МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт з дисципліни
«ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ РОБОТОТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ»
(для здобувачів вищої освіти 2 курсу магістратури денної та заочної форми навчання за спеціальністю 123 "Комп'ютерна інженерія")

ЗАТВЕРДЖЕНО
на засіданні кафедри комп'ютерних
наук та інженерії
Протокол №3 від 08.11.2021 р.

Сєвєродонецьк 2021

УДК 004.896

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Інтелектуальні робототехнічні системи» (для здобувачів вищої освіти 2 курсу магістратури денної та заочної форми навчання за спеціальністю 123 "Комп'ютерна інженерія") / Уклад.: М.В. Деркач. – Сєвєродонецьк: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2021. – 18 с.

У методичних вказівках викладені матеріали, необхідні для виконання лабораторних робіт з дисципліни «Інтелектуальні робототехнічні системи». Методичні вказівки містять в собі необхідні теоретичні відомості по темам лабораторних робіт, приклади рішення типових завдань у симуляторі мобільного робота MOBOTSIM, що дозволяють одержати поглиблене уявлення про суть розглянутого питання, а також список літератури і необхідні довідкові матеріали.

Укладач: М.В. Деркач, доц.

Відповідальний за випуск: О.І. Рязанцев, проф.

Рецензент В.С. Кардашук

ЗМІСТ

Лабораторна робота №1. Знайомство з програмним симулятором мобільного робота MOBOTSIM. 4

Лабораторна робота №2. Дослідження алгоритмів навігації мобільних роботів. ……9

Лабораторна робота №3. Дослідження алгоритмів керування мобільними роботами. 12

Лабораторна робота №4. Дослідження алгоритмів переміщення мобільного робота до цілі. 15

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ 17

Лабораторна робота №1
Тема. Знайомство з програмним симулятором мобільного робота MOBOTSIM.

Мета. Ознайомлення з програмним симулятором мобільного робота Mobotsim, а саме особливості створення середовища, отримання показів сенсорів, переміщення та регулярного переміщення мобільного робота, отримання практичних навичок зі складання, написання та налагодження простих програм для навігації мобільних роботів в невідомому середовищі.

Теоретичні відомості

Для початку роботи із MobotSim виберіть пункт“New” або кнопку .

Створення середовища. Для створення власного середовища, в якому буде здійснюватись навігація мобільного робота, використовуйте об’єкти із меню Editing Toolbar, що розміщується у лівій колонці головного меню програми.

Рисунок 1.1 - Прикладом створення середовища

Отримання показів сенсорів. Для того щоб розробити власну програму керування роботом, необхідно виконати пункт the BASIC Editor. Першим елементом програми, який повинен виконати робот для уникнення зіткнень із перешкодами – отримати покази сенсорів про віддаль до перешкод. Для цього можна виконати команду:

```
s = MeasureRange(0,4,0)
```

Перший параметр відображає ідентифікатор робота (у наведеному прикладі рівний 0), другий параметр – відображає номер сенсора, третій параметр рівний 0, якщо немає необхідності у застосування методу Certainty Grid.

Початкову позицію (координати) робота можна задати наступною командою (в наведеному прикладі, перший параметр – ідентифікатор робота, другий та третій – координати X=13, Y=12.5 і четвертий – орієнтація у градусах):

```
SetMobotPosition(0, 13, 12.5, 0)
```

Отже код програми матиме вигляд:

```
Sub Main
   SetMobotPosition(0,13,12.5,0)
   s = MeasureRange(0,4,0)
End Sub
```

Для виконання програми достатньо лише натиснути кнопку Play . Для відображення значень змінних можна виконати команду **debug.print,** як наведено у наступному прикладі:

```
Sub Main
   SetMobotPosition(0,13,12.5,0)
   s = MeasureRange(0,4,0)
```

```
Debug.Print s
End Sub
```

Переміщення робота. Для переміщення робота необхідно виконати команду **SetWheelSpeed(0,0,10)**, яка вказує ідентифікатор робота, швидкість лівого та правого колеса.

