

ДОДАТОК А

Графічний матеріал кваліфікаційної роботи

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Кафедра ЕОМ

Метод мережевого оператора для управління
"Swarm-bot" - system

Кваліфікаційна робота
Другий (магістерський) рівень

Автор:

Вітренко В.С.
студ. гр. КСМм-22-1

Керівник:

Токарев В.В.
доц. каф. ЕОМ

2024

МЕТА І ЗАДАЧІ РОБОТИ

2

МЕТОЮ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ є дослідження методу мережевого оператора для управління "Swarm-bot" - system.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ДОСЯГНЕННЯ ПОСТАВЛЕНОЇ МЕТИ:

- ❖ провести огляд підходів управління інтелектуальними мобільними "s-bots";
- ❖ провести обчислювальний експеримент руху "s-bots".

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ

3

За допомогою встановлення комунікацій між інтелектуальними мобільними "s-bots" в одній "Swarm-bot" - system та взаємодії з physical environment можливе вирішення завдань, на виконання яких у окремого "s-bot" не вистачає ресурсів.

В даний час не існує універсального підходу до створення легко масштабованих систем управління інтелектуальними мобільними "s-bot" , що входять до складу однієї "Swarm-bot" - system, який допускав би використання довільної математичної моделі об'єктів управління, і у якому пошук управлінь не виконувався б у реальному масштабі часу. Проблема є важливою і нерозв'язаною, що визначає її актуальність. У кваліфікаційній роботі досліджується можливість застосування методу мережного оператора для управління інтелектуальними мобільними "s-bot" , що входять до складу однієї "Swarm-bot" - system.

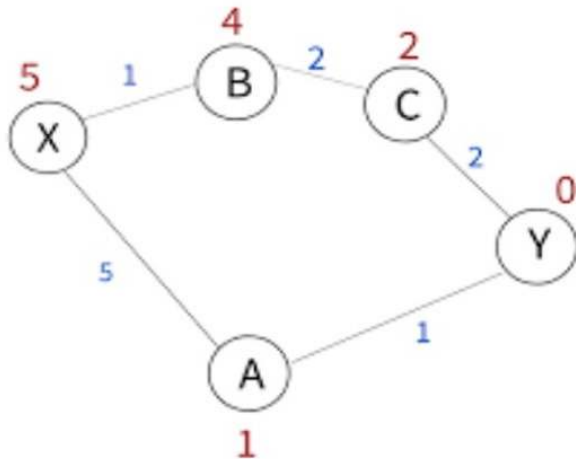
ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ПІДХОДІВ УПРАВЛІННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИМИ МОБІЛЬНИМИ "S-BOTS" В ОДНІЙ "SWARM-BOT" - SYSTEM

4



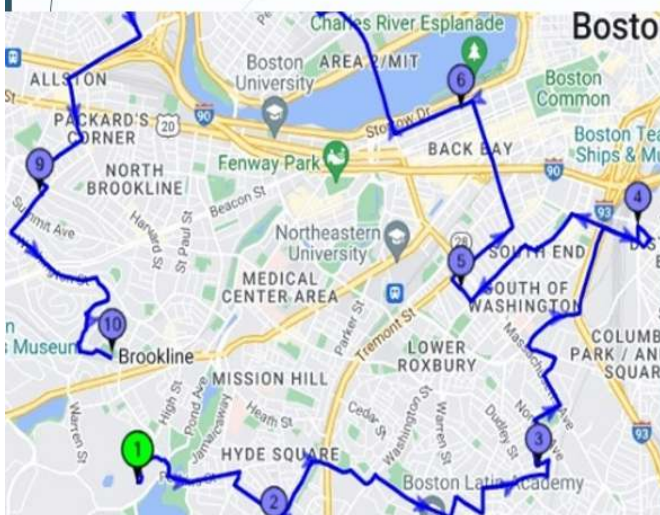
Специфіка управління інтелектуальними мобільними "s-bot" у нестационарній physical environment полягає в тому, що траєкторію перешкод, що рухаються, розрахувати заздалегідь вкрай важко. Щоб уникнути зіткнень з перешкодами, що рухаються, необхідно знати їх стани і мати можливість передбачати траєкторію їх руху.

ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ПІДХОДІВ УПРАВЛІННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИМИ МОБІЛЬНИМИ "S-BOTS" В ОДНІЙ "SWARM-BOT" - SYSTEM 5



Одна з груп дослідників запропонувала алгоритм управління "s-bot" в нестационарній physical environment з трасуванням рухомих перешкод. Для планування маршрутів ця група дослідників використовувала евристичний алгоритм A*

ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ПІДХОДІВ УПРАВЛІННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИМИ МОБІЛЬНИМИ "S-BOTS" В ОДНІЙ "SWARM-BOT" - SYSTEM 6



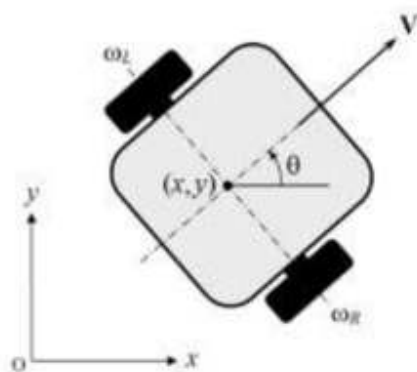
Група дослідників опублікувала звіт про один підхід створення складової дорожньої карти на основі суперграфа.

