Додаток А

АБРОБАЦІЯ НАУКОВИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Міністерство освіти і науки України

NURE

Харківський національний університет радіоелектроніки

ЗБІРНИК

студентських наукових статей

«Автоматизація та приладобудування»

«Automation and Development of Electronic Devices»

ADED-2023

(Випуск 2)

[електронне видання]

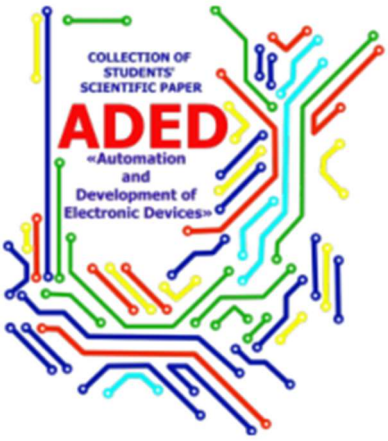
http://nure.ua/department/kafedra-komp-yuterno-integrovanih-tehnologiy-avtomatizatsiyi-ta-mehatroniki-kitam

http://itez.zntu.edu.ua/

http://kafea.kdu.edu.ua

Харків 2023

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки
кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки
(КІТАР)



ЗБІРНИК

студентських наукових статей

«Автоматизація та приладобудування»

«Automation and Development of Electronic Devices»

ADED-2023

(Випуск 2)

[електронне видання]

Харків 2023

Головий редактор **Невлюдов Ігор Шакирович**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Редакційна колегія: **Филипенко Олександр Іванович**, доктор технічних наук, професор, декан факультету Автоматики та комп'ютеризованих технологій, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Цимбал Олександр Михайлович, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Андрусевич Анатолій Олександрович, доктор технічних наук, професор, начальник Криворізького коледжу національного авіаційного університету

Косенко Віктор Васильович, доктор технічних наук, професор, зам. директора Державного підприємство «Південний державний проектно- конструкторський та науково-дослідний інститут авіаційної промисловості».

Замірець Микола Васильович, доктор технічних наук, професор, директор Державного підприємства Науково-дослідного технологічного інституту приладобудування.

Свищ Володимир Митрофанович, доктор технічних наук, професор, радник директора Державне науково-виробниче підприємство «Об'єднання Комунар».

Фомовська Олена Владиславівна, кандидат технічних наук, доцент завідувач кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського.

Кухаренко Дмитро Володимирович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Демська Наталія Павлівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Фурманова Наталія Іванівна, кандидат технічних наук, доцент, в.о. декана факультета Радіоелектроніки і телекомунікацій, Національного університету «Запорізька політехніка».

Відповідальний редактор: **Євсєєв Владислав В'ячеславович,** доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Автоматизація та Приладобудування («Automation and Development of Electronic Devices» ADED-2023) [Електронний ресурс] : збірник студентських наукових статей / Харківський національний університет радіоелектроніки ; [редкол.: І.Ш. Невлюдов та ін.]. – Харків : ХНУРЕ, 2023. – Вип. 2. – 408с.

Collection of Students' Scientific Paper «Automation and Development Of Electronic Devices» ADED-2023 Part 2 (Key infrastructure 2023) - Kharkiv/ The Editorial.: Nevlyudov I.Sh. (head), that all. Kharkiv: Kind of Kharkiv National Universitety of Radio Elektronics [electronic edition], 2023. – 408p with.

Рекомендовано рішенням
Науково-технічної ради
Харківського національного
університету радіоелектроніки
протокол №6 від 29.11.2018

Рекомендовано рішенням Вченої ради
факультету Автоматики і комп'ютеризованих технологій
Харківського національного
університету радіоелектроніки
протокол № 4 від 30.11.2023

Збірник містить наукові статті здобувачів першого (бакалаврського), другого (магістерського) рівнів вищої освіти кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР) Харківського національного університету радіоелектроніки, кафедри Інформаційних технологій електронних засобів (ІТЕД) Запорізького національного технічного університету та кафедри Електронних апаратів (ЕА) Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського які навчаються за спеціальностями: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, 172 Телекомунікації та радіотехніка, 171 Електроніка та 163 Біомедична інженерія. Статті надані в авторській редакції.