Для початку виконання руху робота необхідно вказати команду **StepForward**. В кожній точці програми, в якій вказується команда StepForward симулятор виконує один крок переміщення робота, при цьому крок переміщення можна задати командою **SetTimeStep**:

```
Sub Main
    SetTimeStep 0.1
    SetMobotPosition(0,13,12.5,0)
    s = MeasureRange(0,4,0)
    Debug.Print s
        If s < 0.7 Then SetWheelSpeed(0,0,10)
        ElseIf s > 0.9 Then SetWheelSpeed(0,10,0)
        Else SetWheelSpeed(0,10,10)
    EndIf
    StepForward
End Sub
```

Регулярне переміщення. Таким чином, для регулярного переміщення мобільного робота необхідно виконати цикл програми, у якому забезпечити переміщення робота та його реакцію на покази сенсорів, як наведено у даному фрагменті:

```
Sub Main
    SetTimeStep 0.1
    SetMobotPosition(0,13,12.5,0)
    For t = 1 to 5000 s = MeasureRange(0,4,0)
    Debug.Print s
        If s < 0.7 Then SetWheelSpeed(0,0,10)
        ElseIf s > 0.9 Then SetWheelSpeed(0,10,0)
        Else SetWheelSpeed(0,10,10)
    EndIf
    StepForward
```

```
        Next
    End Sub
```

Даний фрагмент програми наводить процедуру слідування стіні з використанням показів одного сенсора (номер 4).

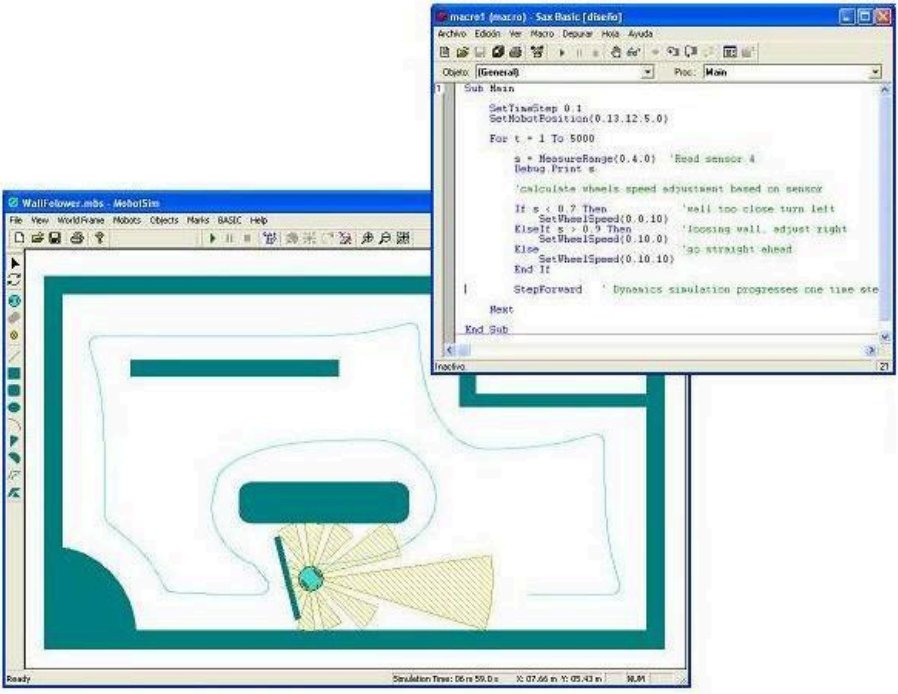

Рисунок 1.2 – Результат навігації мобільного робота

Таблиця 1.1 - Варіанти завдань для всіх наступних лабораторних робіт

№	Діаметр платформи (Platform diameter)	Відстань між колесами (Distance between wheels)	Діаметр коліс (Wheels diameter)	Ширина коліс (Wheel width)	Кількість сенсорів робота (Number of ranging sensors)

