадрокоптера

Для конструкції дрона, є дуже мало дизайн програмного забезпечення бере участь. Наприклад, компоненти, такі як радіопередавач, і PWM перетворювача сигналів до SBUS тільки маніпулювати вхідні дані в апаратному рівні. Для компонентів, такі як контролер польоту і ESC, вони тільки повинні бути налаштовані перед використанням шляхом завантаження диска програмного забезпечення, надані компаніями для тих продуктів, до них через порт USB. Проте, можна модифікувати вихідний код контролера

польоту і завантажити його в нього для того, щоб обмежити максимальну швидкість в дрона [8].

### 3.3.1 Потік даних

Дані будуть надходити від датчиків на ручному контролері до мікропроцесора на контролер, який буде перетворювати дані в рядок sendable потім відправити його за допомогою радіозв'язку до бази. Після того як база зв'язку приймає дані від ручного контролера вона буде перетворити рядок в управління польотом. Ці управління польотом будуть потім пройшли через радіозв'язок PPM сигналів [8]. У PPM сигнали будуть передаватися по радіозв'язку до приймача на квадрокоптері, який потім перетворюють дані, яка є ШІМ-сигналів, через перетворювач в протоколі S-Bus, який йде в контролер польоту. Контролер польоту приймає протокол S-Bus і передає команди польоту на ESC. ESC приймає команди польоту і перетворює їх в сигнали ШІМ і відправити їх на двигуни. У той час як дрон приймає команди польоту камери FPV є відправка даних в реальному часі потік відео на монітор, який є частиною бази зв'язку. На наведеному нижче малюнку показаний потік даних всієї системи(див. рисунок 3.6).

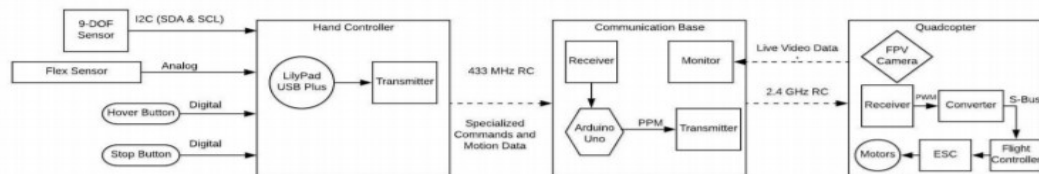


Рисунок 3.6 – Схема потоку даних в системі

### 3.4 Графік реалізації

Перша мета цього проекту повинна бути в змозі виконати одну спеціалізовану команду це означає отримання зв'язку між ручним контролером, базою зв'язку і дроном [9]. Після того, як завершена задача наступним кроком буде отримувати контролер руки, щоб відправити дані про рух до основи зв'язку, базова зв'язок обробки даних потім посилає команди польоту у відповідь на інформацію. Це завдання буде, швидше за все, займе

велику частину наступного терміну, так як він буде найскладнішим аспектом нашого проекту. Кінцеві цілі отримати інші спеціалізовані команди, які працюють і отримувати камери FPV відправки даних в реальному часі на моніторі. Список цілей і подзадач нижче:

- Побудувати дрон до кінця першого тижня.
- Перевірте кожен датчик до кінця першого тижня
- Бути в стані послати щонайменше, одну команду від контролера жест до основи зв'язку, перш ніж
- Вміти зробити дросель з базою зв'язку
- Отримання повідомлень від ручного контролера мікропроцесора до бази комунікаційного
- Перетворення даних з ручного контролера до sendable функції для дрона
- Насправді відправити інформацію з бази в зв'язку заповнює злітати функції
- Відправлення Рух до дрона від контролера рук
- З'ясування калібрування для датчика 9-DOF потім перетворює цю інформацію в рядку
- Після того, як він може бути направлений перетворення інформації в польоту команди
- Відправка команд руху в
- дрон правильно рухається з сигналами від датчика руху
- Установка камери і відправки даних
- Правильно встановивши камеру зроблено
- Отримання інформації від камери до монітора
- Спеціалізовані команди і завдання
- Реалізація земельних і Hover
- Формалізація схеми і перевірити інтуїтивність системи.

### 3.5 Висновок до третього розділу

В даному розділі були розглянуті дані питання:

- Software desing
- Базовий зв'язок
- Hardware Design
- Програмна розробка квадрокоптера
- Потік даних
- Графік реалізації

В першому питанні було розглянуто програмне забезпечення оформлення дизайну, та його вимоги. В другому питанні охарактеризовано базовий зв'язок. В третьому питанні було проаналізовано і описано питання, що стосуються апаратного дизайну. В четвертому питанні даного розділу розписано програмну розробку квадрокоптера. Під п'ятим питанням мається на увазі передача даних між перчаткою і квадрокоптером. І в останньому питанні був складений план роботи, щодо організації графіку реалізації проекту.



## РОЗДІЛ 4 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Економічне обґрунтування дипломної роботи магістра є метою даного розділу. Даний розділ дозволяє встановити доцільність проведення науково-дослідних робіт і економічно обґрунтувати доцільність застосування тих чи інших засобів.

Як відомо, розробка надійної і ефективної інформаційної системи вимагає значних затрат часу. Слід зауважити, що затрати часу залежать від кваліфікації розробника і його можливостей. Розробник повинен у достатній мірі володіти навиками програмування, вміти адекватно застосовувати математичний апарат, бути добре обізнаним з об'єктом дослідження.

Метою дипломної роботи магістра є розробка архітектури комп'ютерної системи жестового керування квадрокоптером.

В економічній частині дипломного проекту будуть проведені такі етапи розрахунку вартості НДР:

- описати технологічний процес розробки із зазначенням трудомісткості кожної операції;
- визначити суму витрат на оплату праці основного і допоміжного персоналу, включаючи відрахування на соціальні заходи;
- визначити суму матеріальних затрат;
- обчислити витрати на електроенергію для науково-виробничих цілей;
- нарахувати суму амортизаційних відрахувань;
- визначити суму накладних витрат;
- скласти кошторис та визначити собівартість НДР;
- розрахувати ціну НДР;
- визначити економічну ефективність та термін окупності продукту.

На основі отриманих розрахунків будуть розроблені техніко-економічні показники проектного виробництва.

#### 4.1 Визначення стадій технологічного процесу та загальної тривалості проведення НДР

Розробку даної інформаційної системи можна поділити на такі етапи:

- постановка задачі;
- збір інформації по тематиці роботи
- проведення огляд публікацій авторів, які займались питанням розробки архітектури комп'ютерної системи жестового керування квадрокоптером;
- прийняття рішень щодо вибору оптимального шляху розв'язання поставленої задачі;
- аналіз математичної моделі інформаційної системи;
- проектування архітектури системи;
- розробка макету системи жестового керування квадрокоптером;
- написання програмного забезпечення для квадрокоптера;
- налаштування середовища розробки і роботи вже готової програми;
- тестування розробленого програмного забезпечення;
- допрацювання розробленого програмного забезпечення і проведення додаткових тестів;
- написання і оформлення документації.

Для оцінки тривалості виконання окремих робіт використовують нормативи часу або попередній досвід. До таких нормативів відносять тривалість написання операцій (команд), які в деяких підприємствах становлять: для одної операції - 0,5-1,6 год та 8 годин для п'яти операцій (тривалість зміни).