©ХНУРЕ, 2023 рік

ЗМІСТ

Я.І. Халімонов
Перспективи: Автоматизації вимірювання умов у житлових та робочих приміщеннях з використанням комп'ютерно-інтегрованих рішень ……. 9
Є.Ю. Гавриков, А.Я. Осман
Дослідження технологій виробництва деталей на 3D принтері ……. 12
А.С. Андреєв
QR-коди в науці та техніці …….. 17
F. Kutrota
Development of Automated Environmental Control System for Portable Greenway Section . 23
К.К. Стеценко
Моделювання BEAM-робота в середовищі TINKERCAD …….. 27
О.В. Удовиченко
Вплив розвитку штучного інтелекту на комп'ютеризовані та робототехнічні системи .. 30
Б.О. Чеснаков
3D моделювання роботизованої платформи для гуманітарного розмінуванні ……. 33
Є.В. Шевченко
Розробка кіберфізичної системи моніторингу технологічних процесів на виробництві . 37
Є.О. Єфімік
Розроблення концепт макету малогабаритного мобільного робота підвищеної прохідності …….. 44
М. Манічкін
Аналіз кінематики та розробка моделі розрахунків елементів матриці гомогенних перетворень для зооморфного мобільного робота ……. 49
М.М. Моргунов
Розробка методу передачі інформації всередині статичного зображення для мобільних роботів ……. 55
Є.С. Ключник
Аналіз систем автоматизованого свердління у Industry 4.0 …… 61
О.Д. Юрченко
Розроблення системи моніторингу роботи засобів виробництва та персоналу приладобудівного приміщення з використанням ESP32-CAM …….. 66
М.О. Бендеберя
Розробка алгоритммічно-функціональної моделі робота маніпулятора на базі ABB Robot Studio …….. 74
І.В. Балабанов
Визначення залежності часу та інтенсивності випромінювання на температуру фотополімерної смоли ……. 79
М.Д. Лисун
Аналіз кінематик 3D принтерів за технологією FDM/FFF …….. 83
С.В. Шматко
Аналіз сучасних роботів телеприсутності, як людського помічника ……. 87
І.С. Коваленко
Перспективи розвитку повітряної робототехніки …… 92
М.С. Лубінець
Розроблення методу прокладення траєкторії руху робота-сапера на основі даних від металошукача …….. 97

О.О. Рак
Розробка автоматизованого модуля моніторингу параметрів об'єктів критичної інфраструктури ……..…….. 104
О.І. Черненко
Автоматизація процесу сортування деталей на виробництві ……. 109
О.А. Тищенко
Моделювання пристрою позиціонування вантажного робота 114
В.О. Веснянка
Розроблення інформаційної системи для оптимізації бізнес-процесів закладу харчування …… 121
Ю.А. Бердник
Аналіз сучасних автономних роботизованих платформ …….. 126
М.В. Звєгінцев
Розробка модуля позиціонування сонячних панелей …….. 133
Д.Д. Лещенко
Моделювання руху маніпулятора робота з використанням динамічної ланки з прямою та зворотною кінематикою ……. 138
П.М. Савченко
Огляд датчиків положення для обладнання, що працює в умовах аварійних відключень електроживлення ……. 142
П.М. Савченко
Створення сучасних систем управління з застосуванням мікропроцесорної техніки та засобів автоматизації ……... 148
Є.Р. Васильченко
Огляд принципів побудови пожежно-охоронної системи ……... 153
А.Д. Єчевський
Система моніторингу та управління параметрами мікроклімату в офісних приміщеннях …… 159
А.І. Конєва
Перспективи розвитку безпілотних систем …….. 164
В.І. Фомін
Використання робототехнічних систем з елементами штучного інтелекту в приладобудуванні ……..….. 171
В.І. Фомін
Застосування 3D-друку у виробництві та промисловості ……... 177
О.В. Чернишенко
Оптимізація маршрутів в логістичних мережах виробничого процесу ……. 182
Р.Р. Шаталюк
Використання віртуальної та доповненої реальності для навчання та симуляцій у робототехніці ……... 188
Р.Р. Шаталюк
Програмування мікроконтролерів для автоматизації систем ……. 193
Т.А. Лихо
Вибір обладнання для розробки мобільного робота для відеонагляду 197
В.О. Александров
Безпілотні літальні апарати. види, технічні особливості, автоматизація …….. 203
С.О. Вінниченко
Еволюція виробництва: Роль MES-системи у оптимізації та контролі промислових 208