1.	**0,5 м**	**0,35 м**	**0,2 м**	**0,04 м**	**12**
2.	**0,5 м**	**0,3**	**0,1**	**0,05 м**	**5**
3.	**0,5 м**	**0,2 м**	**0,13 м**	**0,03 м**	**3**
4.	**0,5 м**	**0,4**	**0,15**	**0,05 м**	**7**
5.	**0,6 м**	**0,35 м**	**0,2 м**	**0,04 м**	**12**
6.	**0,6 м**	**0,3**	**0,1**	**0,05 м**	**5**
7.	**0,6 м**	**0,2 м**	**0,13 м**	**0,03 м**	**3**
8.	**0,6 м**	**0,4**	**0,15**	**0,05 м**	**7**
9.	**0,7 м**	**0,35 м**	**0,2 м**	**0,04 м**	**12**
10.	**0,7 м**	**0,3**	**0,1**	**0,05 м**	**5**
11.	**0,7 м**	**0,2 м**	**0,13 м**	**0,03 м**	**4**
12.	**0,7 м**	**0,4**	**0,15**	**0,05 м**	**7**
13.	**0,8 м**	**0,35 м**	**0,2 м**	**0,04 м**	**12**
14.	**0,8 м**	**0,3**	**0,1**	**0,05 м**	**5**
15.	**0,8 м**	**0,2 м**	**0,13 м**	**0,03 м**	**4**
16.	**0,8 м**	**0,4**	**0,15**	**0,05 м**	**7**
17.	**0,9 м**	**0,35 м**	**0,2 м**	**0,04 м**	**12**
18.	**0,9 м**	**0,3**	**0,1**	**0,05 м**	**5**
19.	**0,9 м**	**0,2 м**	**0,13 м**	**0,03 м**	**4**
20.	**0,9 м**	**0,4**	**0,15**	**0,05 м**	**7**
21.	**1 м**	**0,35 м**	**0,2 м**	**0,04 м**	**12**
22.	**1 м**	**0,3**	**0,1**	**0,05 м**	**5**
23.	**1 м**	**0,2 м**	**0,13 м**	**0,03 м**	**4**
24.	**1 м**	**0,4**	**0,15**	**0,05 м**	**7**
25.	**1,1 м**	**0,35 м**	**0,2 м**	**0,04 м**	**12**
26.	**1,1 м**	**0,3**	**0,1**	**0,05 м**	**5**
27.	**1,1 м**	**0,2 м**	**0,13 м**	**0,03 м**	**4**
28.	**1,1 м**	**0,4**	**0,15**	**0,05 м**	**7**
29.	**1,2 м**	**0,35 м**	**0,2 м**	**0,04 м**	**12**
30.	**1,2 м**	**0,3**	**0,1**	**0,05 м**	**5**
31.	**1,2 м**	**0,2 м**	**0,13 м**	**0,03 м**	**4**
32.	**1,2 м**	**0,4**	**0,15**	**0,05 м**	**7**
33.	**1,3 м**	**0,35 м**	**0,2 м**	**0,04 м**	**12**
34.	**1,3 м**	**0,3**	**0,1**	**0,05 м**	**5**
35.	**1,3 м**	**0,2 м**	**0,13 м**	**0,03 м**	**4**
36.	**1,3 м**	**0,4**	**0,15**	**0,05 м**	**7**
37.	**1,4 м**	**0,35 м**	**0,2 м**	**0,04 м**	**12**
38.	**1,4 м**	**0,3**	**0,1**	**0,05 м**	**5**

39.	**1,4 м**	**0,2 м**	**0,13 м**	**0,03 м**	**4**
40.	**1,4 м**	**0,4**	**0,15**	**0,05 м**	**7**

Лабораторна робота №2
Тема. Дослідження алгоритмів навігації мобільних роботів.