У разі їх відсутності звертаються до експертних оцінок по встановленню тривалості кожного етапу (стадії):

при двох оцінках:

$$T_{\text{вс}} = \frac{(3t_{\text{min}} + 2t_{\text{max}})}{5}, \quad (4.1)$$

при трьох оцінках:

$$T_{\text{вс}} = \frac{(t_{\text{min}} + 4t_{\text{н.й}} + t_{\text{max}})}{6}, \quad (4.2)$$

де  $T_{\text{вс}}$  – очікуване (середнє) значення тривалості виконання етапу (стадії);

$t_{\text{min}}$ ,  $t_{\text{н.й}}$ ,  $t_{\text{max}}$  – відповідно мінімальна, найбільш імовірна і максимальна оцінки тривалості виконання етапу (стадії).

Для зручного представлення і визначення загальної тривалості проведення НДР доцільно дані витрат часу по окремих операціях технологічного процесу звести у таблицю 4.1.

Витрати часу наукового керівника на виконання окремих стадій (етапів) при недостатній кількості інформації доцільно приймати в межах 5% сумарних витрат часу інженерів на виконання цих стадій (етапів).

Таблиця 4.1

Основні етапи і час їх виконання у НДР

№ п/п	Етап	Середній час виконання етапу, год	
		інженер	керівник
1	2	3	4
1	Постановка задачі	2	3
2	Збір інформації по тематиці роботи	10	4
3	Проведення огляд публікацій авторів, які займались питанням розробки архітектури комп'ютерної системи жестового керування квадрокоптером	13	5
4	Прийняття рішень щодо вибору оптимального шляху розв'язання поставленої задачі	6	1
5	Аналіз математичної моделі інформаційної системи	10	10
6	Проектування архітектури системи	7	2

7	Розробка макету системи жестового керування квадрокоптером	12	15
---	--	----	----

*Продовження таблиці 4.1*

№ п/п	Етап	Середній час виконання етапу, год	
		інженер	керівник
8	Написання програмного забезпечення для квадрокоптера	45	8
9	Налаштування середовища розробки і роботи вже готової програми	4	3
10	Тестування розробленого програмного забезпечення	12	8
11	Допрацювання розробленого програмного забезпечення і проведення додаткових тестів	10	12
12	Написання і оформлення документації	30	15
Разом		161	86

Отже, сумарний час виконання операцій технологічного процесу інженером становить 161 годин, а керівником 86 годину.

#### 4.2. Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи

Заробітна плата працівника незалежно від виду підприємства визначається його особистим трудовим вкладом, залежить від кінцевих результатів роботи підприємства, регулюється податками і максимальними розмірами не обмежується.

Розміри, порядок нарахування і виплати заробітної плати регулюються чинним законодавством України, відповідними указами і постановами, галузевими інструкціями. Розмір заробітної плати залежить від складності та умов виконуваної роботи, професійно-ділових якостей працівника, результатів його праці та господарської діяльності підприємства. Заробітна плата складається з основної та додаткової оплати праці.

Основна заробітна плата нараховується на виконану роботу за тарифними ставками, відрядними розцінками чи посадовими окладами і не залежить від результатів господарської діяльності підприємства.

Додаткова заробітна плата – це складова заробітної плати працівників, до якої включають витрати на оплату праці, не пов’язані з виплатами за фактично відпрацьований час. Нараховують додаткову заробітну плату залежно від досягнутих і запланованих показників, умов виробництва, кваліфікації виконавців. Джерелом додаткової оплати праці є фонд матеріального стимулювання, який створюється за рахунок прибутку.

Основна заробітна плата складається із прямої заробітної плати та доплати, яка при укрупнених розрахунках становить 25% – 35% від прямої заробітної плати. При розрахунку заробітної плати кількість робочих днів в місяці слід приймати – 25,4 дні/міс., що відповідає 203,2 год./міс. Розмір місячних окладів керівника та інженерів слід приймати згідно існуючих на даний час норм. Основна заробітна плата розраховується за формулою:

$$Z_{осн} = T_C \cdot K_G, \quad (4.3)$$

де  $T_C$  – тарифна ставка, грн.;

$K_G$  - кількість відпрацьованих годин.

Посадові оклади (тарифні ставки) за розрядами Єдиної тарифної сітки визначаються шляхом множення окладу (ставки) працівника 1 тарифного розряду на відповідний тарифний коефіцієнт. У разі коли посадовий оклад (тарифна ставка) визначені у гривнях з копійками, цифри до 0,5 відкидаються, від 0,5 і вище – заокруглюються до однієї гривні.

Законом України “Про Державний бюджет України на 2019 рік” від 23.11.2018 р. №2629 – VIII із змінами, внесеними згідно із Законом № 2696-VIII від 28.02.2019, ВВР, 2019, № 14, ст.66 та № 149-IX від 02.10.2019, встановлено у 2019 році мінімальну заробітну плату: у місячному розмірі: з 1

січня - 4173 гривні; у погодинному розмірі: з 1 січня - 25,13 гривні.  
Прийmemo 65 грн. для інженера, для керівника — 81 грн.

Тарифні ставки: керівник проекту – 81 грн./год., інженер – 65 грн./год.

Тоді скориставшись формулою 4.3 розрахуємо основну заробітну плату для інженера та керівника проекту.

Керівник проекту:

$$Z_{осн} = 81 \cdot 86 = 6966 \text{ грн.}$$

Інженер:

$$Z_{осн} = 65 \cdot 161 = 10465 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата становить 10–15% від суми основної заробітної плати:

$$Z_{дод} = Z_{осн} \cdot K_{дод}, \quad (4.4)$$

де  $K_{дод}$  – коефіцієнт додаткових виплат працівникам 0,1.

Керівник проекту:

$$Z_{дод} = 6966 \cdot 0,1 = 696,6 \text{ грн.}$$

Інженер:

$$Z_{дод} = 10465 \cdot 0,1 = 1046,5 \text{ грн.}$$

Звідси загальні витрати на оплату праці ( $B_{оп.п.}$ ) визначаються за формулою, і становлять:

$$B_{оп.п.} = Z_{осн} + Z_{дод}, \quad (4.5)$$

Керівник проекту:

$$B_{оп.п.} = 6966 + 696,6 = 7662,6 \text{ грн.}$$

Інженер:

$$B_{оп.п.} = 10465 + 1046,5 = 11511,5 \text{ грн.}$$

Таким чином загальна сума становить 19174,1 грн. Крім того, слід визначити відрахування на соціальні заходи:

- податок на доходи фізичних осіб – 18%;
- військовий збір – 1,5%;
- єдиний соціальний внесок – 22%.

У сумі зазначені відрахування становлять 41,5 %. Отже, сума відрахувань на соціальні заходи розраховуємо за формулою:

$$V_{c.з.} = \Phi ОП \cdot 0,415, \quad (4.6)$$

де  $\Phi ОП$  – фонд оплати праці в гривнях.

Тоді, сума відрахувань на соціальні заходи буде становити:

$$V_{c.з.} = 19174,1 \cdot 0,415 = 7957,25 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки витрат на оплату праці зведемо у таблицю 4.2.