процесів на підприємстві ……
А.В. Готовська
Підтримка прийняття рішень в технології проєктування роботизованого виробничого процесу ……. 213
Я.В. Олінкевич
Впровадження erp-системи на виробництві …….. 219
М. Коваленко
Схема керування транспортними роботами на основі візуальних ознак ……... 223
В.К. Маковєєва
Контейнеризація та оркестрація: DOCKER та KUBERNETES ……..……. 228
Д.Р. Придатько
Огляд методів розпізнавання об'єктів за допомогою систем технічного зору …….. 234
А.А. Большаков
Розроблення архітектури SCADA-системи гнучкого виробництва та вибір апаратних засобів ……... 239
В.С. Головіна
Розроблення системи керування мобільним пошуково-рятувальним роботов ……. 244
Д.В. Мілько
Дослідження програмного методу визначення відстані до об’єкту за допомогою параметрів камери ……... 250
І.А. Маняκін
Аналіз методів автоматичного розпізнавання осіб …….. 254
Ю.С. Візір
Автоматичне енергоефективне управління освітленістю з використанням кіберфізичних підходів в умовах виробництва …… 259
В.І. Дульський
Методи оптимізації керуючих програм для верстатів з ЧПУ ……. 264
М.С. Карпов
Використання бездротових мереж для організації контролю в промисловості …… 269
М.А. Пісклов
Алгоритми створення та оптимізації розкладу для загальноосвітніх навчальних закладів ……. 275
А.Ю. Губарь
Веб-додаток для моніторингу та управління запасами в 3D-друкарні …….. 281
І.А. Поддубняк
Аналіз сучасних візуальних SLAM систем в робототехніці ……... 286
Д.П. Редько
Технології транспортування вибухонебезпечних предметів за допомогою роботизованого пристрою ……... 292
В.О. Заікін
Роботизовані системи та їх застосування у інноваційних методах виявлення та знешкодження вибухонебезпечних предметів ……. 296
К.О. Вадурін, А.С. Шандро
Розробка структури інформаційно-аналітичної система для збору, обробки та аналізу даних щодо використання енергетичних ресурсів багатоповерховою будівлею ……. 302
Є.М. Гриценко
Аналіз систем контролю виготовлення 3D деталей на потоковому роботизованому виробництві …….. 309

В.А. Савін
Класифікація роботизованих систем для пошуку вибухонебеспечних предметів …….. 319
М. Збітнєв
Аналіз мобільних робототехнічних платформ для гуманітарного розмінування ……. 329
В.А.Сторожук В.А., М.А. Вісковатов
Розробка інтелектуального модуля для моніторингу параметрів на базі IIoT …….. 334
М.В. Толстий
Аналіз методів намотування дротів на станках з ЧПУ у роботизованому виробництві . 340
В.В. Цешевський
Огляд сучасних конструктивних схем роботів для переміщення сходами …….. 354
О.О. Зибенко
Інновації та досягнення в електророерозійній обробці: формування комп'ютерно-інтегрованого виробництва ……. 356
К.О. Левченко
Моделювання автоматизованого комплексу безтарного сховища сировини …… 361
О.Д. Нікулін
Конвеєрні технології та автоматизація у аддативному виробництві ……. 364
Д.В. Пархоменко
Аналіз систем інжекції з'єднувальної речовини у технології 3D друку 3DP …… 370
К.Є. Скрипник
Моделювання та розрахунок дозування пластику у шнековому екструдері ……. 374
С.Ю. Мірошніченко
Автоматизована система управління для знешкодження вибухонебезпечних предметів 381
В.Є. Тараненко
технологія екструзійного 3D друк без підтримок …… 386
Є.О.Зуєв, М.Ю. Лучанінов
Дослідження методів автономного позиціонування та навігації робототехнічних мобільних платформ …… 390
О.С. Пащенко, К.О. Зозуля
Сучасне виробництво з використанням комп'ютерного управління та інформаційних технологій …… 394
Є.Г. Федосєєв
Аналіз методів імітаційного моделювання технологічних процесів складання …….. 401
К.С. Редькін
Локальна навігація мобільного робота в приміщенні …….. 404