Мета. Отримання практичних навичок навігації мобільних роботів в симуляторі Mobotsim.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

На основі симулятора мобільного робота MOBOTSIM необхідно розробити власний алгоритм управління роботом.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1.В ході виконання лабораторної роботи створити власну конфігурацію мобільного робота згідно варіанту завдань:

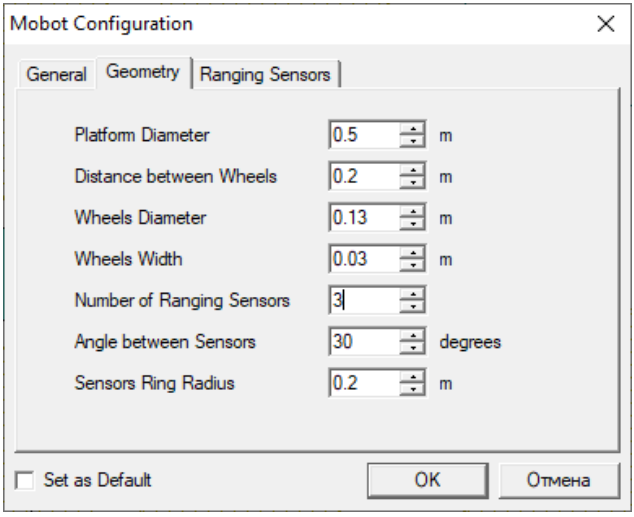

Рисунок 2.1 – Діалогове вікно «Mobot Configuration»

2.Створити замкнуту карту середовища довільної конфігурації.

3.Написати програму, яка забезпечить неперервне переміщення робота між протилежними точками карти середовища із використанням показів передніх сенсорів.

4.Написати програму, яка забезпечить неперервне переміщення робота між протилежними точками середовища, при цьому розвернувши робота на 360 градусів посередині.

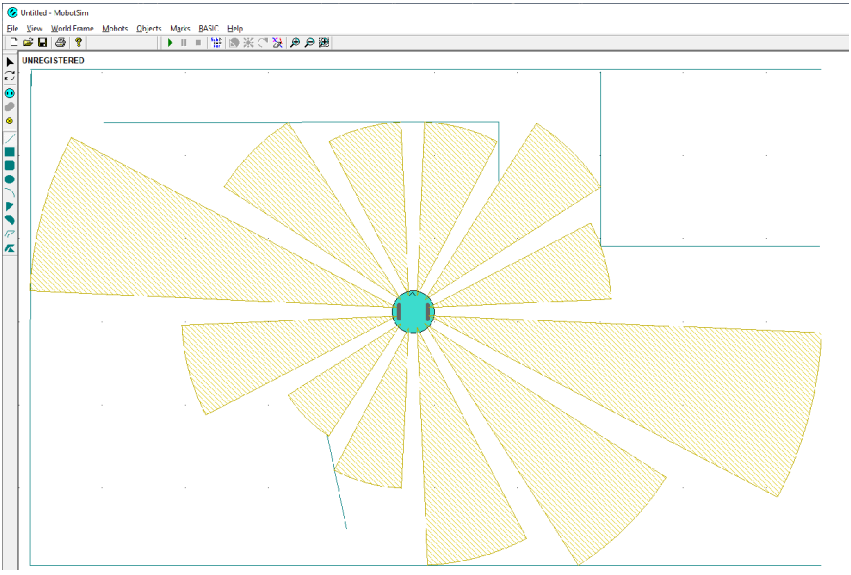

Рисунок 2.2 – Приклад замкнутої карти середовища

5.Оформити звіт виконання лабораторної роботи, у якому представити коди програм, та траєкторії руху роботів згідно пунктів.

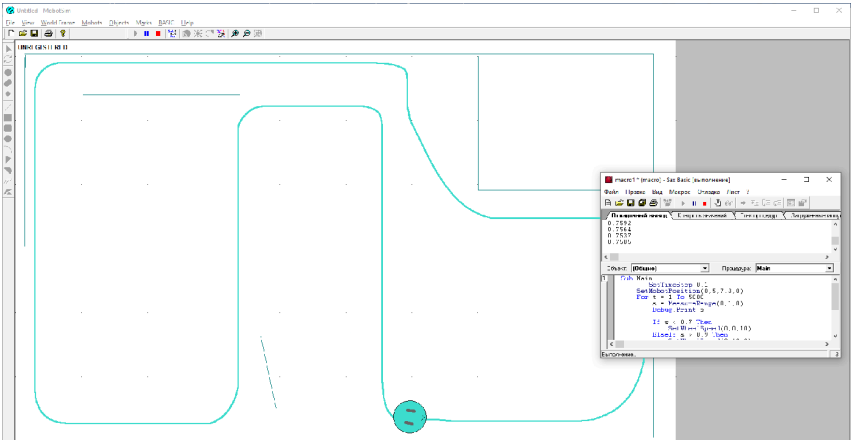

Рисунок 2.3 – Траєкторія руху робота згідно з умовами середовища та написаною програмою

