

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 «Моделювання розподілених мозаїчних систем мобільних біонічних
роботів»

XAI.302.366.22O.122.9652030 ПЗ

Виконав: студент 6 курсу групи № 366
Спеціальність 122 «Комп'ютерні науки»

(код та найменування)

Освітня програма Комп'ютеризація
обробки інформації та управління

_____ Новіков Д.С.

(прізвище й ініціали студента)

Керівник: _____ проф. каф. 302, д.т.н.

_____ Прохоров О.В.

(прізвище й ініціали)

Рецензент: _____ Метешкін К.О.

(прізвище й ініціали)

Харків – 2022

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»
 Спеціальність 122 «Комп'ютерні науки»
 Освітня програма Комп'ютеризація обробки інформації та управління

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Олег ФЕДОРОВИЧ

(підпис) (ім'я та прізвище)
 «01» листопада 2022 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Новікову Дмитру Сергійовичу
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Моделювання розподілених мозаїчних систем мобільних біонічних роботів

керівник кваліфікаційної роботи Прохоров О.В., д.т.н., проф. каф. 302,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
 затверджені наказом Університету № 1604 уч. від «17» листопада 2022 року

2. Термін подання студентом кваліфікаційної роботи 15.12.2022

3. Вихідні дані до проекту (роботи) система AnyLogic PLE 8.8

4. Зміст пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розв'язати) аналіз концепції «мозаїчної війни» та особливостей групового керування роботами; розробка мозаїчної структури розподіленої системи мобільних робототехнічних комплексів; опис механізмів моделювання процесів групової поведінки мобільних роботів; розробка агентної імітаційної моделі аналізу процесів керування групою безпілотних літальних апаратів, безпілотних наземних транспортних засобів і наземних роботів; проведення експериментальних досліджень

5. Перелік графічного матеріалу концепція "Mosaic Warfare"; ціль та задачі дослідження; біонічні крокуючі роботи; мультиагентна система роботів; специфіка управління групою роботів; моделювання бойової місії; модель UGV; модель наземного базування; модель ППО та ЗРК; модель основного агенту

Main; процес моделювання; сценарій 1; сценарій 2; сценарій 3; демонстрація;
ВИСНОВКИ

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
з основної частини	Прохоров О. В. проф. каф. 302		
з спеціального розділу	Прохоров О. В. проф. 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 «_06_» _вересня_ 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	АНАЛІЗ КОНЦЕПЦІЇ «МОЗАЇЧНОЇ ВІЙНИ» ВІД DARPA	06.09 – 20.09	
2	ПРОЦЕСИ КЕРУВАННЯ ГРУПОЮ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ	21.09 – 28.09	
3	РОЗРОБКА ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ АНАЛІЗА ПРОЦЕСІВ КЕРУВАННЯ ГРУПОЮ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ	29.09 – 20.10	
4	ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТІВ З МОДЕЛЮВАННЯ МОЗАЇЧНОГО УГРУПУВАННЯ МОБІЛЬНИХ БІОНІЧНИХ РОБОТІВ	21.10 – 20.11	
5	Економічні розрахунки	20.11 – 25.11	

Студент _____ Дмитро НОВІКОВ
 (підпис) (імя та прізвище)

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Олександр ПРОХОРОВ
 (підпис) (імя та прізвище)

УДК 004.8

РЕФЕРАТ

Моделювання розподілених мозаїчних систем мобільних біонічних роботів – Новіков Дмитро, кваліфікаційна робота магістра, Харків, Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», кількість сторінок, враховуючи додатки 75, кількість таблиць 12, кількість рисунків 49, кількість джерел літератури 17.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: мозаїчна війна, роботи, безпілотні наземні транспортні засоби, розподілені системи, мультиагентні системи, імітаційне моделювання.

ЦІЛЬ: моделювання процесів керування груповою поведінкою мобільних біонічних роботів в рамках концепції «мозаїчної війни».

ОБ’ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ: процеси управління груповою поведінкою мобільних роботів.

ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ: методи та засоби управління груповою поведінкою мобільних біонічних роботів для мозаїчних систем.

ЗАДАЧІ: провести аналіз концепції «мозаїчної війни» та особливостей групового керування роботами; розробити мозаїчну структуру розподіленої системи мобільних робототехнічних комплексів; описати механізми моделювання процесів групової поведінки мобільних роботів; розробити агентну імітаційну модель аналізу процесів керування групою безпілотних літальних апаратів, безпілотних наземних транспортних засобів і наземних роботів; провести експериментальні дослідження.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ: концепція «мозаїчної війни», методи та алгоритми планування шляху, мультиагентний підхід, агентне імітаційне моделювання.

ОТРИМАНІ РЕЗУЛЬТАТИ: розроблено програмне забезпечення для моделювання процесів управління групою біонічних роботів при виконанні пошуково-рятувальних операцій, розвідки та військових диверсій з забезпеченням механізмів автономності, адаптації, координації та колективної поведінки.

UDC 004.8

ABSTRACT

Simulation of distributed mosaic systems of mobile bionic robots – Dmytro Novikov, Master Thesis, Kharkiv, National Aerospace University “KhAI”, amount of pages 75, amount of tables 12, amount of figures 49, amount of literature’s sources 17.

KEYWORDS: mosaic warfare, robotic, unmanned ground vehicles, distributed systems, multiagent systems, simulation modelling.

PURPOSE OF RESEARCH: modeling of the processes of managing the group behavior of mobile bionic robots within the framework of the “mosaic war” concept.

OBJECT OF RESEARCH: processes of managing the group behavior of mobile robots.

SUBJECT OF RESEARCH: methods and means of managing the group behavior of mobile bionic robots for mosaic systems.

