

ДОДАТОК А

Лист затвердження

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Керівник кваліфікаційної роботи:
проф. Цимбал О.М.

ЛИСТ ЗАТВЕРДЖЕННЯ

Апробація наукових результатів дослідження
на тему: «3D МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИЗОВАНОЇ ПЛАТФОРМИ ДЛЯ
ГУМАНІТАРНОГО РОЗМІНУВАННЯ»

РОЗРОБИВ

ст. гр. КТРСм 22-2

Чеснаков Б.О.

2023р.

3D МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИЗОВАНОЇ ПЛАТФОРМИ ДЛЯ ГУМАНІТАРНОГО РОЗМІНУВАННЯ

Б.О. Чеснаков

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14

E-mail: bohdan.chesnakov@nure.ua

Анотація: Проаналізовано актуальну інформацію розробки роботизованих платформ для гуманітарного розмінування. Наведено процеси розробки 3D-моделей для роботизованої платформи, що використовується в спеціальних сферах військового сектору. Розглянуто інструменти та методи, які використовуються для створення точних 3D-моделей, а також можливості їх подальшого використання.

Ключові слова: 3D-модель, моделювання, робот, роботизованні платформи.

3D MODELING ROBOTIC PLATFORM FOR HUMANITARIAN DEMINING

B Chesnakov

Kharkiv National University of Radioelectronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av., 14

E-mail: bohdan.chesnakov@nure.ua

Annotation: Current information on the development of robotic platforms for humanitarian demining has been analyzed. The processes of developing 3D models for a robotic platform used in special areas of the military sector are given. The tools and methods used to create accurate 3D models, as well as the possibility of their further use, are considered.

Key words: 3D-model, simulation, robot, robotic platforms.

Питання гуманітарного розмінування набуває особливої актуальності в умовах війн, збройних конфліктів та природних катастроф. Наявність вибухонебезпечних об'єктів у постраждалих районах ускладнює рятувальні операції та гуманітарну допомогу. Для забезпечення безпеки та ефективності вирішення цих завдань розробка роботизованих систем для розмінування стає дедалі важливішою.

Гуманітарне розмінування є складним та небезпечним завданням, пов'язаним із видаленням вибухонебезпечних об'єктів та забезпеченням безпеки цивільного населення. Однак сучасні технології та роботизація можуть внести значний внесок у розв'язання цієї проблеми. Метою даної роботи є аналіз побудови проєктів для розробки 3D-моделей роботизованої платформи, які використовують системи для розмінування території.

Сучасні методи розмінування використовують різноманітні технології, від ручного розмінування, коли відважні люди видаляють вибухонебезпечні предмети вручну, до використання дистанційно керованих систем та автономних роботів. Однак ці методи мають свої обмеження та ризики для людського життя.

Ручне розмінування може бути надзвичайно небезпечним для людей, які здійснюють цю роботу, оскільки вони стикаються з невизначеністю та ризиком вибуху. Це може призвести до серйозних травм або навіть загибелі.

З іншого боку, використання дистанційно керованих систем і автономних роботів дозволяє зменшити ризик для людей, які здійснюють розмінування. Роботи можуть досліджувати небезпечні зони та видаляти вибухонебезпечні предмети без прямого контакту з ними. Проте ці технології також мають свої власні обмеження, такі як складність роботи в ускладнених умовах та необхідність високоточної координації.

Класифікація видів робототехнічних платформ для пошуку вибухонебезпечних предметів можна виділити на три окремі категорії [1]:

– платформа сухопутного пошуку [2]. – У цю групу входять військові машини (роботи-маніпулятори на гусеничному ході, система віддаленої нейтралізації вибухонебезпечних предметів на колісному ході) що пересуваються по землі та працюють без участі людини-сапера;

– платформа небесного пошуку [3]. – Група складається безпілотно літальних апаратів для виконання надземних задач: для спостереження та збору даних, огляд території перед операцією, надземний пошук вибухонебезпечних предметів;

– платформа морського пошуку [4]. – Група містить надводні та підводні роботизовані платформи, які використовуються для спостереження, розвідки, та пошуку вибухонебезпечних предметів безпосередньо у морі.

Методи розмінування використовують різноманітні технології, від ручного розмінування до використання дистанційно керованих систем та автономних роботів. Однак ці методи мають свої обмеження та ризики для людського життя.

Традиційна система методів виявлення та ідентифікації вибухонебезпечних предметів можна розділити на 2 типи [5]:

– система типу А, призначена для виявлення та ідентифікації вибухонебезпечних предметів у середовищах, що використовують енергію систем пошуку. До них відносяться:

- 1) Системи механічного пошуку.
- 2) Системи оптичного пошуку.
- 3) Системи теплолокаційного пошуку.
- 4) Системи електромагнітного пошуку.
- 5) Системи параметричного пошуку.

– системи типу П, що використовують енергію об'єкта пошуку. До них відносяться:

- 1) Системи газоаналітичного пошуку.
- 2) Системи ядерно-фізичного пошуку.
- 3) Системи біофізичного пошуку.
- 4) Системи акустичного пошуку.

Пошук та ідентифікація вибухонебезпечні предмети для гуманітарного розмінування є комплексним завданням. У зв'язку з цим, для проведення гуманітарного розмінування РКВП повинні бути оснащені відповідними маніпуляторами та детекторами, засобами прийняття рішень та застосовуватись на етапах розвідки, пошуку, локації, маркування, ідентифікації, знешкодження та знищення вибухонебезпечних предметів [6].