Таблиця 4.2

Зведені розрахунки витрат на оплату праці

№ п/п	Категорія працівників	Основна заробітна плата, грн.			Додаткова заробітна плата, грн.	Нарах. на ФОП, грн.	Всього витрати на оплату праці, грн. 6=3+4+5
		Тарифна ставка, грн.	К-сть відпрацьов. год.	Фактично нарах. з/пл., грн.			
1	2	3	4	5	6	7	8
A	B	1	2	3	4	5	6
1	Керівник проекту	81	86	6966	696,6	3179,98	10842,58
2	Інженер	65	161	10465	1046,5	4777,27	16288,77
Разом				17431	1743,1	7957,25	27131,35

### 4.3 Розрахунок витрат на електроенергію

Затрати на електроенергію 1-ці обладнання визначаються за формулою:

$$Z_E = W \cdot T \cdot S, \quad (4.7)$$

де  $W$  – необхідна потужність, кВт;

$T$  – кількість годин роботи обладнання;

$S$  – вартість кіловат-години електроенергії.

Згідно з постановою НКРЕ України від 05.10.2018 року № 1177 вартість електроенергії становить 308,25 коп./кВт·год.

Потужність комп'ютера – 410Вт з підключеним маршрутизатором і комутатором, кількість годин роботи обладнання згідно таблиці 4.1 – 247 год.

$$Z_E = 0,41 \cdot 247 \cdot 3,0825 = 312,16 \text{ грн.}$$

#### 4.4 Розрахунок витрат на матеріали

Результати розрахунку затрат на матеріали зводяться в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3

#### Визначення величини затрат на матеріали

Найменування матеріальних ресурсів	Одиниця виміру	Норма витрат	Ціна за одиницю грн	Затрати матеріалів грн	Транспортно-заготівельні витрати, грн	Загальна сума витрат на матеріали, грн
Папір А4 ZOOM	Пачка	1	82	82	-	82
Ватман	Штук	10	10	100	-	100
Чорнила для принтера	Штук	1	80	80	-	80
Квадрокоптер	Штук	1	699	699	45	744
Рукавиці	Пачка	2	10	20	-	40
Акселерометр	Штук	1	37	37	-	37
З'єднувальні провідники	Пачка	4	15	60	-	60
Антенa	Штук	2	50	100	-	100
Разом						1243

#### 4.5 Розрахунок суми амортизаційних відрахувань

Характерною особливістю застосування основних фондів у процесі виробництва є їх відновлення. Для відновлення засобів праці у натуральному



виразі необхідне їх відшкодування у вартісній формі, яке здійснюється шляхом амортизації.

Амортизація – це процес перенесення вартості основних фондів на вартість новоствореної продукції з метою їх повного відновлення. Для заміщення зношеної частини основних засобів виробництва підприємства роблять амортизаційні відрахування, тобто відрахування певних грошових сум відповідно до розмірів фізичного і морального зносу засобів виробництва.

Комп'ютери та оргтехніка належать до четвертої групи основних фондів. Для цієї групи річна норма амортизації дорівнює 60 % (квартальна – 15 %).

Для визначення амортизаційних відрахувань застосовуємо формулу:

$$A = \frac{B_B \cdot H_A}{100}, \quad (4.8)$$

де  $A$  – амортизаційні відрахування за звітний період, грн.

$B_B$  – балансова вартість комп'ютера, на початок звітного періоду, грн.

$H_A$  – норма амортизації, %.

Для роботи використовується один комп'ютер (вартість якого становить 24000 грн.), який працював 247 годин.

$$A = \frac{24000 \cdot 15\%}{100\%} = 3600 \text{ грн.}$$

#### 4.6 Обчислення накладних витрат

Накладні витрати пов'язані з обслуговуванням виробництва, утриманням апарату управління підприємства (фірми) та створення необхідних умов праці.

Накладні витрати можуть становити 20% від суми основної та додаткової заробітної плати працівників:

$$H_B = B_{O.P.} \cdot 0,2, \quad (4.9)$$

$$H_B = 19174,1 \cdot 0,2 = 3834,82 \text{ грн.}$$

#### 4.7 Складання кошторису витрат та визначення собівартості НДР

Результати проведених вище розрахунків зведемо у таблицю 4.4. Собівартість ( $C_B$ ) НДР розрахуємо за формулою:

$$C_B = B_{O.P.} + B_{C.З.} + З_{M.B.} + З_E + T_B + A + H_B, \quad (4.10)$$

$$C_B = 19174,1 + 7957,25 + 1243 + 312,16 + 3600 + 3834,82 = 36146,08 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.4

#### Кошторис витрат на НДР

Зміст витрат	Сума, грн.	У % до загальної суми
1	2	3
Витрати на оплату праці (основну і додаткову заробітну плату)	19174,1	53,05
Відрахування на соціальні заходи	7957,25	22,06
Матеріальні витрати	1243	3,44
Витрати на електроенергію	312,16	0,86
Амортизаційні відрахування	3600	9,96
Накладні витрати	3834,82	10,63
Собівартість	36146,08	—

#### 4.8 Розрахунок ціни НДР

Ціну НДР можна визначити за формулою:

$$Ц = \frac{C_B \cdot (1 + P_{рен}) + K \cdot B_{н.і.}}{K} \cdot (1 + ПДВ), \quad (4.11)$$

де  $P_{рен}$  – рівень рентабельності, 30 %;

$K$  – кількість замовлень;

$ПДВ$  – ставка податку на додану вартість, 20 %.

$B_{н.і.}$  – вартість носія інформації, грн.

$$Ц = \frac{32787,85 \cdot (1 + 0,3) + 1 \cdot 7}{1} = 36389,28 \text{ грн.}$$

Таким чином ціна рівна 56396,28 грн.

Визначимо величину прибутку за формулою:

(4.12)

$$П = 56396,28 - 36146,08 = 20250,20 \text{ грн.}$$

Згідно даної формули отримаємо 20250,20 грн.

#### 4.9 Визначення економічної ефективності і терміну окупності капітальних вкладень

Ефективність виробництва – це узагальнене і повне відображення кінцевих результатів використання робочої сили, засобів та предметів праці на підприємстві за певний проміжок часу. Економічна ефективність ( $E_p$ ) полягає у відношенні результату виробництва до затрачених ресурсів:

$$E_p = \frac{П}{C_B}, \quad (4.13)$$

де  $П$  – прибуток;

$C_B$  – собівартість.

$$E_p = \frac{20250,20}{56396,28} = 0,36.$$

Поряд із економічною ефективністю розраховують термін окупності капітальних вкладень ( $T_p$ ):

$$T_p = \frac{1}{E_p}, \quad (4.13)$$

$$T_p = \frac{1}{0,36} = 2,78 \text{ роки.}$$

Про доцільність розробки програми можна сказати при врахуванні критеріїв, які наведено у таблиці 4.5

*Таблиця 4.5*

Техніко-економічні показники НДР

№ п/п	Показник	Значення
1	Собівартість, грн.	36146,08
2	Плановий прибуток, грн.	20250,20
3	Ціна, грн.	56396,28
4	Економічна ефективність	0,36
5	Термін окупності, рік	2,78

У результаті проведення розрахунків можна зробити висновок: розробка матиме оптимальну економічну ефективність 0,36 і термін окупності становитиме більше двох років (2,78 року). Варто зазначити, що дані розрахунки носять номінальний характер і основна їх мета оцінити приблизну вартість дослідження та створення даного продукту. Номінальний характер розрахунків зумовлений тим, що даний програмний продукт має дослідницьке призначення.