УДК 631.3

РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДУ ПРОКЛАДЕННЯ ТРАЄКТОРІЇ РУХУ РОБОТА-САПЕРА НА ОСНОВІ ДАНИХ ВІД МЕТАЛОШУКАЧА

М. С. Лубінець
Харківський національний університет радіоелектроніки
Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14
E-mail: maksym.lubinets@nure.ua

Анотація: В роботі проведено аналіз методів пошуку вибухонебезпечних предметів. Аналіз показує, що наявні методи виявлення й розпізнавання, залежно від характеристик об'єктів пошуку та навколишніх умов, мають обмеження в імовірності виявлення й не забезпечують необхідного рівня продуктивності пошуку. Наведено класифікацію методів виявлення за фізичними принципами. Праведно аналіз існуючих рішень планування траєкторії руху роботу для пошуку вибухонебезпечних предметів та досліджено запропонований підхід для планування траєкторії руху мобільного роботу під час пошуку вибухонебезпечних предметів.

Ключові слова: вибухонебезпечні предмети, робот-сапер, металошукач.

THE METHOD DEVELOPMENT FOR PLANNING THE ROBOT-SAPER MOVEMENT TRAJECTORY ON THE BASE OF DATA FROM A METAL DETECTOR

M. S. Lubinets
Kharkiv National University of Radio Electronics
Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky ave., 14
E-mail: maksym.lubinets@nure.ua

Abstract: The paper analyzes the methods of searching for explosive objects. The analysis shows that the existing methods of detection and recognition, depending on the characteristics of the search objects and the surrounding conditions, have limitations in the probability of detection and do not provide the required level of search performance. The classification of detection methods according to physical principles is presented. A fair analysis of existing solutions for planning the trajectory of the movement of a robot for the search for explosive objects and the proposed approach for planning the trajectory of the movement of a mobile robot during the search for explosive objects is investigated.

Key words: explosive objects, sapper robot, metal detector.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Міни – одна з найбільших небезпек для людського життя. Щороку тисячі людей отримують поранення внаслідок випадкових вибухів наземних мін у відомому чи невідомому середовищі. У світі приблизно 100 мільйонів наземних мін закладено приблизно в 70 різних країнах.

Сучасні методи можуть виявити лише близько 100000 на рік. Процедура пошуку мін значно відрізняється, залежно від таких факторів, як: розташування, рельєф місцевості, розподіл мін, щільність ґрунту, вік мінного поля, покривна рослинність і доступні місцеві ресурси.

Наразі одним з ефективних способів для виявлення та знешкодження наземних мін і вибухонебезпечних боєприпасів є застосування на підозрюваній місцевості безпілотного транспортного засобу, оснащеного системою виявлення та знешкодження.

У сфері виявлення наземних мін величезна кількість досліджень була спрямована на сенсорні технології, такі як: датчики запаху, акустичні датчики, датчики електромагнітної

індукції, датчики електричного опору, інфрачервоні та мікрохвильові, радіометричні та радарні.