Роботизовані системи для гуманітарного розмінування можуть знизити ризики та підвищити ефективність операцій. 3D-візуалізація роботизованої платформи знизить ризики. Візуалізація дозволяє виявляти та видаляти вибухонебезпечні об'єкти. Однак для ефективного використання роботів необхідні точні та надійні 3D-моделі платформи. 3D-моделі використовуються для віртуального моделювання території, на якій проводяться операції розмінування, і можна виділити кілька важливих переваг:

– планування маршрутів. 3D-моделі дозволяють створити оптимальні маршрути для роботів, враховуючи ландшафтні особливості, перешкоди та потенційні зони ризику. Це допомагає зменшити час і ресурси, необхідні для розмінування;

– віртуальне навчання. За допомогою 3D-моделей оператори та роботи можуть проводити віртуальне навчання та тренування, щоб підвищити свою кваліфікацію та навички в умовах, які відтворюють реальні виклики розмінування;

– аналіз безпеки. 3D-моделі дозволяють аналізувати потенційні ризики та створювати стратегії безпеки до проведення реальних операцій. Вони допомагають зрозуміти, які зони та об'єкти можуть бути найнебезпечнішими та визначити, як їх нейтралізувати;

– комунікація та спільна робота. 3D-моделі можуть бути використані для комунікації між операторами та роботами, що дозволяє забезпечити ефективну координацію та спільну роботу на великих територіях.

Розробка 3D-моделі роботизованої платформи для гуманітарного розмінування містить кілька етапів. Перш за все, визначаються вимоги до платформи та її характеристик. Наступним кроком є концептуалізація та створення дизайну платформи. Сам процес 3D-моделювання використовує сучасне програмне забезпечення для створення детальних та реалістичних моделей платформи. Ці моделі можуть використовуватися для симуляцій, тестувань та підготовки роботів до реальних операцій.

Наступним важливим етапом є розробка математичних моделей та алгоритмів, які визначають рух та поведінку роботизованої платформи в різних умовах. Ці математичні моделі та алгоритми дозволяють платформі автономно навігувати на території з вибухонебезпечними об'єктами та виявляти їх.

Після створення 3D-моделі та розробки необхідних алгоритмів, проводяться віртуальні симуляції та тестування для визначення працездатності та ефективності платформи. Це дозволяє виявити можливі проблеми та вдосконалити конструкцію робота до переходу до реальних полігонів для гуманітарного розмінування.

У процесі розробки 3D-моделі роботизованої платформи, велику увагу приділяють інтеграції сучасних технологій, таких як системи штучного інтелекту, датчики, системи візуалізації та телекомунікацій. Це допомагає роботам оптимально взаємодіяти з операторами та збільшити швидкість та точність виявлення та нейтралізації вибухонебезпечних об'єктів.

Загалом, розробка 3D-моделі роботизованої платформи для гуманітарного розмінування - це складний та багатоетапний процес, який потребує спільної роботи інженерів, програмістів, інженерів-розробників та спеціалістів із безпеки. Такий підхід дозволяє створювати дієві роботизовані системи, які здатні зменшити ризики та підвищити безпеку операцій гуманітарного розмінування.

3D-моделі роботизованої платформи дозволяють виконувати різноманітні аналізи та симуляції, які мають вирішальне значення для розробки та вдосконалення таких систем. Наприклад, вони надають можливість детально перевірити маневровість та безпеку платформи в різних умовах. Це особливо важливо в ситуаціях, коли роботи зазнають тиску вибухових пристроїв або небезпечних об'єктів. За допомогою симуляцій можна виявити можливі ризики та підвищити безпеку операцій.

Додатково, моделювання дозволяє здійснити оцінку ефективності та продуктивності роботизованої платформи. Наприклад, можна вивчити, які параметри та конфігурації робота найкраще відповідають вимогам конкретного завдання. Це сприяє оптимізації та покращенню роботи платформи, забезпечуючи її ефективне функціонування та знижуючи ризики для операторів та життя населення. Загалом, використання 3D-моделей для аналізу та симуляцій роботизованих платформ стає ключовим компонентом їх розробки та впровадження в практику гуманітарного розмінування. Воно допомагає забезпечити безпеку та високу продуктивність операцій, що має велике значення для підвищення якості та ефективності таких дій.

Розроблену 3D-модель платформи можна використовувати під час реальних гуманітарних операцій. Вона слугує як основний інструмент для операторів, допомагаючи їм керувати роботом та приймати важливі рішення щодо видалення вибухонебезпечних об'єктів і нейтралізації загроз.

Система 3D-моделювання створює віртуальне середовище, яке дозволяє операторам практикувати операції, віртуально керувати платформою та взаємодіяти з навколишнім середовищем, як у симульованих умовах. Вони можуть проводити тренування та навчання, вдосконалювати свої навички та здобувати досвід у безпечному віртуальному просторі.

Ця система сприяє зниженню ризиків для людського персоналу, оскільки дозволяє виконувати багато операцій без прямого фізичного втручання. Оператори можуть контролювати платформу з відстані та мінімізувати свою присутність у небезпечних

зонах. Крім того, використання 3D-моделі підвищує точність операцій завдяки можливості детального аналізу та планування кожного кроку.

Отже, розробка та використання 3D-моделей платформ для гуманітарного розмінування сприяє безпеці та ефективності операцій, допомагаючи зберегти життя та запобігти травмам операторів та громадян.