Контрольні запитання

*1.*Поняття мобільного робота?
2.Параметри роботів Mobotsim?
3.Основні команди стимулятора MobotSim?

Лабораторна робота №3
Тема. Дослідження алгоритмів керування мобільними роботами.

Мета. Отримання практичних навичок навігації мобільних роботів в симуляторі Mobotsim.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

На основі симулятора мобільного робота MOBOTSIM необхідно розробити власний алгоритм уникнення зіткнень із перешкодами у довільно створеному середовищі.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1.В ході виконання лабораторної роботи створити власну конфігурацію мобільного робота.

2.Створити замкнуту карту середовища довільної геометричної конфігурації.

3.Написати програму слідування робота по стіні справа та зліва для опису периметру середовища.

4.Створити у середовищі кілька перешкод різної форми на шляху переміщення робота.

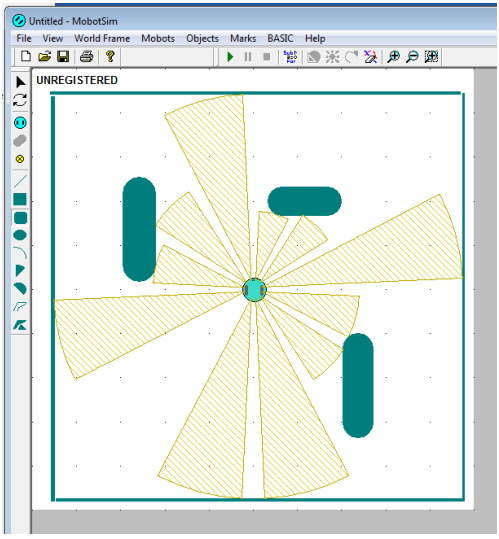

Рисунок 3.1 – Приклад замкнутої карти середовища з кількома перешкодами різної форми на шляху переміщення робота

5.Написати програму, яка забезпечує навігацію двох роботів у середовищі, створеному у п.4.

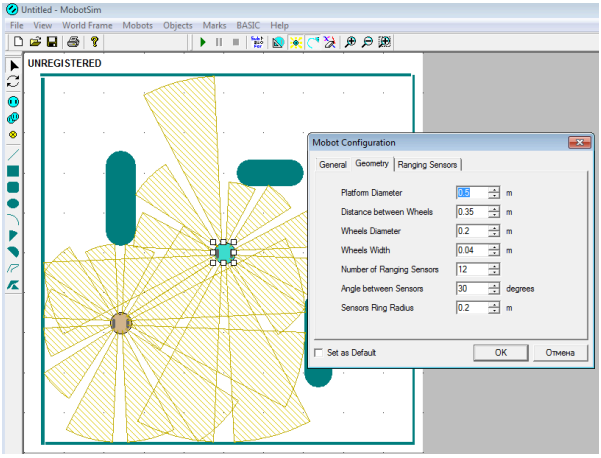

Рисунок 3.2 – Приклад замкнутої карти середовища з двома роботами

6.Написати програму вільного руху (навігації) мобільного робота у створеному у п.4 середовищі, при цьому забезпечити уникнення зіткнень із перешкодами за рахунок опрацювання показів усіх сенсорів робота. При цьому, робот повинен переміщуватись у ті ділянки середовища, де відстань між перешкодами більша за діаметр платформи робота.