## РОЗДІЛ 5

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

#### 5.1 Охорона праці

Під час виконання дипломної роботи магістра на тему “Архітектура комп’ютерної системи жестового керування квадрокоптером” уся розробка повинна виконуватись із врахуванням вимог техніки безпеки на робочому місці, пожежної безпеки, відповідно з діючими нормативно-правовими актами та встановленими нормами.

Для забезпечення безпечної роботи з ПК та скорочення негативного впливу на здоров’я користувача, потрібно дотримуватись норм, визначених у наступних документах:

- Закон України “Про охорону праці”;
- НПАОП 0.00-7.15-18 “Вимоги щодо безпеки та захисту здоров’я працівників під час роботи з екранними пристроями”;
- ДСанПІН 3.3.2.007-98 “Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин”;
- НПАОП 40.1-1.21-98 “Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів”;
- НАПБ А.01.001-2004 “Правила пожежної безпеки в Україні”.

Перед початком розробки архітектури комп’ютерної системи жестового керування квадрокоптером було проведено інструктажі з охорони праці, техніки безпеки та протипожежної безпеки.

У приміщенні де проводиться розробка, площа на одне робоче місце повинна становити не менше ніж  $6,0 \text{ м}^2$ , а об’єм не менше ніж  $20,0 \text{ м}^3$ . Дотримано вимог стосовно освітлення, оптимальних умов мікроклімату, ергономічних характеристик основних елементів робочого місця, рівнів

шуму, електромагнітного, ультрафіолетового та інфрачервоного випромінювання та електростатичного поля викладених у ДСанПіН 3.3.2-007-98.

Приміщення, у якому передбачається експлуатація ПК, не повинно межувати з будівлями, у яких рівні шуму і вібрації перевищує допустимі значення за нормативними документами ДСН 3.3.6.037-99, ДСН 3.3.6. 039-99. Крім цього, необхідно передбачити звукоізоляцію огорожувальних конструкцій приміщень з ПК від шуму, що задовольняє вимогам ДСТУ 2325-93, ДСТУ 3130-95.

Оскільки, основне навантаження під час розробки архітектури комп'ютерної системи жестового керування квадрокоптером припадало на зорову систему, тому штучне освітлення в приміщеннях з робочими місцями, обладнаними ПК, здійснювалось системою загального рівномірного освітлення, а значення освітленості на поверхні робочого столу в зоні розміщення документів становила 300-500 лк. За умов коли ці значення освітленості неможливо було забезпечити системою загального освітлення, використовувалось місцеве освітлення. Також, потрібно робити короткі перерви кожні 20 хв., що дозволить зменшити напруженість зорового нерву і відповідно знизити імовірність його травмування. Рекомендується, час від часу, робити спеціальний комплекс вправ для зниження втомлюваності очей та зменшення нервового напруження.

Для профілактики загальної втоми і особливо зорового аналізатора важливе значення має організація режиму праці та відпочинку. Загальна тривалість робочого дня не повинна перевищувати 8 годин. Частота і тривалість перерв залежать від типу та інтенсивності виконуваних робіт. Під час робіт, які виконуються з великим навантаженням, рекомендуються перерви на 10-15 хвилин через кожну годину, а при неінтенсивній і монотонній роботі - на 10-15 хвилин через кожні дві години. Кількість мікропауз (тривалістю до хвилини) потрібно регулювати індивідуально. Зміст регламентованих перерв може бути різний: виробнича гімнастика

(вправи для очей, гімнастика, спрямована на корекцію вимушеної робочої пози, поліпшення венозного кровообігу, часткову дисфункцію рухової активності), альтернативна допоміжна робота, приймання їжі тощо.

Так, як розробка архітектури комп'ютерної системи жестового керування квадрокоптером потребує високої концентрації уваги важливим аспектом є забезпечення шумоізоляції, для цього обладнання, яке становило джерело шуму було розміщено в окремих приміщеннях.

Згідно з правилами протипожежної безпеки приміщення в яких відбувалося дослідження було обладнано системою автоматичної протипожежної сигналізації та необхідною кількістю вогнегасників.

Для захисту користувачів ПК та дотримання регламентованих норм світлового випромінення використовувалися екранні світлофільтри та локальні світлофільтри.

## 5.2. Оцінка надійності системи матеріально-технічного постачання і виробничих зв'язків

Сутність та завдання матеріально-технічного забезпечення. Матеріально-технічне забезпечення – це форма товарного обігу у сфері матеріального виробництва, процес забезпечення підприємств сировиною, матеріалами, комплектуючими, напівфабрикатами, готовими виробами тощо, необхідними для виробничого і невиробничого споживання. Правильно налагоджена система матеріально-технічного забезпечення є запорукою безперебійного забезпечення підприємства всіма видами матеріальних ресурсів, що є важливим елементом наукової організації виробництва.

Планування матеріально-технічного забезпечення. Планування матеріально-технічного забезпечення має своєю головною метою визначення оптимальної потреби підприємства у матеріальних ресурсах для забезпечення виробничо-господарської та комерційної діяльності, створення оптимальних

запасів товарно-матеріальних цінностей. В основі планування матеріально-технічного забезпечення підприємства лежить план матеріально-технічного постачання, який формується у чотири етапи.

Управління матеріально-технічним забезпеченням – важлива складова частина керівництва виробничо-господарською діяльністю підприємства. На більшості промислових підприємств використовують централізовану структуру управління матеріально-технічним забезпеченням

Нормування витрат сировини і матеріалів та показники використання матеріальних ресурсів. Нормування витрат сировини і матеріалів є одним з найбільш головних завдань матеріально-технічного забезпечення підприємства, завдяки якому підприємство має можливість заощадливо використовувати наявні ресурси і не допускати необґрунтованого підвищення собівартості продукції.

Норма витрат – це планова величина максимально допустимих витрат матеріальних ресурсів на виробництво одиниці продукції або роботи, встановлена для певних виробничо-технічних умов.

Запаси матеріально-технічних ресурсів підприємств. Сутність управління запасами матеріально-технічних ресурсів промислового підприємства полягає у здійсненні постійного контролю за станом запасів і прийнятті рішень, спрямованих на економію часу і засобів за рахунок мінімізації витрат на утримання запасів, необхідних для своєчасного виконання виробничої програми.

Планування економії матеріально-технічних ресурсів. Одне з головних завдань служби матеріально-технічного забезпечення полягає у плануванні економії матеріально-технічних ресурсів. Для ефективного здійснення цього завдання необхідно дотримуватись низки умов, що забезпечують економію сировини та матеріалів.



5.3. Забезпечення безпеки життєдіяльності робітників і службовців об'єкта та населення в умовах надзвичайних ситуацій техногенного походження

Відповідно до статей 33, 34 Закону України «Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру».

1. Загальні положення.

2. Підготовка і перепідготовка керівного складу підприємств, установ і організацій.

Підготовка і перепідготовка керівного складу підприємств, установ і організацій у сфері цивільного захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій, запобігання та оперативного реагування на них (далі – сфера цивільного захисту) проводиться в Інституті державного управління у сфері цивільного захисту (далі – Інститут), на курсах цивільної оборони, а також під час проведення навчально-методичних зборів та періодичних навчань, тренувань за планами реагування на надзвичайні ситуації та планами локалізації і ліквідації аварій (катастроф).