3D-моделювання роботизованої платформи для гуманітарного розмінування відкриває нові можливості для безпечного та ефективного видалення вибухонебезпечних об'єктів. Сучасні технології дозволяють створювати детальні та реалістичні 3D-моделі, які забезпечують операторів необхідною інформацією для прийняття рішень. Роботизовані системи з такими 3D-моделями стають надійними помічниками під час гуманітарних операцій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Порядок проведення органами та підрозділами цивільного захисту очищення (розмінування) району ведення бойових дій. // URL: https://dsns.gov.ua/upload/2/6/8/9/6/5/EvgyR9W_0tBTYzldCjhjd5i5_wlPhiSNqzwQEaeJ0y.pdf

2. Nevliudov I., Yanushkevych D., Ivanov L. (2021). Analysis of the state of creation of robotic complexes for humanitarian mining. *Technology Audit and Production Reserves*, 6/2 (62), 47-52.

3. Робот для розмінування МК3 CALIBER. // URL: http://www.post-01.com.ua/ua/catalog/oborudovanie-i-spetsredstva-dlya-armii-i-politsii/razminirovanie/icor_robots/MK3-CALIBER.

4. Ukrspesystems безпілотник для розвідки Mini Shark. . // URL: [MINI SHARK UAS - Ukrspesystems](https://www.ukrspesystems.com/)

5. Falcon. The professional portable underwater vehicle.// URL: <https://www.saabseaeye.com/solutions/underwater-vehicles/falcon>

6. 3. Щербаков Г. Н. Методи виявлення мін стосовно проблеми гуманітарне розмінування актуальність проблеми. БНТІ. Техніка для спецслужб. Available at: <https://bit.ly/3cnP5w2>

7. Янушкевич Д. А., Кирпота Ф. В. (2021). Роботизовані системи та їх застосування у гуманітарному розмінуванні. Матеріали всеукраїнської науковопрактичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених «Комп'ютерно-інтегровані технології автоматизації технологічних процесів на транспорті та у виробництві», Харків, ХНАДУ, С. 104-109.

Науковий керівник: Цимбал Олександр Михайлович, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки,

ДОДАТОК Б

Лістинг коду

```
--lua
sim=require'sim'
function sysCall_init()
    -- init move robot
    left_front_handle= sim.getObject('./left_front')
    left_back_handle= sim.getObject('./left_back')
    right_back_handle= sim.getObject('./right_back')
    right_front_handle= sim.getObject('./right_front')
    sj_l_1_handle= sim.getObject('./sj_l_1')
    sj_l_2_handle= sim.getObject('./sj_l_2')
    sj_l_3_handle= sim.getObject('./sj_l_3')
    sj_l_4_handle= sim.getObject('./sj_l_4')
    sj_l_5_handle= sim.getObject('./sj_l_5')
    sj_l_6_handle= sim.getObject('./sj_l_6')
    sj_r_1_handle= sim.getObject('./sj_r_1')
    sj_r_2_handle= sim.getObject('./sj_r_2')
    sj_r_3_handle= sim.getObject('./sj_r_3')
    sj_r_4_handle= sim.getObject('./sj_r_4')
    sj_r_5_handle= sim.getObject('./sj_r_5')
    sj_r_6_handle= sim.getObject('./sj_r_6')
    leftvelocity=0
    rightvelocity=0
    dVel=0.1
    graph=sim.getObject('./Graph0')
    left_graph =sim.getObject('./Graph1')
```

```

right_graph=sim.getObject('./Graph2')
graphStreams={}
graphStreams[1]=sim.addGraphStream(graph,'left_handle',"0,{1,0,1})
graphStreams[2]=sim.addGraphStream(graph,'right_handle',"0,{0,1,1})
left_graphStreams=sim.addGraphStream(left_graph,'left_back_handle',"0,{
1,0,1})
right_graphStreams=sim.addGraphStream(right_graph,'right_back_handle',"
0,{0,1,1})
-- init move free camera
verticalRotateJointFreeCamera =
sim.getObject('./Free_Camera_Vertical_joint')
gorizontalRotateJointFreeCamera =
sim.getObject('./Free_Camera_Gorizontal_joint')
verticalRotateJointLeftCamera =
sim.getObject('./Left_Camera_Vertical_joint')
verticalRotateJointRightCamera =
sim.getObject('./Right_Camera_Vertical_joint')
currentVerticalAngleFreeCamera = 0
currentGorizontalAngleFreeCamera = 0
currentVerticalAngleLeftCamera = 0
currentVerticalAngleRightCamera = 0
titlAngle = 2*math.pi/180
--init camera
freeCamera=sim.getObject('./FreeCamera')
boolCheckFreeCamera = 0
leftCamera=sim.getObject('./LeftCamera')
boolCheckLeftCamera = 0
rightCamera=sim.getObject('./RightCamera')
boolCheckRightCamera = 0
backCamera=sim.getObject('./BackCamera')