TASKS: conduct an analysis of the concept of “mosaic war” and the features of group management of robots; to develop a mosaic structure of a distributed system of mobile robotic complexes; describe the mechanisms of modeling the processes of group behavior of mobile robots; to develop an agent simulation model for the analysis of control processes of a group of unmanned aerial vehicles, unmanned ground vehicles and ground robots; conduct experimental research.

METHODS OF RESEARCH: concept of “mosaic war”, path planning methods and algorithms, multi-agent approach, agent simulation modeling.

RESULTS: software was developed for modeling the processes of managing a group of bionic robots during search and rescue operations, reconnaissance and military sabotage with the provision of mechanisms of autonomy, adaptation, coordination and collective behavior.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 АНАЛІЗ КОНЦЕПЦІЇ «МОЗАЇЧНОЇ ВІЙНИ» ВІД DARPA	9
1.1 Концепція «мозаїчної війни».....	9
1.2 Мобільні біонічні роботи	14
Висновки за розділом.....	16
2 ПРОЦЕСИ КЕРУВАННЯ ГРУПОЮ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ	18
2.1 Концепція групового керування роботами в рамках мозаїчного підходу	18
2.2 Особливості планування маршруту роботів.....	21
Висновки за розділом.....	25
3 РОЗРОБКА ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ АНАЛІЗА ПРОЦЕСІВ КЕРУВАННЯ ГРУПОЮ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ.....	26
3.1 Моделювання бойової місії	26
3.2 Сценарій мультиагентного моделювання.....	27
3.3 Моделювання наземних об'єктів.....	28
3.4 Моделювання біонічних мобільних роботів.....	35
3.5 Моделювання основного агента моделі та поля бою.....	38
Висновки за розділом.....	44
4 ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТІВ З МОДЕЛЮВАННЯ МОЗАЇЧНОГО УГРУПУВАННЯ МОБІЛЬНИХ БІОНІЧНИХ РОБОТІВ	45
4.1 Моделювання бойової місії групи мобільних біонічних роботів	45
4.2 Проведення експериментів	48
Висновки за розділом.....	51
5 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	52
5.1 Мета розділу.....	52
5.2 Розрахунок собівартості та тривалості моделювання системи для першого варіанту	52
5.3 Розрахунок собівартості та тривалості моделювання системи для другого варіанту	57
Висновки за розділом.....	61
ВИСНОВКИ.....	62
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	63
ДОДАТОК А. Графічні матеріали	65

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Останнім часом зріс інтерес дослідників до біонічних (технічні пристрої, що мають вигляд, подібний до біологічних об'єктів) роботів та їх групового управління.

Розробка чотири- (роботи собаки) або шестиногих (павукоподібних) роботів актуальна через потребу в мобільних роботах для дослідження небезпечних чи неструктурованих місцевостей. Порівняно з іншими мобільними робототехнічними платформами такі біонічні роботи є чудовою системою пересування з точки зору стабільності, контролю та малопомітності. Зараз можливості чотириногих роботів вивчаються в різних областях, від будівництва до освоєння космосу і військових операцій. Слід також зазначити, що традиційна модель розвитку оборонного комплексу, яка зосереджена на складних і дорогих платформах та системах, непридатна для отримання переваги від сучасних інформаційних технологій (штучний інтелект, машинне навчання, безпілотні комплекси та ін.), які значною мірою сьогодні розвиваються у світових інноваційних середовищах. Альтернативний підхід – зосередити увагу на менших, цілеспрямованих та відносно дешевих «одиницях дії», що будуть мати властивості швидкого та легкого масштабування та модернізації. Створюючи динамічну «мозаїку» таких підрозділів, які діють як автономно, так і в координації, можна отримати стратегічну перевагу за допомогою асиметричних засобів, а супернику може бути створено величезну складність вирішення своїх воєнних завдань.

Таку новітню концепцію «мозаїчної війни» Mosaic Warfare запропонувало та розробляє DARPA. Подальші дослідження потребують розроблення нових методів та моделей, що направлені на вдосконалення управління великими розподіленими динамічними системами, включаючи мобільні робототехнічні комплекси, в непередбачуваних та кризових ситуаціях. В дослідженні розглядаються особливості моделювання процесів управління групою біонічних роботів, оснащених різними сенсорами та системою комп'ютерного зору, для пошуково-рятувальних операцій, розвідки та військових диверсій з забезпеченням механізмів автономності, адаптації, координації, колективної поведінки, самовідновлення та інтеграції.

Мета дослідження – моделювання процесів керування групою поведінкою мобільних біонічних роботів в рамках концепції «мозаїчної війни».

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

1. Провести аналіз концепції «мозаїчної війни» та особливостей групового керування роботами.

2. Розробити мозаїчну структуру розподіленої системи мобільних робототехнічних комплексів.

3. Описати механізми моделювання процесів групової поведінки мобільних роботів.

4. Розробити агентну імітаційну модель аналізу процесів керування групою безпілотних літальних апаратів, безпілотних наземних транспортних засобів і наземних роботів.

5. Здійснити програмну реалізацію моделі та провести експериментальні дослідження.

Об'єкт дослідження – процеси управління груповою поведінкою мобільних роботів.

Предмет дослідження – методи та засоби управління груповою поведінкою мобільних біонічних роботів для мозаїчних систем.

Практичне значення отриманих результатів. Розроблено програмне забезпечення для моделювання процесів управління групою біонічних роботів при виконанні пошуково-рятувальних операцій, розвідки та військових диверсій з забезпеченням механізмів автономності, адаптації, координації та колективної поведінки.

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: 49 рисунків; 12 таблиць; 1 додаток на 11 сторінках; перелік посилань з 17 найменувань на 2 сторінках.