3. Підготовка населення, яке зайняте у сферах виробництва та обслуговування. Вивчення працівниками основних способів захисту і дій у надзвичайних ситуаціях техногенного і природного характеру здійснюється на підприємствах, в установах і організаціях за спеціальними програмами підготовки населення, які затверджуються Міністерством України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи, а також при прийнятті на роботу і при подальшій роботі у формі інструктажів з питань охорони праці згідно з Типовим положенням про навчання з питань охорони праці, затвердженим наказом Комітету

по нагляду за охороною праці України та зареєстрованим у Міністерстві юстиції України.

4. Підготовка студентів, курсантів, учнів та вихованців закладів освіти. При розробці державних стандартів освіти з кожного освітнього та освітньо-кваліфікаційного рівня обов'язково передбачається мінімум змісту питань з підготовки населення до дій при виникненні надзвичайних ситуацій.

5. Практична підготовка та відпрацювання дій за планами реагування на надзвичайні ситуації, планами локалізації і ліквідації аварій (катастроф) під час підготовки та проведення спеціальних комплексних об'єктових навчань, тренувань.

6. Просвітницько-інформаційна робота та пропаганда знань серед населення з питань захисту та дій у надзвичайних ситуаціях. Просвітницько-інформаційна робота з населенням щодо питань захисту і дій у надзвичайних ситуаціях здійснюється за місцем проживання у мережі навчально-консультаційних пунктів місцевих органів самоврядування, а також шляхом самостійного вивчення посібників, пам'яток, іншого друкованого навчально-інформаційного матеріалу, перегляду та прослуховування спеціального циклу теле- і радіопередач.

7. Міністерство України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи, міністерства та інші центральні органи виконавчої влади, Рада міністрів Автономної Республіки Крим, місцеві державні адміністрації та органи місцевого самоврядування відповідно до своїх повноважень здійснюють підготовку населення до дій у надзвичайних ситуаціях.

8. Забезпечення заходів щодо підготовки населення до дій у надзвичайних ситуаціях.



#### 5.4. Висновок до розділу «Охорона праці та безпека життєдіяльності»

В даному розділі були розглянуто два підрозділи – «Охорона праці» та «Безпека життєдіяльності». В підрозділі «Безпека життєдіяльності» було розглянуто два питання:

1. Оцінка надійності системи матеріально-технічного постачання і виробничих зв'язків.

2. Забезпечення безпеки життєдіяльності робітників і службовців об'єкта та населення в умовах надзвичайних ситуацій техногенного походження.

В першому питанні підрозділу «Безпека в надзвичайних ситуаціях» було надано оцінку надійності системи виробничих зв'язків та оцінку надійності системи МТП.

В другому питанні підрозділу «Безпека в надзвичайних ситуаціях» було проаналізовано безпека життєдіяльності робітників і об'єкта в умовах техногенної НП, а також забезпечення безпеки населення в аналогічних умовах.

## РОЗДІЛ 6 ЕКОЛОГІЯ

### 6.1. Статистичне групування в екології

У системі статистичних методів групування займають особливе місце. Це пояснюється тим, що на відміну від інших методів групування виконує дві функції: по-перше, розподіляє сукупності на однорідні групи, а по-друге, визначає межі і можливості застосування інших статистичних методів (середніх величин, кореляційно-регресійного тощо). Використання цих методів потребує однорідності статистичних сукупностей, що зумовлює статистичне групування як важливий етап обробки статистичних даних.

Метою статистичного групування є поділ сукупностей на однорідні типові групи за існуючими для них кількісними ознаками з метою всебічної характеристики їхнього стану, розвитку і взаємодії. Метод статистичних групувань робить статистику одним з наймогутніших знарядь соціального пізнання і використовується для вирішення трьох взаємопов'язаних завдань: виділення різних соціально-економічних типів явищ (процесів) та всебічна їх характеристика; дослідження структури масової сукупності; вивчення взаємодії між окремими ознаками сукупності.

Групування – це статистичний метод розмежування складного масового явища на істотно різні групи однорідні в тому чи іншому розумінні з метою всебічної характеристики його стану, розвитку і взаємозв'язків.

Групуванням називають розподіл сукупності на групи (частини) за рядом характерних для них ознак. При цьому використовується найважливіші положення такого розподілу:

- в одну групу об'єднуються елементи сукупностей, певною мірою подібні між собою;
- міра подібності між елементами одної групи значно вища, ніж між елементами, що належать до інших груп.

Суть методу статистичних групувань полягає у тому, що складне масове явище розглядається не як єдине нероздільне ціле, а в ньому виділяються окремі групи одиниць із статистичними показниками, які дають кількісну характеристику якісно своєрідній частині одиниць усієї сукупності. Тобто кожна з одержаних груп об'єднує однорідні одиниці сукупності.

Принципове значення при побудові групувань має вибір групувальної ознаки, на основі якої виділяють різні типи, групи і підгрупи.

За групувальну - приймають найістотнішу ознаку яка може бути атрибутивною (якісною) або кількісною. Залежно від складності явища та мети дослідження групувальних ознак може бути декілька. Якщо групування здійснюється за атрибутивною ознакою, то виділяють стільки груп, скільки є найменувань ознаки.

Групування за атрибутивною ознакою називають класифікацією або номенклатурою. Класифікація у статистиці - це систематизований розподіл явищ та об'єктів на певні групи, класи, розряди на підставі їх збігу або різниці.

Різновидом класифікацій є товарні номенклатури як стандартизований перелік об'єктів та груп. Розрізняють такі види статистичних класифікацій:

- економічні, які впровадженні з метою вивчення економічних аспектів розвитку суспільства;
- соціальні, щовикористовуються для вивчення населення, житла та охорони здоров'я;
- екологічні, призначені для вивчення земле- та водокористування, відходів виробництва, витрат на охорону навколишнього середовища;

Класифікації розробляються міжнародними та національними статистичними органами і рекомендуються як статистичний стандарт. Прикладами діючих класифікацій національного рівня є такі, що повністю узгоджені з міжнародними стандартами:

«Класифікація видів економічної діяльності» (КВЕД), де в якості ознаки класифікації приймається одна з трьох ознак: призначення виробленої продукції; єдність технології виробництва; однорідність використаної сировини;

Групування взагалі, як основний елемент статистичного зведення, є розподіл сукупності масових явищ і процесів суспільного життя на типи і групи за найбільш характерними ознаками. Якщо ознаками виступають кількісні показники, то такий вид робіт (на відміну від класифікацій) називають у вузькому розумінні безпосередньо статистичним групуванням.

Статистичні групування поділяються на види за декількома ознаками:

- залежно від мети та завдань дослідження - на типологічні; структурні; аналітичні;
- залежно від кількості групувальних ознак, покладених в основу групування на прості та комбінаційні;
- залежно від виду групувальної ознаки - на факторні і результативні;
- залежно від способу побудови групувань - на первинне і вторинне.

Типологічні групування - це такі групування, які приводять до виділення у складі масових явищ їх соціально-екологічних типів (тобто однорідних частин за якістю та умовами розвитку, в яких діють одні і теж закономірності факторів). Їх застосовують при вивченні стану забруднення природних сфер за видами типів і класів забруднювачів, за джерелами забруднень тощо. Прикладом цього виду групувань є групування областей, районів за природно-економічними умовами, групування підприємств за формою власності .