```

```
boolCheckBackCamera = 0
-- init scoop
rotateJointScoop1 = sim.getObject('./Scoop_joint1')
rotateJointScoop2 = sim.getObject('./Scoop_joint2')
currentlAngleScoop1 = 0
currentlAngleScoop2 = 0
titlAngleScoop = 2*math.pi/180
-- init roller
rotateJointRoller1 = sim.getObject('./Roller_joint1')
currentlAngleRoller1 = 0
titlAngleScoop = 2*math.pi/180
-- init manipulator
rotateJointManipulator1 = sim.getObject('./Manipulator_joint1')
rotateJointManipulator2 = sim.getObject('./Manipulator_joint2')
rotateJointManipulator3 = sim.getObject('./Manipulator_joint3')
rotateJointManipulator4 = sim.getObject('./Manipulator_joint41')
rotateJointManipulator5 = sim.getObject('./Manipulator_joint42')
currentlAngleManipulator1 = 0
currentlAngleManipulator2 = 0
currentlAngleManipulator3 = 0
currentlAngleManipulator4 = 0
currentlAngleManipulator5 = 0
titlAngleScoop = 2*math.pi/180
-- init blade
rotateJointBlade1 = sim.getObject('./Blade_joint1')
rotateJointBlade2 = sim.getObject('./Blade_joint2')
rotateJointBlade3 = sim.getObject('./Blade_joint3')
currentlAngleBlade1 = 0
currentlAngleBlade2 = 0
currentlAngleBlade3 = 0
```



```

boolCheckAngleBlade3 = 0
titlAngleScoop = 2*math.pi/180
end
function sysCall_actuation()
    message,auxiliaryData=sim.getSimulatorMessage()
    while message~-=-1 do
        if (message==sim.message_keypress) then
-- MOVE ROBOT -----
            -- stop key space
            if (auxiliaryData[1]==32) then
                leftvelocity=0
                rightvelocity=0
                sim.setJointTargetForce(left_front_handle, 0,false)
                sim.setJointTargetForce(left_back_handle, 0,false)
                sim.setJointTargetForce(right_back_handle, 0,false)
                sim.setJointTargetForce(right_front_handle, 0,false)
                sim.setJointTargetForce(sj_r_1_handle, 1000,false)
                sim.setJointTargetForce(sj_r_2_handle, 1000,false)
                sim.setJointTargetForce(sj_r_3_handle, 1000,false)
                sim.setJointTargetForce(sj_r_4_handle, 1000,false)
                sim.setJointTargetForce(sj_r_5_handle, 1000,false)
                sim.setJointTargetForce(sj_r_6_handle, 1000,false)
                sim.setJointTargetForce(sj_1_1_handle, 1000,false)
                sim.setJointTargetForce(sj_1_2_handle, 1000,false)
                sim.setJointTargetForce(sj_1_3_handle, 1000,false)
                sim.setJointTargetForce(sj_1_4_handle, 1000,false)
                sim.setJointTargetForce(sj_1_5_handle, 1000,false)
                sim.setJointTargetForce(sj_1_6_handle, 1000,false)
                break
            else

```

```
sim.setJointTargetForce(left_back_handle, 10000,false)
sim.setJointTargetForce(right_back_handle, 10000,false)
sim.setJointTargetForce(sj_r_1_handle, 0,false)
sim.setJointTargetForce(sj_r_2_handle, 0,false)
sim.setJointTargetForce(sj_r_3_handle, 0,false)
sim.setJointTargetForce(sj_r_4_handle, 0,false)
sim.setJointTargetForce(sj_r_5_handle, 0,false)
sim.setJointTargetForce(sj_r_6_handle, 0,false)
sim.setJointTargetForce(sj_1_1_handle, 0,false)
sim.setJointTargetForce(sj_1_2_handle, 0,false)
sim.setJointTargetForce(sj_1_3_handle, 0,false)
sim.setJointTargetForce(sj_1_4_handle, 0,false)
sim.setJointTargetForce(sj_1_5_handle, 0,false)
sim.setJointTargetForce(sj_1_6_handle, 0,false)
end
-- up key PgUp
if (auxiliaryData[1]==2007) then
    leftvelocity=(leftvelocity+rightvelocity)/2
    rightvelocity=leftvelocity
    leftvelocity=leftvelocity+dVel
    rightvelocity=rightvelocity+dVel
end
-- down key PgDn
if (auxiliaryData[1]==2008) then
    leftvelocity=(leftvelocity+rightvelocity)/2
    rightvelocity=leftvelocity
    leftvelocity=leftvelocity-dVel
    rightvelocity=rightvelocity-dVel
end
-- left key PgLt
```

```

if (auxiliaryData[1]==2009) then
    leftvelocity=leftvelocity-dVel
    rightvelocity=rightvelocity+dVel
end
-- right key PgRt
if (auxiliaryData[1]==2010) then
    leftvelocity=leftvelocity+dVel
    rightvelocity=rightvelocity-dVel
end
-- FREE CAMERA -----
-- left free camera key a
if (auxiliaryData[1]==97) then
currentVerticalAngleFreeCamera = currentVerticalAngleFreeCamera
+ titlAngle
end
-- right free camera key d
if (auxiliaryData[1]==100) then
currentVerticalAngleFreeCamera = currentVerticalAngleFreeCamera
- titlAngle
end
-- up free camera w
if (auxiliaryData[1]==119) then
currentGorizantalAngleFreeCamera =
currentGorizantalAngleFreeCamera + titlAngle
    if (currentGorizantalAngleFreeCamera>40*math.pi/180) then
        currentGorizantalAngleFreeCamera=40*math.pi/180
    end
end
-- down free camera key s
if (auxiliaryData[1]==115) then

```

```

currentGorizantalAngleFreeCamera =
currentGorizantalAngleFreeCamera - titlAngle
    if (currentGorizantalAngleFreeCamera<-20*math.pi/180) then
        currentGorizantalAngleFreeCamera=-20*math.pi/180
    end
end
-- LEFT CAMERA -----
-- left left camera key x
if (auxiliaryData[1]==122) then
currentVerticalAngleLeftCamera = currentVerticalAngleLeftCamera
+ titlAngle
    if (currentVerticalAngleLeftCamera>90*math.pi/180) then
        currentVerticalAngleLeftCamera=90*math.pi/180
    end
end
-- right left camera key z
if (auxiliaryData[1]==120) then
currentVerticalAngleLeftCamera = currentVerticalAngleLeftCamera
- titlAngle
    if (currentVerticalAngleLeftCamera<0*math.pi/180) then
        currentVerticalAngleLeftCamera=0*math.pi/180
    end
end
-- RIGHT CAMERA -----
-- left right camera key v
if (auxiliaryData[1]==99) then
currentVerticalAngleRightCamera =
currentVerticalAngleRightCamera + titlAngle
    if (currentVerticalAngleRightCamera>0*math.pi/180) then
        currentVerticalAngleRightCamera=0*math.pi/180