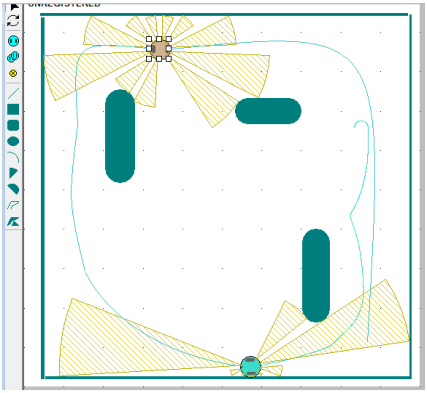

Рисунок 3.3 – Запуск програми

7.Оформити звіт виконання лабораторної роботи, у якому представити коди програм, та траєкторії руху роботів згідно пунктів.

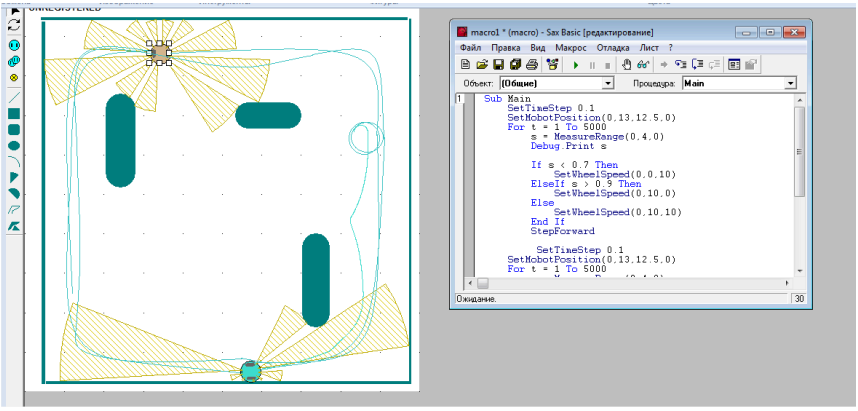

Рисунок 3.4 – Перевірка роботу програми

Контрольні запитання

1.Які ви знаєте способи калібрування камери?
2.Як здійснюється управління роботом Mobotsim?

Лабораторна робота №4
Тема. Дослідження алгоритмів переміщення мобільного робота до цілі.

Мета. Отримання практичних навичок у розробці програмних засобів навігації мобільних роботів до цілі.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

На основі симулятора мобільного робота MOBOTSIM необхідно розробити власний алгоритм та програмний модуль керування мобільним роботом, який забезпечить безперешкодне переміщення мобільного робота до заданої цілі.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1.В ході виконання лабораторної роботи створити конфігурацію мобільного робота, із параметрами згідно варіанту.

2.Створити карту середовища, що містить замкнутий периметр із перешкод довільної форми.

3.Визначити положення робота у довільній точці на карті середовища, а також встановити координати точки призначення для переміщення мобільного робота у вигляді мітки симулятора MOBOTSIM (об’єкт “Mark”).

4.Створити не менше п’яти перешкод довільної форми, що розміщені на шляху від початкового положення робота до точки призначення.

5.Розробити програмні модулі, які забезпечують безперешкодне переміщення мобільного робота від точки початкового положення робота до точки призначення. Таке переміщення повинна забезпечуватись на основі опрацювання сенсорних показів робота.

6.Забезпечити тестування виконаного програмного модуля умовах роботи зашумлених сенсорних показів, наближених до реальних. Представити у звіті залежність умов коректної навігації мобільного робота від рівня зашумленості сенсорних показів (від 1 до 40% від реальних показів).

7.Оформити звіт виконання лабораторної роботи, у якому представити коди програм, та траєкторії руху роботів згідно пунктів 1-6.

8.Представити звіт до захисту. Під час демонстрації виконаної роботи, забезпечити можливість зміни початкового положення робота та точки призначення у довільні позиції на карті середовища.