Структурні групування характеризують склад однорідної сукупності за будь-якою ознакою. З допомогою таких групувань аналізують структуру сукупності і структурні зрушення в розвитку екологічних явищ і процесів

Аналітичні групування спрямовані на виявлення зв'язку між окремими ознаками явища, що вивчається. Вони проводяться за факторною ознакою і в кожній групі визначається середня величина результативної ознаки. Взаємозв'язок проявляється у систематичній зміні результативної ознаки у зв'язку зі зміною факторної ознаки. При наявності зв'язку між ознаками середні групові систематично збільшуються (прямий зв'язок) або зменшуються (зворотний зв'язок).

Факторне групування - це групування, яке проводиться за факторною ознакою, тобто ознакою, яка впливає на інші ознаки. Групування за факторними ознаками дає змогу показати різноманітність виникаючих форм і ступінь впливу того чи іншого фактора на результативні показники. За допомогою факторних групувань встановлюються і вивчаються причинно-наслідкові зв'язки між ознаками однорідних явищ, виявляються фактори розвитку сукупності та ефект впливу фактора на результат (різниця між груповими середніми результативної ознаки).

Результативне групування - це групування, яке проводиться за результативною ознакою, тобто ознакою, яка є залежною від факторних ознак. Групування за результативними ознаками дають можливість досить надійно виділити виробничі типи і дати в середньому характеристику їх особливостям. Але за ними не можна виділити всю різноманітність форм і показати ступінь впливу того чи іншого фактора на результат виробництва.

## 6.2. Моніторинг стану ґрунтів

Спостереження за станом ґрунтів у чинному законодавстві має назву моніторингу ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення. Це один із заходів у галузі охорони земель, позаяк основними завданнями моніторингу земель є прогноз еколого-економічних наслідків деградації земельних ділянок з метою запобігання або усунення дії негативних процесів.



Створення просторово-часової системи спостережень за показниками агроекологічного стану ґрунтів для виявлення тенденцій у змінах їх агрохімічних та екологічних характеристик під впливом господарської діяльності, несприятливих метеорологічних факторів та техногенних екологічних катастроф.

Створити національну бази даних агроекологічного стану ґрунтів земель сільськогосподарського значення. Створення моделей, що описують зміни показників родючості ґрунтів і якості продукції, при різних антропогенних навантаженнях та несприятливих метеорологічних факторах.

Визначення оптимальних та критичних рівнів навантажень на агроландшафти та суміжні об'єкти довкілля. Інформаційне забезпечення органів державної виконавчої влади і органів місцевого самоврядування для прийняття необхідних управлінських рішень в галузі охорони ґрунтів та об'єктів довкілля.

Прийняття оперативних рішень при проведенні робіт у зоні надзвичайних екологічних ситуацій. Періодичність спостережень на моніторингових ділянках. Загальні та агрофізичні показники, вміст валових форм важких металів і мікроелементів контролюється один раз у 10 років.

Агрохімічні, фізико-хімічні показники, вміст міцнофіксованих форм важких металів та мікроелементів, залишки стійких пестицидів – один раз у 5 років. Вміст рухомих форм мікроелементів і важких металів контролюють щорічно. Гамма-фон на моніторингових ділянках контролюють один раз на рік, а у зоні АЕС – один раз у квартал. Питому активність цезію – 137 визначають щорічно, а стронцій – 90 один раз у 5 років в орному і підорному шарах ґрунту.

### 6.3. Висновок до розділу «Екологія»

В даному розділі були розглянуто два питання :

1. Статистичне групування.
2. Моніторинг стану ґрунтів.

В першому питанні розділу «Екологія» було проведено огляд статистичного групування.

В другому питанні розділу «Екологія» було проведено моніторинг стану ґрунтів.

## Загальні висновки

У Вступі обґрунтовано актуальність теми дипломної роботи, сформульовано її мету та завдання, що вирішуються, наведено об'єкт, предмет, методи дослідження, практичне значення отриманих результатів.

В розділі 1 дипломної роботи проведено аналіз предметної області, розглянуто основні технології, які використовуються при створенні квадрокоптерів та характерні особливості цих систем.

В розділі 2 зроблено огляд апаратної бази, компонування та принципів проектування, які доцільно застосовувати для розв'язання завдання роботи.

В розділі 3 визначено ефективні методи побудови систем жестового керування квадрокоптером, а також засоби та методи програмної реалізації системи жестового керування, подано практичні рекомендації для забезпечення надійної реалізації базових та розширених функцій системи жестового керування.

В розділі «Обґрунтування економічної ефективності» розкрито питання обґрунтування економічної ефективності від впровадження результатів дослідження, проведеного в дипломній роботі.

В розділ «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» присвячений вимогам з охорони праці та техніки безпеки відповідно до нормативних документів щодо протипожежних заходів, виробничої санітарії та гігієни, проведено оцінку дії електромагнітного поля на людину та способів захисту від нього.

Також розглянуто питання оцінки стійкості системи управління і постачання суб'єктів господарювання, підготовка до відновлення порушеного виробництва.

В розділі «Екологія» проведено ознайомлення з основними статистичними показниками екологічних явищ, а також вимогами до проведення державної та громадської екологічної експертизи.

В дипломній роботі розглянуто архітектуру комп'ютерної системи жестового керування квадрокоптером, проведено порівняльний аналіз доступних технологій, апаратних компонентів та програмних реалізацій для створення інтуїтивно зрозумілої, надійної та простої в реалізації системи керування безпілотним літальним апаратом.

## Список використаної літератури

- 1 Акселерометер 9-DOF Accelerometer LSM9DS1  
learn.adafruit.com/adafruit-lsm9ds1-accelerometer-plus-gyro-plus-magnetometer-9-dof-breakout /arduino-code.
- 2 Технологія Тенденції з низьким рівнем енергії Bluetooth (BLE)  
<http://ua.feasywifi.com/news/bluetooth-low-energy-ble-technology-trends-17561326.html>
- 3 Технологія з низьким рівнем енергії Bluetooth (BLE)  
<https://www.linguee.ru/%D0%B0%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9-%D1%80%D1%83%D1%81%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9/%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B2%D0%BE%D0%B4/bluetooth+low+energy+technology.html>
- 4 Вибір LilyPad Arduino  
<https://3d-diy.ru/wiki/arduino-platy/arduino-lilypad/>
- 5 КОНТРОЛЕР ЖЕСТУ ДЛЯ КВАДКОПТЕРІВ проект Manucom  
<https://hackaday.com/2014/10/16/controlling-a-quadcopter-with-gestures/>
- 6 DJI Naza V2 Combo - контроллер для мультикоптеров. Відео обзор  
<https://www.youtube.com/watch?v=8hZXJI9bSQA>
- 7 naza-m v2 обзор  
<https://quadrone.ru/razlichiya-mezhdu-polyotnymi-kontrollerami-dji-naza-m-v2-wookong-m-i-a2>
- 8 Pixhawk Mini. ”Основні поняття Посібник користувача PX4, PX4 Dev Team, 19 листопада 2018 р.,  
Docs.px4.io/en/flight\_controller/pixhawk\_mini.html.
- 9 Чжан, Донг та ін. “Робочий квадрокоптер з керованим подвійним руком”. Цифрова бібліотека IEEE Xplore, 26 липня 2017 року  
<https://ieeexplore.ieee.org/document/8028439/authors#authors>
- 10 Kakute F4 AIO (V2)