```

```

        end
    end
    -- right right camera key c
    if (auxiliaryData[1]==118) then
        currentVerticalAngleRightCamera =
currentVerticalAngleRightCamera - titlAngle
        if (currentVerticalAngleRightCamera<-90*math.pi/180) then
            currentVerticalAngleRightCamera=-90*math.pi/180
        end
    end
end
-- ON/OFF CAMERA -----
-- on/off free camera key 1
if (auxiliaryData[1]==49) then
    if (boolCheckFreeCamera == 0) then
        freeCameraView=sim.floatingViewAdd(0.85,0.85,0.3,0.3,0)
        sim.adjustView(freeCameraView,freeCamera,64)
        boolCheckFreeCamera = 1
    else
        sim.floatingViewRemove(freeCameraView)
        boolCheckFreeCamera = 0
    end
end
-- on/off left camera key 2
if (auxiliaryData[1]==50) then
    if (boolCheckLeftCamera == 0) then
        leftCameraView=sim.floatingViewAdd(0.15,0.54,0.3,0.3,0)
        sim.adjustView(leftCameraView,leftCamera,64)
        boolCheckLeftCamera = 1
    else
        sim.floatingViewRemove(leftCameraView)

```

```

        boolCheckLeftCamera = 0
    end
end
-- on/off right camera key 3
if (auxiliaryData[1]==51) then
    if (boolCheckRightCamera == 0) then
        rightCameraView=sim.floatingViewAdd(0.85,0.54,0.3,0.3,0)
        sim.adjustView(rightCameraView,rightCamera,64)
        boolCheckRightCamera = 1
    else
        sim.floatingViewRemove(rightCameraView)
        boolCheckRightCamera = 0
    end
end
-- on/off back camera key 4
if (auxiliaryData[1]==52) then
    if (boolCheckBackCamera == 0) then
        backCameraView=sim.floatingViewAdd(0.85,0.24,0.3,0.3,0)
        sim.adjustView(backCameraView,backCamera,64)
        boolCheckBackCamera = 1
    else
        sim.floatingViewRemove(backCameraView)
        boolCheckBackCamera = 0
    end
end
end
message,auxiliaryData=sim.getSimulatorMessage()
end
-- SCOOP -----
-- up joint scoop1 key t

```

```

if (auxiliaryData[1]==116) then
currentlAngleScoop1 = currentlAngleScoop1 + titlAngleScoop
  if (currentlAngleScoop1>20*math.pi/180) then
    currentlAngleScoop1=20*math.pi/180
  end
end
-- down joint scoop1 key g
if (auxiliaryData[1]==103) then
currentlAngleScoop1 = currentlAngleScoop1 - titlAngleScoop
  if (currentlAngleScoop1<0*math.pi/180) then
    currentlAngleScoop1=0*math.pi/180
  end
end
-- up joint scoop2 key y
if (auxiliaryData[1]==121) then
currentlAngleScoop2 = currentlAngleScoop2 + titlAngleScoop
  if (currentlAngleScoop2>85*math.pi/180) then
    currentlAngleScoop2=85*math.pi/180
  end
end
-- down joint scoop2 key h
if (auxiliaryData[1]==104) then
currentlAngleScoop2 = currentlAngleScoop2 - titlAngleScoop
  if (currentlAngleScoop2<0*math.pi/180) then
    currentlAngleScoop2=0*math.pi/180
  end
end
end
end
message,auxiliaryData=sim.getSimulatorMessage()
end

```

```

-- ROLLER -----
    -- up joint roller1 key t
    if (auxiliaryData[1]==116) then
    currentlAngleRoller1 = currentlAngleRoller1 + titlAngleScoop
        if (currentlAngleRoller1>20*math.pi/180) then
            currentlAngleRoller1=20*math.pi/180
        end
    end
    -- down joint roller1 key g
    if (auxiliaryData[1]==103) then
    currentlAngleRoller1 = currentlAngleRoller1 - titlAngleScoop
        if (currentlAngleRoller1<0*math.pi/180) then
            currentlAngleRoller1=0*math.pi/180
        end
    end
    end
    message,auxiliaryData=sim.getSimulatorMessage()
end
-- MANIPULATOR -----
    -- up joint manipulator1 key t
    if (auxiliaryData[1]==116) then
    currentlAngleManipulator1 = currentlAngleManipulator1 +
titlAngleScoop
        if (currentlAngleManipulator1>20*math.pi/180) then
            currentlAngleManipulator1=20*math.pi/180
        end
    end
    -- down joint manipulat01 key g
    if (auxiliaryData[1]==103) then

```



```

currentlAngleManipulator1 = currentlAngleManipulator1 -
titlAngleScoop
    if (currentlAngleManipulator1<0*math.pi/180) then
        currentlAngleManipulator1=0*math.pi/180
    end
end
-- up joint manipulato2 key y
if (auxiliaryData[1]==121) then
    currentlAngleManipulator2 = currentlAngleManipulator2 +
titlAngleScoop
        if (currentlAngleManipulator2>20*math.pi/180) then
            currentlAngleManipulator2=20*math.pi/180
        end
end
-- down joint manipulato2 key h
if (auxiliaryData[1]==104) then
    currentlAngleManipulator2 = currentlAngleManipulator2 -
titlAngleScoop
        if (currentlAngleManipulator2<-40*math.pi/180) then
            currentlAngleManipulator2=-40*math.pi/180
        end
end
-- left joint manipulato3 key n
if (auxiliaryData[1]==110) then
    currentlAngleManipulator3 = currentlAngleManipulator3 +
titlAngleScoop
        if (currentlAngleManipulator3>90*math.pi/180) then
            currentlAngleManipulator3=90*math.pi/180
        end
end
end

