

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет систем управління літальних апаратів

Кафедра комп'ютерних наук та інформаційних технологій

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи
(тип кваліфікаційної роботи)

_____магістра

(освітній ступінь)

на тему «Побудова карти приміщень та навігації для рухомої роботизованої
платформи»

ХАІ.302.367.23О.122. 193095 ПЗ

Виконав: студент 6 курсу групи № 367
Спеціальність 122 «Комп'ютерні науки»
(код та найменування)

Освітня програма Комп'ютеризація
обробки інформації та управління

_____Костуренко В.В.

(прізвище й ініціали студента)

Керівник: доц. каф. 302, к.т.н.

_____Малєєва Ю.А.

(прізвище й ініціали)

Рецензент: Литвинов А.Л.

(прізвище й ініціали)

Харків – 2023

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет систем управління літальних апаратів
 Кафедра комп'ютерних наук та інформаційних технологій
 Рівень вищої освіти другий (магістерський)
 Галузь знань 12 «Інформаційні технології»
 (код та найменування)
 Спеціальність 122 «Комп'ютерні науки»
 Освітня програма Комп'ютеризація обробки інформації та управління

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Олег ФЕДОРОВИЧ

(підпис) (ім'я та прізвище)
 «07» листопада 2023 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Костуренко Владиславу Вадимовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Побудова карти приміщень та навігації для рухомої роботизованої платформи

керівник кваліфікаційної роботи Малєєва Ю.А., к.т.н., доц. каф. 302,

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

затверджені наказом Університету № 1968-уч. від « 06 » листопада 20 23 року

2. Термін подання студентом кваліфікаційної роботи 10.01.2024

3. Вихідні дані до проекту (роботи) робототехнічна мобільна платформа, ультразвуковий далекомір, лазерний радар

4. Зміст пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розв'язати) аналіз сучасних підходів до навігації та локалізації автономних мобільних роботів; проектування апаратно-програмного комплексу для навігації та побудови цифрової карти приміщень для мобільного роботу; розробка алгоритмів обробки навігаційної інформації та побудови цифрової карти приміщень; проведення експериментальних досліджень з робототехнічною платформою колісного роботу

5. Перелік графічного матеріалу мобільні роботи; ціль та задачі дослідження; автономна навігація мобільних роботів; SLAM (System of Localization and

Mapping); робототехнічна мобільна платформа; лазерний радар; обробка даних від радару; опис програм управління роботом при автономній навігації; веб-інтерфейс керування роботом; режим побудови карти за даними з радару; демонстрація режимів автономної навігації та побудови цифрової карти приміщення

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
з основної частини	Малєєва Ю.А., доц. каф. 302		
з спеціального розділу	Малєєва Ю.А. доц. каф. 302		
з економіки та управління	Малєєва Ю. А. доц. каф. 302		

Нормоконтроль _____ Олександр ПРОХОРОВ «__» _____ 20__ р.
(підпис) (імя та прізвище)

7. Дата видачі завдання «10» вересня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТА ПІДХОДІВ ДО НАВІГАЦІЇ ТА ЛОКАЛІЗАЦІЇ АВТОНОМНИХ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ	10.09 – 20.09	
2	ПРОЕКТУВАННЯ АПАРАТНО-ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ НАВІГАЦІЇ ТА ПОБУДОВИ ЦИФРОВОЇ КАРТИ ПРИМІЩЕНЬ ДЛЯ МОБІЛЬНОГО РОБОТУ	21.09 – 28.09	
3	РОЗРОБКА АЛГОРИТМІВ ОБРОБКИ НАВІГАЦІЙНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ТА ПОБУДОВИ ЦИФРОВОЇ КАРТИ ПРИМІЩЕНЬ	29.09 – 20.11	
4	ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТІВ З НАВІГАЦІЇ РОБОТА ТА ПОБУДОВИ ЦИФРОВОЇ КАРТИ ПРИМІЩЕННЯ	21.11 – 20.12	
5	ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	20.12 – 25.12	

Студент _____ Владислав КОСТУРЕНКО _____
(підпис) (імя та прізвище)

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Юлія МАЛЄЄВА _____
(підпис) (імя та прізвище)

УДК 004.8

РЕФЕРАТ

Побудова карти приміщень та навігації для рухомої роботизованої платформи – Костуренко Владислав, кваліфікаційна робота магістра, Харків, Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», кількість сторінок, враховуючи додатки 75, кількість таблиць 17, кількість рисунків 51, кількість джерел літератури 18.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: мобільні роботи, робототехнічна платформа, лазерний радар, навігація, карта.

ЦІЛЬ: забезпечення автономної навігації та побудови цифрової карти приміщень для мобільної робототехнічної платформи.

ОБ’ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ: процеси локалізації та навігації мобільних роботів у закритому середовищі.

ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ: методи, моделі та засоби автономної навігації та побудови цифрової карти приміщень для мобільних робототехнічних платформ.

ЗАДАЧІ: аналіз сучасних підходів до навігації та локалізації автономних мобільних роботів; проектування апаратно-програмного комплексу для навігації та побудови цифрової карти приміщень для мобільного роботу; розробка алгоритмів обробки навігаційної інформації та побудови цифрової карти приміщень; проведення експериментальних досліджень з робототехнічною платформою колісного роботу.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ: використано одноплатний мікрокомп’ютер Raspberry Pi, лазерний радар, методи цифрової обробки зображень.

ОТРИМАНІ РЕЗУЛЬТАТИ: розроблено прототип апаратно-програмного комплексу для побудови карти приміщень та автономної навігації рухомої роботизованої платформи.