Метою даної роботи є вдосконалення методу виявлення вибухонебезпечних предметів шляхом модернізації методики планування траєкторії руху мобільного автономного робота із металошукачем.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

– провести аналіз аналогічних рішень та методів пошуку вибухонебезпечних предметів на відкритій місцевості;

– виконати проектування автоматизованої системи управління автономним роботизованим засобом;

– виконати розробку алгоритму планування та корекції траєкторії руху мобільного робота на мінному полі;

– розробити програму для імітації руху мобільного робота на мінному полі для тестування запропонованого алгоритму;

– виконати експериментальні дослідження для підтвердження правильності теоретичних рішень.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Враховуючи важливість розчищення територій від вибухонебезпечних предметів (ВНП), численні дослідження проводилися щодо: аналізу та класифікації наявних методів пошуку, сучасних більш ефективних методів, зокрема з одночасним використанням декількох методів, що ґрунтуються на використанні комбінованих методів, коли пошук ведеться зокрема із застосуванням безпілотних апаратів. Досліджуються та випробовуються також біологічні методи пошуку, що ґрунтуються на особливих властивостях тварин, комах та мікроорганізмів [1-4].

Необхідно зазначити, що, попри великий обсяг досліджень, класифікації методів розроблені без урахування чіткого розрізнення демаскувальних ознак ВНП, фізичних принципів виявлення й розпізнавання, а також платформ, що використовуються для направлення устаткування до місця пошуку.

Аналіз показує, що наявні методи виявлення й розпізнавання, залежно від характеристик об’єктів пошуку та навколишніх умов, мають обмеження в імовірності виявлення й не забезпечують необхідного рівня продуктивності пошуку.

Наразі актуальними напрямками розробок є такі, що спрямовані на розроблення методології, моделей та інформаційних технологій створення та використання багатоцільових безпілотних інтелектуальних систем (ББІС) пошуку та знешкодження ВНП.

Для проведення аналізу методів виявлення ВНП визначимо такі елементи системи: ВНП, перешкоди (покривне та навколишнє середовище); інформаційно-вимірювальні засоби (сенсори), які використовують методи виявлення; платформи, що здійснюють направлення інформаційно-вимірювальних засобів (ББІС), та елементи інформаційних технологій (ІТ).

З огляду на те, що методи виявлення визначаються залежно від об’єктів пошуку та їхніх характеристик, почнемо з розгляду саме об’єктів пошуку (ВНП) та їхніх демаскувальних ознак. На сьогодні розроблено, виготовляється та застосовується понад 700 видів ВНП [5]. Доставка може здійснюватися різними способами: вручну, літальними апаратами й реактивними снарядами. Демаскувальні ознаки ВНП обумовлені низкою факторів, основні з яких мають місце практично завжди:

– наявність вибухової речовини (ВР);

– наявність локально розташованої маси металу чи іншого матеріалу;

– характерна форма;

– неоднорідності покривного середовища (порушення поверхні ґрунту, кольору рослинності, снігового покриву тощо).

Додатковими демаскувальними факторами є:
– дротові лінії управління;
– годинникові механізми або електронні таймери;
– сейсмічні, магнітні або оптичні датчики цілі;
– антени з радіоприймачем.

Отже, ВНП може виявлятися переважно завдяки трьом факторам:
– наявності хімічної речовини;
– характерної конструкції корпусу;
– порушення ґрунту.

Демаскувальні ознаки та перешкоди визначають методи виявлення, розпізнавання та набір інформаційно-вимірювальних засобів.

Для пошуку нових методів виявлення необхідно проаналізувати наявні методи з урахуванням фізичних властивостей демаскувальних ознак та інформаційно-вимірювальних засобів (сенсорів). Тому наведемо класифікацію відомих методів за фізичними принципами, що використовуються для виявлення та розпізнавання ВНП.

Авторами роботи [1] запропоновано підхід до класифікації, який відрізняється тим, що методи виявлення розглядаються за фізичними принципами взаємодії з демаскувальними ознаками та окремо від інформаційно-вимірювальних засобів і платформ, на яких ці засоби розташовані. Класифікація з урахуванням цих підходів наведена в табл. 1. Розглядати основні методи необхідно разом із параметрами, що впливають на ймовірність виявлення та продуктивність.