```

```

-- right joint manipulato3 key b
if (auxiliaryData[1]==98) then
  currentlAngleManipulator3 = currentlAngleManipulator3 -
titlAngleScoop
  if (currentlAngleManipulator3<-90*math.pi/180) then
    currentlAngleManipulator3=-90*math.pi/180
  end
end
-- open joint manipulato4 manipulato5 key i
if (auxiliaryData[1]==105) then
  currentlAngleManipulator4 = currentlAngleManipulator4 +
titlAngleScoop
  currentlAngleManipulator5 = currentlAngleManipulator5 -
titlAngleScoop
  if (currentlAngleManipulator4>0*math.pi/180 or
currentlAngleManipulator5<0*math.pi/180) then
    currentlAngleManipulator4=10*math.pi/180
    currentlAngleManipulator5=-10*math.pi/180
  end
end
-- closed joint manipulato4 manipulato5 key k
if (auxiliaryData[1]==107) then
  currentlAngleManipulator4 = currentlAngleManipulator4 -
titlAngleScoop
  currentlAngleManipulator5 = currentlAngleManipulator5 +
titlAngleScoop
  if (currentlAngleManipulator4<-70*math.pi/180 or
currentlAngleManipulator5>70*math.pi/180) then
    currentlAngleManipulator4=-70*math.pi/180
    currentlAngleManipulator5=70*math.pi/180

```

```

    end
  end
-- BLADE -----
  -- up joint roller1 key t
  if (auxiliaryData[1]==116) then
    currentlAngleBlade1 = currentlAngleBlade1 + titlAngleScoop
    if (currentlAngleBlade1>20*math.pi/180) then
      currentlAngleBlade1=20*math.pi/180
    end
  end
  -- down joint roller1 key g
  if (auxiliaryData[1]==103) then
    currentlAngleBlade1 = currentlAngleBlade1 - titlAngleScoop
    if (currentlAngleBlade1<0*math.pi/180) then
      currentlAngleBlade1=0*math.pi/180
    end
  end
  -- up joint roller2 key y
  if (auxiliaryData[1]==121) then
    currentlAngleBlade2 = currentlAngleBlade2 + titlAngleScoop
    if (currentlAngleBlade2>20*math.pi/180) then
      currentlAngleBlade2=20*math.pi/180
    end
  end
  -- down joint roller2 key h
  if (auxiliaryData[1]==104) then
    currentlAngleBlade2 = currentlAngleBlade2 - titlAngleScoop
    if (currentlAngleBlade2<0*math.pi/180) then
      currentlAngleBlader2=0*math.pi/180
    end
  end

```

```

        end
    end
end
    message,auxiliaryData=sim.getSimulatorMessage()
-- CONECT JOINT -----
    sim.setJointTargetVelocity(left_back_handle,leftvelocity)
    sim.setJointTargetVelocity(right_back_handle,rightvelocity)
    sim.setGraphStreamValue(left_graph,left_graphStreams,leftvelocity)
    sim.setGraphStreamValue(right_graph,right_graphStreams,rightvelocity)
    sim.setGraphStreamValue(graph,graphStreams[1],leftvelocity)
    sim.setGraphStreamValue(graph,graphStreams[2],rightvelocity)
    sim.setJointTargetPosition(verticalRotateJointFreeCamera,currentVertical
AngleFreeCamera)
        sim.setJointTargetPosition(gorizontaRotateJointFreeCamera,currentGoriz
ontalAngleFreeCamera)
            sim.setJointTargetPosition(verticalRotateJointLeftCamera,currentVertical
AngleLeftCamera)
                sim.setJointTargetPosition(verticalRotateJointRightCamera,currentVertic
alAngleRightCamera)
    end

```

ДОДАТОК В

Демонстраційний матеріал

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ ХАРКІВСЬКИЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

Кафедра КІТАР

Кваліфікаційна робота магістра на тему:
«3D-моделювання роботизованої платформи для гуманітарного розмінування»

Виконав:

Студент гр. КТРСм 22-2

Чеснаков Б.О

Керівник кваліфікаційної роботи:

Цимбал О.М.

МЕТА РОБОТИ

2

- Мета роботи – покращення методів маршрутів гуманітарного розмінування вибухонебезпечних предметів за допомогою спеціально розробленої 3D моделі роботизованої платформи.
- Об'єкт дослідження – процес моделювання роботизованих платформ, які застосовуються при гуманітарному розмінуванні вибухонебезпечних предметів.
- Предмет дослідження – конструкція роботизованих платформ та їх маніпуляторів для процесу розмінування вибухонебезпечних предметів.
- Методи дослідження – аналіз та розробка роботизованих платформ та допоміжних установок для розмінування вибухонебезпечних об'єктів.

ПОСТАВЛЕНІ ЗАДАЧІ РОБОТИ 3

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз характеристик вибухонебезпечних предметів;
- провести порівняльний аналіз видів роботизованих платформ для гуманітарного розмінування;
- вибрати програмний інструментарій для розроблення тестових моделей;
- створити структурної схеми вибухонебезпечних предметів та роботизованої системи;
- розробити конструкцію 3D-моделі роботизованої платформи;
- розробити допоміжні установки для полегшення гуманітарного розмінування;
- розробити алгоритм роботи гуманітарному розмінуванні;
- тестування маршрутів 3D-моделі роботизованої платформи та допоміжних установок;
- підсумувати результати роботи.

АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ

4

- Інженерні боеприпаси:



- Артилерійські снаряди:



- Авіаційні ракети:



- Ручні гранати:



АНАЛІЗ ВИДІВ РОБОТИЗОВАНИХ ПЛАТФОРМ ДЛЯ РОЗМІНУВАННЯ

5

СУХОПУТНИЙ ВИД
РОЗМІНУВАННЯ



ПОВІТРЯНИЙ ВИД
РОЗМІНУВАННЯ



МОРСЬКИЙ ВИД
РОЗМІНУВАННЯ



ВИБІР ПРОГРАМНОГО ІНСТРУМЕНТАРІЮ ДЛЯ РОЗРОБКИ

6

МОВА
ПРОГРАМУВАННЯ



ПРОГРАМА
МОДЕЛЮВАННЯ



AUTODESK
Fusion 360

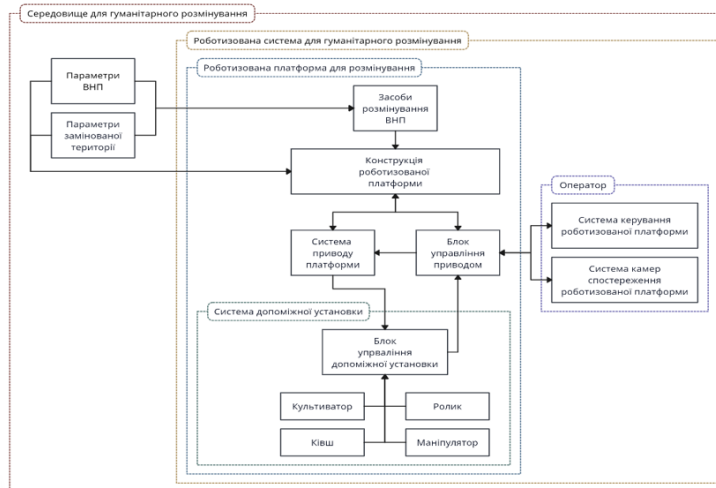
ПРОГРАМА
СИМУЛЯЦІЇ



CoppeliaSim
from the creators of V-REP

АРХІТЕКТУРА РОЗРОБЛЕНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ РОБОТИЗОВАНОЇ ПЛАТФОРМИ

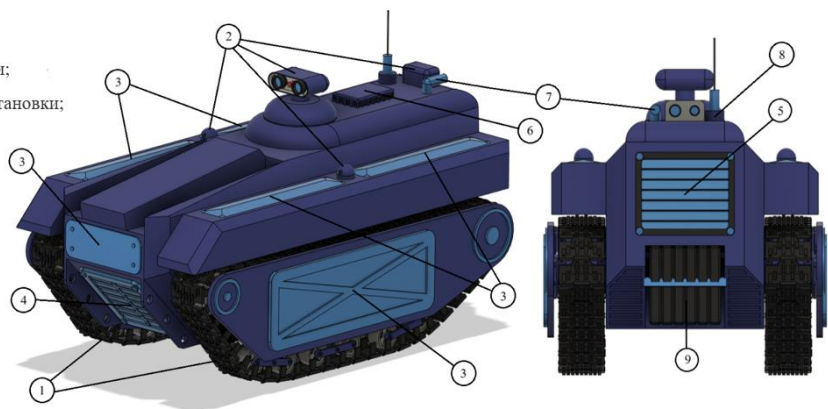
7



3D МОДЕЛЬ РОБОТИЗОВАНОЇ ПЛАТФОРМИ

8

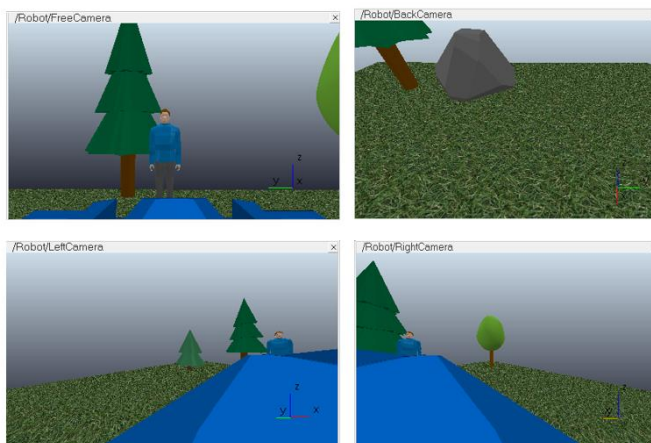
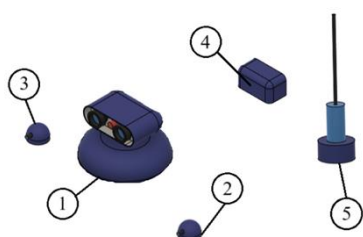
- 1 – гусеничний рушій;
- 2 – камери спостереження;
- 3 – допоміжні броньовані пластини;
- 4 – люк управління допоміжної установки;
- 5 – люк доступу до двигуна;
- 6 – решітка для виходу тепла;
- 7 – труба виходу шкідливих газів;
- 8 – антена зв'язку;
- 9 – обтяжувачі.



СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ

9

- 1 – камера вільного спостереження
- 2 – камера спостереження правого боку
- 3 – камера спостереження лівого боку
- 4 – камера спостереження заднього виду
- 5 – антена зв'язку



3D МОДЕЛІ ДОПОМІЖНИХ УСТАНОВОК ГУМАНІТАРНОГО РОЗМІНУВАННЯ

10

■ КУЛЬТИВАТОР



■ МАНІПУЛЯТОР



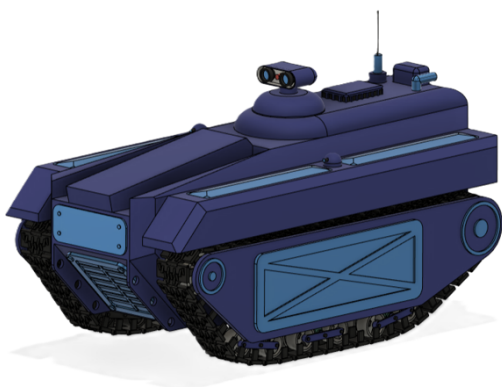
■ КІВШ



■ РОЛИК

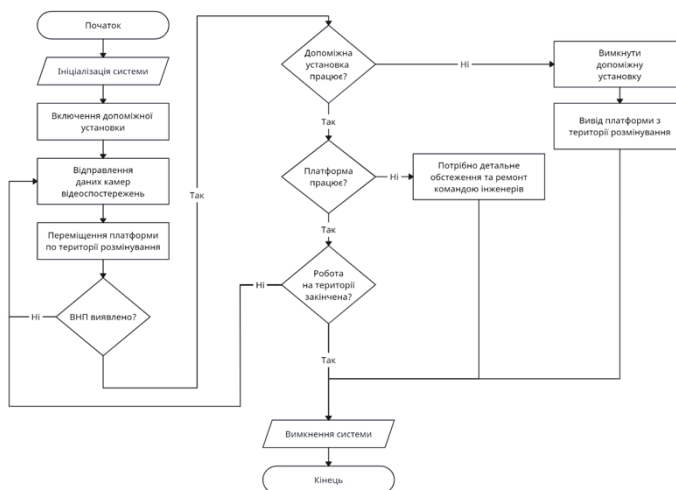


ТЕСТОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ 11



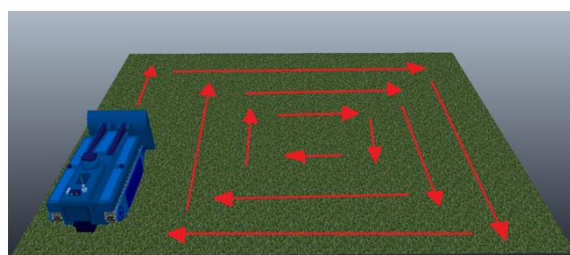
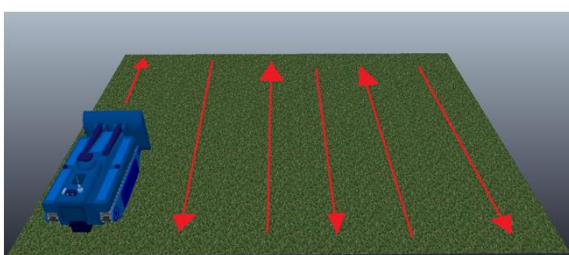
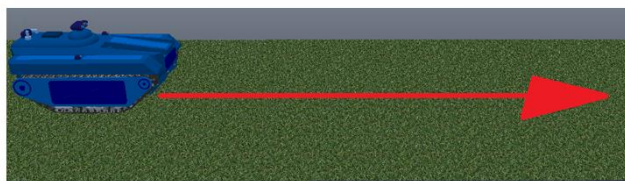
НАЗВА	ЗНАЧЕННЯ
Розміри платформи(д.в.ш), см	270x105x140
вага (m), кг	5230
Теоретична швидкість (v_T), км/г	9,6
Швидкість розмінування (v_{Tp}), км/г	4
Об'єм бака (V), л	200
Мінімальні витрати палива (Q_{min}), л/г	19
Максимальні витрати палива (Q_{max}), л/г	25
Ширину робочої зони (a), м	1,45
Мінімальний час роботи (t_{min}), г	8
Максимальний час роботи (t_{max}), г	10,5
Мінімально можливий шляху, (s_1) км	32
Максимально можливий шляху, (s_2) км	42
Мінімально можлива площина розмінування (S_{min}), м ²	46000
Максимальна можлива площина розмінування (S_{max}), м ²	52000

АЛГОРИТМ РОЗМІНУВАННЯ 12



МЕТОДИ МАРШРУТІВ

13



ВИСНОВКИ

14

У ході виконання кваліфікаційної роботи був проведений аналіз характеристик вибухонебезпечних предметів та порівняльний аналіз різних видів роботизованих платформ. На підставі отриманих результатів був вибраний інструментарій для подальшої розробки.

За допомогою обраного інструментарію, була створена тривимірна модель роботизованої платформи. Додатково були розроблені допоміжні установки, такі як культиватор, ролик, ківш та маніпулятор, щоб полегшити роботу при гуманітарному розмінуванні. Також була розроблена структурна схема взаємодій всіх елементів системи між роботизованою платформою та вибухонебезпечними предметами. На основі цих даних був розроблений алгоритм роботи при гуманітарному розмінуванні.

З використанням тестової території та створеної моделі були проведені тестові симуляції методів маршрутів. Аналізувалися їх можливості, переваги та недоліки для більш глибокого розуміння ефективності системи. Це дозволило зробити висновки про працездатність та оптимальність методів маршруту розробленої роботизованої платформи для використання в гуманітарних операціях розмінування.

Результати роботи пройшли апробацію та були опубліковані у збірнику студентських наукових статей «Автоматизація та приладобудування».