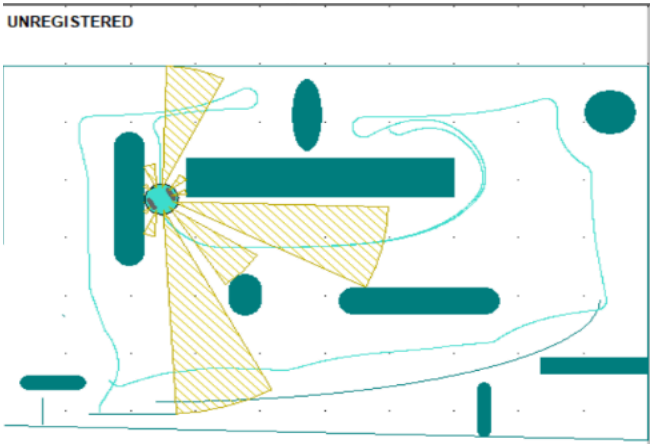

Рисунок 4.1 – Приклад роботаи

Контрольні запитання

1.Параметри роботів Mobotsim?

2.Основні команди стимулятора MobotSim?

3.Алгоритмічні принципи розробленого алгоритму навігації робота до цілі.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1.Д. Крейг Введение в робототехнику. Механика и управление. Изд-во Институт Компьютерных исследований, 2013. – 564 с.

2.J.-C. Ma, Q. Zhang, L.-Y. Ma, W. Xie, “Multi-behavior fusion-based path planning for mobile robot,” Beijing Ligong Daxue Xuebao. Trans. of Beijing Inst. of Technology. 2014. Vol. 34, No. 6, pp. 576–581.

3.Y. Kondratenko, O. Gerasin, A. Topalov, “A simulation model for robot's slip displacement sensors,” International Journal of Computing, Vol.15, Issue 4, Open Access, 2016, pp. 224-236, http://www.computingonline.net/computing/article/viewFile/854/768.

4.Н.В. Морзе, Л.О. Варченко-Троценко, М.А. Гладун, Основи робототехніки: навчальний посібник / Н.В. Морзе, Л.О. Варченко-Троценко, М.А. Гладун. – Кам’янець-Подільський : ПП Буйницький О.А., 2016. – 184 с.

5.C. Nagy, Z. Biró-Ambrus, L. Márton, “Ultrasound-Based Indoor Robot Localization Using Ambient Temperature Compensation,” Acta Universitatis Sapientiae Electrical and Mechanical Engineering, vol. 8, 2016, pp. 19-28.

6.K. Petrovski, S. Jovanovski, M. Mirchev, L. Basnarkov, “On the Kalman Filter Approach for Localization of Mobile Robots,” International Conference on ICT Innovations, 2016, pp. 123-133.

7.P. Stączek, “Digital signal processing in ultrasonic based navigation system for mobile robots,” ITM Web of Conferences, vol. 15, 2017.

8.N. Z.M. Nasir, M. A. Zakaria, S. Razali, M.Y. bin Abu, “Autonomous mobile robot localization using Kalman filter,” MATEC Web of Conferences, vol. 90, 2017.

9.Derkach M. Obstacle Avoidance Algorithm for Small Autonomous Mobile Robot Equipped with Ultrasonic Sensors / M. Derkach, D. Matiuk, I. Skarga-Bandurova // IEEE 11th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT). - Kyiv, Ukraine, 2020. – pp. 236 – 241.

10. Деркач М.В. Розробка алгоритму управління рухом мобільного робота / М.В. Деркач, Д.С. Матюк // Наукові вісті Далівського університету. Електронне видання. 2019. №17.

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до лабораторних робіт з дисципліни
«ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ РОБОТОТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ»
(для здобувачів вищої освіти 2 курсу магістратури денної та заочної форми навчання за спеціальністю 123 "Комп'ютерна інженерія")

Укладач:
М.В. ДЕРКАЧ

Оригінал-макет *М.В. Деркач*

Підписано до друку _____
Формат 60x84 $^{1}/_{16}$. Папір типогр. Гарнітура Times.
Друк офсетний. Умов. друк. арк. ___. Обл.-вид. арк.___.
Тираж ___ екз. Вид. № ___. Замов. № . Ціна договірна.

Видавництво Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля

Свідоцтво про реєстрацію: серія __ № ____ від _____ р.
Адреса університету: просп. Центральний 59-А
м. Сєвєродонецьк, 93400, Україна
e-mail: vidavnictvoSNU.ua@gmail.com.