Таблиця 1 – Класифікація методів виявлення за фізичними принципами

№	Метод	Характеристика
1	Механічний	Контактний
		Механізований
2	Електромагнітний	Радіохвильовий
		Оптичний
		Рентгенівський
		Гамма-випромінювання
3	Хімічний	Газоаналітичний
		Біофізичний
4	Магнітний	Магнітометричний
5	Акустичний	Сейсмоакустичний

В роботі [6] запропоновано підхід для планування траєкторії руху мобільного роботу під час пошуку вибухонебезпечних предметів.

Архітектура системи виявлення мін наведена на рис. 1. Система має два мобільних робота. Один – робот-пошукач мін, а інший – робот для розмінування або знешкодження ВНП. Контролером робота-детектора мін є персональний комп'ютер, який керує двома серводвигунами постійного струму через мікросхему dsPIC 30F4011 [6].

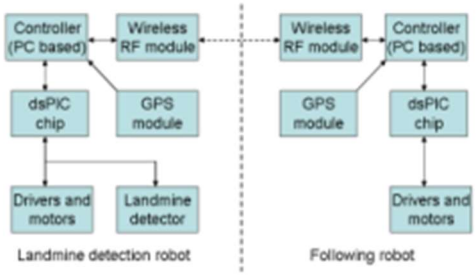


Рисунок 1 – Архітектура системи виявлення мін

Мобільний робот може визначити розташування мін у небезпечному регіоні за допомогою міношукача та GPS-модуля і передає розташування мін наступному мобільному роботу за допомогою бездротового радіочастотного модуля. Наступний робот програмує траєкторію, щоб уникнути мін і підвищити безпеку пересування в зоні мін. Система драйверів наступного робота подібна до робота-детектора мін.

Платформа робота-детектора мін показана на рис. 2. Мобільний робот має форму прямокутника, а його довжина, ширина і вага становлять 80 см, 50 см і 10 кг. Гумовий ремінь використовувався як гусениця для переміщення по землі. Мобільний робот приводить в рух гумовий ремінь за допомогою сервомотора постійного струму [6].

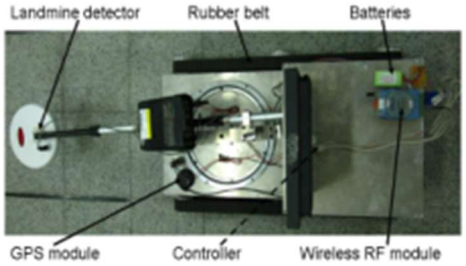


Рисунок 2 – Платформа робота-детектора мін

Міношукач розташований на передній частині мобільного робота і приводиться в рух кроковим двигуном з редуктором. Діапазон кута обертання становить близько 50 градусів, і обертається вперед і назад на фіксованому суглобі. Модуль GPS знаходиться збоку від міношукача, щоб фіксувати місце розташування міни. Платформа наступного робота показана на рис. 3 [6].

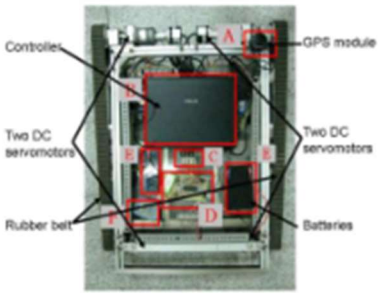


Рисунок 3 – Розташування керуючих елементів в корпусі робота

Мобільний робот має форму прямокутника. Його довжина, ширина і вага становлять 90 см, 71 см і 12 кг відповідно. Мобільний робот приводиться в рух чотирма серводвигунами постійного струму. Кожен гумовий ремінь приводиться в рух двома серводвигунами постійного струму, щоб збільшити вантажопідйомність. Контролер мобільного робота розташований на передній частині мобільного робота. Модуль GPS знаходиться на передній частині мобільного робота для запису координат наступного мобільного робота.