<https://blog.rcdetails.info/obzor-holybro-kakute-f4-aio-v2/>

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Y. Ma et al. Hand gesture recognition with convolutional neural networks for the multimodal UAV control. / Ma Y., Liu Y., Jin R., Yuan X., Sekha R., Vaidyanthan R. // 2017 Workshop on Research, Education and Development of Unmanned Aerial Systems (RED-UAS), Linkoping, 2017. – pp. 198-203.
2. R.V. Krishna et al. Design of voice and gesture controlled Quadcopter. / Krishna R.V., Sathish B.S., Ganesan P., Jawahar Babu P., Abilash R. // 2015 International Conference on Innovations in Information, Embedded and Communication Systems (ICIIECS), Coimbatore, 2015. – pp. 1-6.
3. M. Obaid et al. How would you gesture navigate a drone?: a user-centered approach to control a drone. / Obaid M., Kistler F., Kasparavičiūtė G., Yantac E., Fjeld M. // Proceedings of the 20th International Academic Mindtrek Conference, 2016. – pp.113-121.
4. N. Kumar Singh, P. Muthukrishnan, S. Sanpini. Industrial System Engineering for Drones. Apress, Berkeley, CA 2019. – 280 p.
5. A.R. Jha. Theory, Design, and Applications of Unmanned Aerial Vehicles. CRC Press Taylor & Francis Group, 2017. – 294 p.
6. S.D. Prior. Optimizing Small Multi-Rotor Unmanned Aircraft: A Practical Design Guide. London ; Boca Raton : CRC Press, Taylor & Francis Group, 2019. – 118 p.
7. DIY автономный дрон с управлением через интернет [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/414121/> Дата доступа: 1 жовтня 2019. – Заголовок з екрану.
8. Manucon - A glove based controller [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://hackaday.io/project/2465-manucon-a-glove-based-controller>. Дата доступа: 8 жовтня 2019. – Заголовок з екрану.
9. Code related to the Manucon glove controller project [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://github.com/fxanhkhoa/Manucon> Дата доступа: 8 жовтня 2019. – Заголовок з екрану.
10. S. Bhattacharya, A. Kumar. Sensors for Automotive and Aerospace Applications. Springer Nature Singapore Pte Ltd, 2019. – 264 p.
11. Mahmoud Rasras, Ibrahim (Abe) M. Elfadel, Ha Duong Ngo. MEMS Accelerometers [Электронный ресурс] – Режим

доступу: <https://www.mdpi.com/journal/micromachines/special-issues/MEMS-Accelerometers> Дата доступу: 8 жовтня 2019. – Заголовок з екрану.



Додаток А  
Тези конференцій

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ**

**МАТЕРІАЛИ**

**VII НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**

**«ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ,  
СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»**



**11–12 грудня 2019 року**

**ТЕРНОПІЛЬ  
2019**

<b>І. Тишко, О. Пастух</b>	
РОЗРОБКА ІНТЕРАКТИВНОГО СЕРЕДОВИЩА СОЦІАЛІЗАЦІЇ МОВОЮ ПРОГРАМУВАННЯ JAVA SCRIPT, ФРЕЙМВОРК METEOR JS	165
<b>І. Урманець, Д. Михалик</b>	
РОЗРОБКА СИСТЕМИ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ НАВЧАЛЬНИМ ПРОЦЕСОМ НА ОСНОВІ .NET ТЕХНОЛОГІЙ	166
<b>Т. Чомко, А. Лупенко, В. Гой, А. Гусак</b>	
ПРОГРАМНЕ КЕРУВАННЯ ПОТУЖНІСТЮ БАГАТОСЕКЦІЙНОГО РЕЗОНАНСНОГО ІНВЕРТОРА	167
<b>СЕКЦІЯ 5. НОВІТНІ ФІЗИКО-ТЕХНІЧНІ ТА ОСВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ</b>	
<b>І. Гінсіровська, Л. Джиджора</b>	
ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИКЛАДАННЯ АНГЛІЙСЬКОЇ МОВИ У ТЕХНІЧНИХ ЗВО	169
<b>В. Довганич</b>	
АПАРАТНО-ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ КООРДИНАЦІЇ ТА КОНТРОЛЮ ДРОНАМИ	170
<b>В. Снявський</b>	
АНАЛІЗ МЕТОДІВ СЕГМЕНТАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ	171
<b>Ю. Скоренький, Л. Цьока</b>	
АРХІТЕКТУРА КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ЖЕСТОВОГО КЕРУВАННЯ КВАДРОКОПТЕРОМ	172
<b>Алфавітний покажчик</b>	173
<b>Зміст</b>	177

УДК 625.717

**Ю. Скоренький, Л. Цюка**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## **АРХІТЕКТУРА КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ЖЕСТОВОГО КЕРУВАННЯ КВАДРОКОПТЕРОМ**

UDC 626.717

**Yu. Skorenkyu, L. Tsoka**

(Ternopil I.Pulyu National Technical University, Ukraine)

## **COMPUTER SYSTEM OF QUADCOPTER GESTURE CONTROL**

Технології розпізнавання жестів дозволять контролювати компоненти кіберфізичних систем з відстані без застосування комунікаційних приладів та легко передавати контроль від одного оператора до іншого. Вже певний час експлуатуються засоби керування, дія яких базується на використанні системи, вбудованої в рукавицю, що складається з акселерометрів для детектування рухів руки та передавального пристрою для комунікації. До переваг такої системи слід віднести легкість освоєння та інтуїтивність керування. Однак, така система має всі недоліки стандартного способу керування з пульта і не використовує технології розпізнавання жестів.

Жестове керування польотом дронів на даний час є актуальною задачею, яка привертає увагу багатьох дослідників [1, 2]. Встановлено, що для реалізації всього спектру завдань, необхідно розпізнавати не більше 300 жестів [3]. На практиці, базовий функціонал може бути реалізований значно меншою кількістю жестів (до 20) що суттєво спрощує задачу проектування комп'ютерної системи для такого типу керування. Значна кількість задач контролю та управління може бути розв'язана комп'ютерною системою квадрокоптера самостійно, оскільки дані з його гіроскопів, акселерометрів, інфрачервоних та ультразвукових датчиків доцільно опрацьовувати за допомогою бортового процесора. Для розпізнавання складних жестів та їх комбінацій вже необхідне застосування нейронних мереж, які треба реалізовувати через хмарні сервіси, що пов'язано із здорожчанням, затримками та збоями. Альтернативний підхід може бути реалізований за допомогою плати розширення Intel Movidius Neural Compute Stick чи технології OpenCV та програмного коду, написаного мовою Python для захоплення фреймів з зображення, отриманого камерою квадрокоптера та відділення області для аналізування від фону. Система може і повинна бути двофункціональною, одночасно забезпечуючи уникання перешкод та запобігання зіткненням квадрокоптера з нерухомими чи рухомими об'єктами (наприклад, в рою дронів).

В доповіді обговорено принципи побудови та функціонування комп'ютерної системи жестового керування квадрокоптером та запропоновано архітектуру такої системи, яка може бати практично реалізована на базі компонентів бюджетного класу.