UDC 004.8

ABSTRACT

Creating a map of premises and navigation for the mobile robotic platform – Vladislav Kosturenko, Master Thesis, Kharkiv, National Aerospace University “KhAI”, amount of pages 75, amount of tables 17, amount of figures 51, amount of literature’s sources 18.

KEYWORDS: mobile robots, robotics platform, laser radar, navigation, map..

PURPOSE OF RESEARCH: providing autonomous navigation and building a digital map of premises for a mobile robotics platform..

OBJECT OF RESEARCH: processes of localization and navigation of mobile robots in a closed environment..

SUBJECT OF RESEARCH: methods, models and means of autonomous navigation and building a digital map of premises for mobile robotic platforms..

TASKS: analysis of modern approaches to navigation and localization of autonomous mobile robots; designing a hardware and software complex for navigation and building a digital map of premises for mobile work; development of algorithms for processing navigation information and building a digital map of premises; conducting experimental research with a robotic platform of a wheeled robot..

METHODS OF RESEARCH: single-board microcomputer Raspberry Pi, laser radar, digital image processing methods were used..

RESULTS: a prototype of a hardware and software complex was developed for building a map of premises and autonomous navigation of a mobile robotic platform..

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТА ПІДХОДІВ ДО НАВІГАЦІЇ ТА ЛОКАЛІЗАЦІЇ АВТОНОМНИХ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ.....	9
1.1 Сучасні системи навігації мобільних роботів.....	9
1.2 Огляд алгоритмів SLAM.....	12
1.2.1 Фільтр Калмана	13
1.2.2 Фільтр Калмана	15
1.2.3 Фільтр частинок.....	15
Висновки за розділом.....	20
2 ПРОЕКТУВАННЯ АПАРАТНО-ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ НАВІГАЦІЇ ТА ПОБУДОВИ ЦИФРОВОЇ КАРТИ ПРИМІЩЕНЬ ДЛЯ МОБІЛЬНОГО РОБОТУ	21
2.1 Опис платформи мобільного роботу	21
2.2 Лазерний радар	24
Висновки за розділом.....	29
3 РОЗРОБКА АЛГОРИТМІВ ОБРОБКИ НАВІГАЦІЙНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ТА ПОБУДОВИ ЦИФРОВОЇ КАРТИ ПРИМІЩЕНЬ.....	30
3.1 Опис протоколу роботи з радаром	30
3.1.1 Пуск і зупинка керування.....	30
3.1.2 Формат пакета даних.....	30
3.1.3 Аналіз вимірювальних даних.....	32
3.2 Опис програм управління роботом при автономній навігації	34
3.2.1 Управління сервоприводами для обертання ультразвукового далекоміра та камери	34
3.2.2 Управління двигуном постійного струму	38
3.2.3 Програма для сканування простору ультразвуковим далекоміром.....	43
3.2.3 Програма для автономної навігації робота	47
3.3 Реалізація фільтру Калмана при обробці даних радару	50
Висновки за розділом.....	51
4 ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТІВ З НАВІГАЦІЇ РОБОТА ТА ПОБУДОВИ ЦИФРОВОЇ КАРТИ ПРИМІЩЕННЯ.....	52
4.1 Графічний веб-інтерфейс для керування роботом	52
4.2 Побудова цифрової карти приміщення	53
Висновки за розділом.....	55
5 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	56
5.1 Мета розділу	56

5.2 Визначення тривалості та розрахунок собівартості виконання проекту (перший варіант)	56
5.3 Визначення тривалості та розрахунок собівартості виконання проекту (другий варіант).....	61
Висновки за розділом.....	65
ВИСНОВКИ	66
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	67
ДОДАТОК А. Графічні матеріали	69

ВСТУП

Актуальність теми дослідження.

На сьогоднішній день існує багато автономних мобільних роботів.

Область застосування мобільних (телекерованих або автономних) роботів дуже широка. Такі робототехнічні системи знаходять застосування і в цивільній сфері в якості сервісної робототехніки. Це і пошук та знешкодження небезпечних об'єктів, завдання радіаційної та хімічної розвідки, робота в зоні техногенних і природних катастроф тощо.

Для виконання автономними мобільними роботами таких завдань, перш за все потрібно мати систему навігації та локалізації високої точності для того, щоб уникнути зіткнень, аварій. В роботі розглядаються алгоритми навігації та картографування для мобільних роботизованих платформ, що інтегрують інформацію від декількох датчиків, у тому числі ультразвукового далекоміру та лазерного радару, що дає можливість побудувати цифрову карту приміщення.

Мета дослідження – забезпечення автономної навігації та побудови цифрової карти приміщень для мобільної робототехнічної платформи.

Для досягнення мети необхідно виконати наступні **завдання**:

- аналіз сучасних підходів до навігації та локалізації автономних мобільних роботів;
- проектування апаратно-програмного комплексу для навігації та побудови цифрової карти приміщень для мобільного роботу;
- розробка алгоритмів обробки навігаційної інформації та побудови цифрової карти приміщень;
- проведення експериментальних досліджень з робототехнічною платформою колісного роботу.

Об'єкт дослідження – процеси локалізації та навігації мобільних роботів у закритому середовищі.

Предмет дослідження – методи, моделі та засоби автономної навігації та побудови цифрової карти приміщень для мобільних робототехнічних платформ.

Практичне значення отриманих результатів. Розроблено прототип апаратно-програмного комплексу для побудови карти приміщень та автономної навігації рухомої роботизованої платформи.

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи магістра. Кваліфікаційна робота магістра складається зі вступу, 5 розділів, висновків, додатків та переліку посилань. Повний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 75 сторінок, в тому числі: 51 рисунок; 17 таблиць; 1 додаток на 7 сторінках; перелік посилань з 18 найменувань на 2 сторінках.