GPS – це єдина глобальна навігаційна супутникова система (GNSS). GPS використовує групу із 24 – 32 супутників на середній навколоземній орбіті (MEO), які передають точні мікрохвильові сигнали для визначення поточного місцезнаходження, часу та швидкості. Ці сигнали поширюються і приймач використовує їх час прибуття для вимірювання відстані та положення. Для визначення координати робота ми використовуємо GPS виробництва компанії GARMIN. GPS приймає значення довготи та широти із супутника. Кут σ і відстань d обчислюються за допомогою формули:

$$\sigma = arccos(sin\,\varphi_s\,sin\,\varphi_f + cos\,\varphi_s\,cos\,\varphi_f\,cos\Delta\lambda), \quad (1)$$

$$d = r\sigma, \quad (2)$$

де φ_s – це початкове значення широти;

φ_f – кінцеве значення широти;

$\Delta\lambda$ – різниця довгот;

d – відстань від місця старту до місця призначення;

r – радіус Землі.

Мобільний робот для виявлення мін виявляє міни за допомогою міношукача, що рухається у вільному просторі, і передає розташування мін і поточне положення робота-виявлення мін наступному мобільному роботу. Наступний робот відстежує робота-детектора мін відповідно до поточної координати. Результат моделювання показано на рис. 4 [6]. Мобільний робот рухається вперед від початкової точки до цільової точки та виявляє протипіхотні міни. Після виявлення міни він зупиняється і передає координати знайдених мін наступному роботу через бездротовий радіочастотний інтерфейс. Мобільний робот повертає праворуч, щоб уникнути міни, і перетинає небезпечну зону. Нарешті, робот-детектор мін рухається до цільового місця та передає координати фіксоване положення від шляху руху до наступного робота.

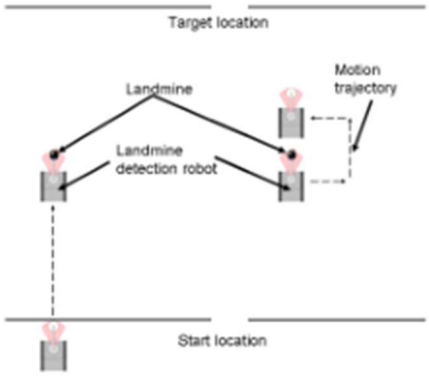


Рисунок 4 – Схема переміщення мобільного робота шукача мін

Наступний мобільний робот рухається вперед відповідно до траєкторії, яка побудована з використанням фіксованої координати від робота шукача мін, і отримує інформацію про місце розташування мін від робота-виявлення мін через бездротовий радіочастотний інтерфейс. Мобільний робот рухається попереду міни на 3 м і повертає праворуч, рухаючись вперед на 3 м, щоб перетнути зону міни. Потім мобільний робот повертає ліворуч, рухаючись вперед приблизно на 6 м. Мобільний робот повертає ліворуч, рухаючись на 3 м, щоб уникнути міни. Нарешті мобільний робот повертає праворуч і рухається до цільового місця. Результат моделювання показано на рис. 5 [6].

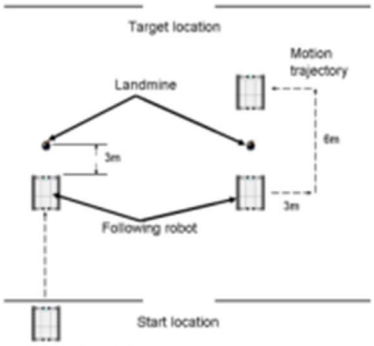


Рисунок 5 – Результат моделювання

ВИСНОВКИ. В результаті досліджень проведено аналіз методів пошуку вибухонебезпечних предметів. Аналіз показує, що наявні методи виявлення й розпізнавання, залежно від характеристик об'єктів пошуку та навколишніх умов, мають обмеження в імовірності виявлення й не забезпечують необхідного рівня продуктивності пошуку. Наведено класифікацію методів виявлення за фізичними принципами та порівняння методів виявлення вибухонебезпечних предметів. Праведно аналіз існуючих рішень планування траєкторії руху роботу для пошуку вибухонебезпечних предметів та досліджено запропонований підхід для планування траєкторії руху мобільного роботу під час пошуку вибухонебезпечних предметів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Г. Федоренко, Г. Фесенко, В. Харченко, «Аналіз методів і розроблення концепції гарантованого виявлення та розпізнавання вибухонебезпечних предметів». Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2022, 4(22), с. 20-31.