### **Література**

- [1] Y. Ma et al. Hand gesture recognition with convolutional neural networks for the multimodal UAV control. 2017 Workshop on Research, Education and Development of Unmanned Aerial Systems (RED-UAS), Linköping, pp. 198–203, 2017. doi: 10.1109/RED-UAS.2017.8101666.
- [2] R. V. Krishna et al. Design of voice and gesture controlled Quadcopter. 2015 International Conference on Innovations in Information, Embedded and Communication Systems (ICIIECS), Coimbatore. Pp. 1–6, 2015. doi: 10.1109/ICIIECS.2015.7193152
- [3] M. Obaid et al. How would you gesture navigate a drone?: a user-centered approach to control a drone. Proceedings of the 20th International Academic Mindtrek Conference, pp. 113–121, 2016.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
 Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)  
 Національна академія наук України  
 Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)  
 Маріборський університет (Словенія)  
 Технічний університет у Кошице (Словаччина)  
 Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)  
 Шауляйська державна колегія (Литва)  
 Жешувський політехнічний університет ім. Лукасевича (Польща)  
 Білоруський національний технічний університет (Республіка Білорусь)  
 Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)  
 Національний університет біоресурсів і природокористування України (Україна)  
 Наукове товариство ім. Шевченка  
 ГО «Асоціація випускників Тернопільського національного технічного університету імені  
 Івана Пулюя»

# АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

## Збірник

### тез доповідей

## Том II

### VIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів

27-28 листопада 2019 року



УКРАЇНА  
ТЕРНОПІЛЬ – 2019

12.	<b>С.О. Галан, В.В. Яцишин</b> ФОРМАЛІЗАЦІЯ ПІДСИСТЕМИ ЗБОРУ ДАНИХ В СИСТЕМАХ «РОЗУМНИЙ ЦІННИК»	17
13.	<b>І.О. Гарасимів, Д.В. Дмитрів</b> ІНФОРМАТИЗАЦІЯ ОБЩИН	18
14.	<b>Ю.Л. Голояд</b> КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА РОСПІЗНАВАННЯ КНИГ НА ФОТОГРАФІЯХ	19
15.	<b>Н.В.Грабовський, С.М.Квач, О.Б. Назаревич</b> АНАЛІЗ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ПИВА	20
16.	<b>Д.О. Гракова</b> ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ПОВІТРЯНИХ БАЗОВИХ СТАНЦІЙ В МОБІЛЬНІЙ МЕРЕЖІ	21
17.	<b>Є.І. Гринчук, П.П. Данів, Д.П. Стухляк</b> ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМФОРТУ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ	23
18.	<b>Р.А. Склярів, Губич І.В.</b> АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПОДІЛУ ПРУТКІВ НА ШТУЧНІ ЗАГОТОВКИ	24
19.	<b>Р.А. Склярів, І.В. Гуцалок</b> ВИМОГИ ДО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ ЯКЕ ВИКОРИСТОВУЄТЬСЯ ДЛЯ ЗАТИСКУ ПРИЗМАТИЧНИХ ЗАГОТОВОК	26
20.	<b>В.О. Дармограй А. М. Луцків</b> АНАЛІЗ БІБЛІОТЕК ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ BLOCKCHAIN-ІНФРАСТРУКТУРИ ДЛЯ СИСТЕМ ІОТ	27
21.	<b>М.І. Паламар, А.З. Джинджиристий</b> ЗАСТОСУВАННЯ МЕТРИКИ КОСИНУСА КУТА ПРИ ПІДБОРІ КОМАНДИ РОЗРОБНИКІВ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ	29
22.	<b>О.А. Дідуник, М.В. Дрозд, А.П. Заблоцький, А.М. Курко</b> ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ АДМІНІСТРАТИВНИХ ПРИМІЩЕНЬ	30
23.	<b>Л.Р. Цьока, В.І. Довганич</b> ВДОСКОНАЛЕННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ТА КЕРУВАННЯ КВАДРОКОПТЕРАМИ ТА ДРОНАМИ	31
24.	<b>М.М. Долік</b> ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ОЦИФРУВАННЯ ДОКУМЕНТІВ ДЛЯ ЗБЕРЕЖЕННЯ ІСТОРИКО-КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ УКРАЇНИ	32

УДК 625.717

Л.Р. Цьока, В.І. Довганч

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**ВДОСКОНАЛЕННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ТА  
КЕРУВАННЯ КВАДРОКОПТЕРАМИ ТА ДРОНАМИ**

**L.R. Tsoka, V.I. Dovhanych**

**IMPROVEMENTS OF COMPUTER SYSTEMS FOR QUADCOPTERS AND  
DRONES CONTROL**

Стрімкий розвиток комп'ютерної та мікропроцесорної техніки зумовив сучасне широке застосування дронів, квадрокоптерів, дистанційно керованих та самокерованих засобів в багатьох галузях [1]. Для систем керування квадрокоптерів, як і для інших літальних апаратів, слід враховувати складні аеродинамічні процеси, які утруднюють повноцінну реалізацію самокерованості. Метою даного дослідження є розробка надійної та ефективної системи контролю та керування квадрокоптерами та дронами.

На даний час в значній мірі розв'язані проблеми контролю місцезнаходження дрона з допомогою датчиків (ультразвукових та інфрачервоних) та управління повітряним потоком з метою контрольованого переміщення [2]. Для координації дронів у рою можна використовувати передачу даних по протоколах Wi-Fi, ZigBee, bluetooth. Геолокація може бути реалізована за допомогою GPS-трекерів. Смуги радіочастот, призначені для обміну даними та керування дронами 900 МГц; 1,2 ГГц; 2,4 ГГц.

Для застосувань, які не потребують значних обчислювальних ресурсів, сучасні мікроконтролери та сенсори з малими розмірами та енергоспоживанням дозволяють досягнути суттєвої мініатюризації. В свою чергу, це дає можливість гнучко поєднувати в мобільні групи (swarm — рій) велику кількість мініатюрних квадрокоптерів. Всі вони об'єднуються в безпроводну мережу, що забезпечить мобільність та динамічні характеристики рою. Основними вимогами до такої мережі є надійність, захищеність і мінімальне споживання електроенергії. Для захисту мережі від несанкціонованого втручання необхідно використовувати шифрування AES-64, яке підтримується апаратно.

Нами проведено порівняльний аналіз застосовності доступних компонент загального призначення (мотори, сенсори, мікроконтролери, процесори, модулі зв'язку, одноплатні комп'ютери типу Raspberry Pi) та програмного забезпечення, яке дозволяє будувати гнучкі та надійні системи керування квадрокоптерами та дронами. На основі спроектованих систем в подальшому будуть розроблені засоби дистанційного жестового контролю польотних характеристик та координації дронів про об'єднанні в динамічні мобільні системи (рої).

**Література**

1. U.M. Rao Mogili, B.B.V.L. Deepak. Review on Application of Drone Systems in Precision Agriculture. *Procedia Computer Science* — vol. 133. - p.502–509, 2018.
2. Kyaw Myat Thu, A.I. Gavrilov. Designing and modeling of quadcopter control system using L1 adaptive control. *Procedia Computer Science*. -vol. 103. - p. 528 – 535, 2017.