2. Robledo L., Carrasco M., Mery D. A survey of land mine detection technology. International Journal of Remote Sensing. 2009. Vol. 30. Issue 9. P. 2399-2410. DOI: https://doi.org/10.1080/01431160802549435.

3. Kasban H., Zahran O., Elaraby S. M., El-Kordy M., Abd El-Samie F. E. A comparative study of landmine detection techniques. Sensing and Imaging. 2010. Vol. 11. Issue 3. P. 89-112. DOI: https://doi.org/10.1007/sll220-010-0054-x.

4. Молочко С. М., Башинський В. Г., Каламурза О. Г., Журахов В. А. Аналіз сучасного стану, характеристик та перспектив розвитку датчиків виявлення вибухонебезпечних предметів, встановлених на БпАК. Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. 2021. № 2 (8). С. 80–90. DOI: https://doi.org/10.37701/dndivsovt.8.2021.09.

5. "Challenges for Mine Action due to russian aggression against Ukraine", available at: https://www.mineaction.org/sites/default/files/2.1. 1_challenges_for_mine_action_in_ukraine.pdf (last accessed 23.10.2023).

6. Su, KL., Su, HS., Shiao, SW. et al. Motion planning for a landmine-detection robot. Artif Life Robotics 16, 277–280 (2011). https://doi.org/10.1007/s10015-011-0879-y.

7. Основи наукових досліджень: Навч. посібник / І.Ш. Невлюдов, Ю.М. Олександров, А.О. Андрусевич, О.О. Чала. – Кривий Ріг: Криворізький коледж НАУ, 2019. – 396 с.

8. Невлюдов І. Ш. Застосування цифрових двійників технічних засобів автоматизації для розроблення програмно-технічних комплексів АСУ ТП : Навчальний посібник / І. Ш. Невлюдов, С. П. Новоселов, О. В. Сичова. – Харків: Видавництво Іванченка І. С., 2023. – 267 с. ISBN 978-617-8059-95-8, DOI: 10.30837/978-617-8059-95-8.

9. Навчальний посібник з підготовки кваліфікаційної роботи бакалавра для здобувачів вищої освіти денної і заочної форм навчання спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» освітньої програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» : Навчальний посібник / І. Ш. Невлюдов, О. І. Филипенко, О. В. Токарєва, С. П. Новоселов, О. В. Сичова. – Харків : Видавництво Іванченка І. С., 2023. – 151 с. ISBN 978-617-8059-94-1, DOI: 10.30837/978-617-8059-94-1.

Науковий керівник: Новоселов Сергій Павлович, доцент, канд. техн. наук, професор кафедри КІТАР, Харківського національного університету радіоелектроніки

ДОДАТОК Б

Демонстраційний матеріал

№	Формат	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
			Документація текстова		
1	*А4*	*ГЮІК. 460744.004 ПЗ*	*Пояснювальна записка*		*62с*
			Інші документи		
2	*А4*		*Демонстраційний матеріал*		*15 с*

Змін	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ГЮІК. 460744.004ВД		
Розроб.		Лубінець М.С.			*Розроблення методу прокладення траєкторії руху робота- сапера на основі даних від металошукача*	Літера	Аркуш 1 / Аркушів
Перевірив		Сичова О.В.					
Н. Контр.		Бронніков А.І.				ХНУРЕ кафедра КІТАР	
Затвер.		Невлюдов І.Ш.					