Складова дорожня карта обчислюється у два етапи:

-етап №1. Для кожного окремого "s-bot" будується дорожня карта;

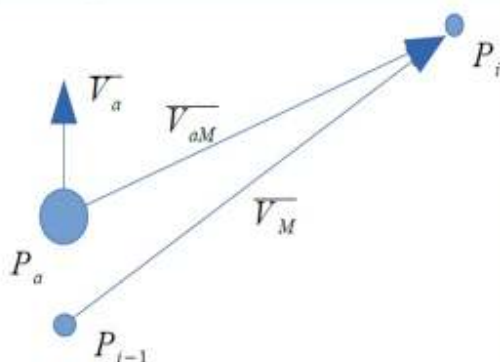
-етап №2. Побудовані дорожні карти поєднуються в одну дорожню карту.

ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ПІДХОДІВ УПРАВЛІННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИМИ МОБІЛЬНИМИ "S-BOTS" В ОДНІЙ "SWARM-BOT" - SYSTEM 7



Існує методика управління інтелектуальними мобільними "s-bot" за допомогою потенційних полів. Ця методика, яка заснована на методі полів потенціалів, має на увазі вплив на інтелектуальні мобільні "s-bot", що входять до складу однієї "Swarm-bot" - system, векторів сили. Її суть полягає в тому, що маршрут інтелектуальних мобільних "s-bot" будується на основі рішення спеціального рівняння, яке включає силу, що притягує "s-bot" до термінального стану, та силу, що відштовхує "s-bot" від перешкод.

ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ПІДХОДІВ УПРАВЛІННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИМИ МОБІЛЬНИМИ "S-BOTS" В ОДНІЙ "SWARM-BOT" - SYSTEM 8



Реактивні підходи управління мають на увазі, що інтелектуальні мобільні "s-bot", які входять до складу однієї "Swarm-bot" - system, здійснюють спільні зусилля, створені задля запобігання колізій. У проведених дослідженнях вводиться достатня та необхідна умова ухилення від зіткнень "s-bot" з рухомою перешкодою, що переміщується з відомою швидкістю. Даний підхід був застосований у задачі запобігання зіткненням типу "s-bot" - to - "s-bot", що призвело до появи методу взаємних швидкісних перешкод.

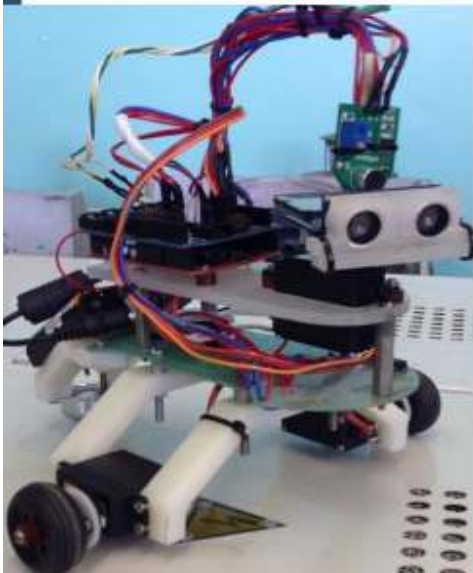
ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ПІДХОДІВ УПРАВЛІННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИМИ МОБІЛЬНИМИ "S-BOTS" В ОДНІЙ "SWARM-BOT" - SYSTEM 9



Метод оптимального взаємного уникнення колізій був розроблений з метою швидкого пошуку оптимальних швидкостей для інтелектуальних мобільних "s-bot", що входять до складу однієї "Swarm-bot" - system, у реальному масштабі часу.

На відміну від методу взаємних швидкісних перешкод, забезпечує достатню умову уникнення зіткнень для всіх "s-bot", що входять до складу однієї "Swarm-bot" - system.

ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ПІДХОДІВ УПРАВЛІННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИМИ МОБІЛЬНИМИ "S-BOTS" В ОДНІЙ "SWARM-BOT" - SYSTEM 10



Колектив дослідників розробив децентралізовану методику вирішення колізій, яка не вимагає високої точності даних, що зчитуються сенсорами. Дані дослідження викликають особливий інтерес, тому що в її основі лежить проста і зрозуміла передбачаюча модель, в основі якої знаходиться багаточаровий перцептрон.

Для навчання нейронної мережі, дослідники зібрали великий набір даних, що складається з відображення зашумлених вимірювань сенсорів у швидкості. На вхід нейронної мережі подається власний термінальний стан "s-bot" та стан, оточуючих його "s-bot".

ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ПІДХОДІВ УПРАВЛІННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИМИ МОБІЛЬНИМИ "S-BOTS" В ОДНІЙ "SWARM-BOT" - SYSTEM 11

Управління інтелектуальними мобільними "s-bot", що входять до складу однієї "Swarm-bot" - system, здійснюється у три етапи:

- **етап_№1** – отримання та обробка зображення;
- **етап_№2** – отримання функції значення станів;
- **етап_№3** – вибір оптимального керування.

Етап №_1. На цьому етапі здійснюється стиснення вхідного сигналу, скорочується розмірність вхідного зображення, а потім кольорове зображення переводиться в чорно-біле.

Етап №_2. На цьому етапі апроксимується Q-функція, яка проводить оцінку кожної можливої дії «s-bot» з конкретного стану і проводиться коригування вагових коефіцієнтів DQN. Виходом мережі є оцінка кожної можливої дії "s-bot".

Етап №_3. На цьому етапі вибирається оптимальна дія "s-bot".

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ МЕРЕЖЕВОГО ОПЕРАТОРА ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИМИ МОБІЛЬНИМИ "S-BOTS", ЩО ВХОДЯТЬ ДО СКЛАДУ ОДНІЄЇ "SWARM- BOT" - SYSTEM 12

Метод мережевого оператора був розроблений для вирішення задачі синтезу системи управління інтелектуальними мобільними "s-bot", що входять до складу однієї "Swarm-bot" - system. Цей метод належить до сімейства методів символічної регресії. Для отримання закодованого математичного виразу, на вхід мережевого оператора необхідно подати орієнтований ациклічний граф, в якому в якості вузлів джерел виступають аргументи та параметри функції, що шукається, а вузли строки представляють значення функції.

У проміжних вузлах графа розміщені функції двох аргументів. Дуги графа асоціюються з унарними операціями (впливають на одне значення або вираз). Для представлення графа мережевого оператора у пам'яті комп'ютера передбачено матрицю мережевого оператора. Так як граф мережевого оператора є спрямованим, а номери вузлів графа, в які входять дуги, повинні бути більшими за номери вузлів, з яких дуги виходять, то матриця мережевого оператора має верхньотрикутний вигляд. Всі елементи під головною діагоналлю дорівнюють нулю і не беруть участь у обчисленнях.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ МЕРЕЖЕВОГО ОПЕРАТОРА ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИМИ МОБІЛЬНИМИ "S-BOTS", ЩО ВХОДЯТЬ ДО СКЛАДУ ОДНІЄЇ "SWARM- BOT" - SYSTEM

13

Для представлення графа мережевого оператора у пам'яті комп'ютера використовується матриця мережевого оператора:

$$\Psi = [\Psi_{ij}], i, j = \overline{1, L}$$

де L – кількість вузлів у графі.

Діагональний елемент матриці дорівнює нулю, якщо номер рядка дорівнює номеру одного з вихідних вузлів або він посилається на бінарну функцію.

Розглянемо таку функцію:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} q_1 \sin(q_2 x_1 + q_2) \\ -\exp(q_4 x_1) + x_2^2 \end{bmatrix}$$

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ МЕРЕЖЕВОГО ОПЕРАТОРА ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИМИ МОБІЛЬНИМИ "S-BOTS", ЩО ВХОДЯТЬ ДО СКЛАДУ ОДНІЄЇ "SWARM- BOT" - SYSTEM

14

Задано безліч параметрів:

$$Q = (q_1 \dots q_4)$$

безліч аргументів:

$$A = (a_1 = x_1, a_2 = x_2, a_3 = q_1, \dots, a_6 = q_4)$$

Тоді мережевий оператор має вигляд:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_2(a_3, \rho_4(x_1(x_2(a_4, a_1), a_5))) \\ x_1(\rho_5(\rho_3(x_2(a_6, a_1), a_5))), \rho_2(a_2)) \end{bmatrix}$$

ОБЧИСЛОВАЛЬНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ

17

Обчислювальний експеримент проводився за допомогою імітаційного моделювання в середовищі моделювання MATLAB, що обумовлено його функціональністю.

Дана "Swarm-bot" - system, що складається з інтелектуальних мобільних "s-bot" - N = 17.

Задано початкові стани інтелектуальних мобільних "s-bot" , що входять до складу однієї "Swarm-bot" - system, при яких "s-bot" розташовані у формі літери «А».

ОБЧИСЛОВАЛЬНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ

18

Динаміка руху інтелектуальних мобільних "s-bot" описується формулою:

$$\begin{cases} \dot{x} = \frac{(u_{i,1} + u_{i,2}) \times \cos(\theta_i)}{2} \\ \dot{y} = \frac{(u_{i,1} + u_{i,2}) \times \sin(\theta_i)}{2} \\ \dot{\theta}_i = \frac{(u_{i,1} - u_{i,2}) \times \cos(\theta_i)}{2} \end{cases}$$

де x_i, y_i – координати центру мас "s-bot";

θ_i – кут між віссю симетрії "s-bot" та віссю абсцис інерційної системи координат Ox .

ОБЧИСЛЮВАЛЬНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ

19

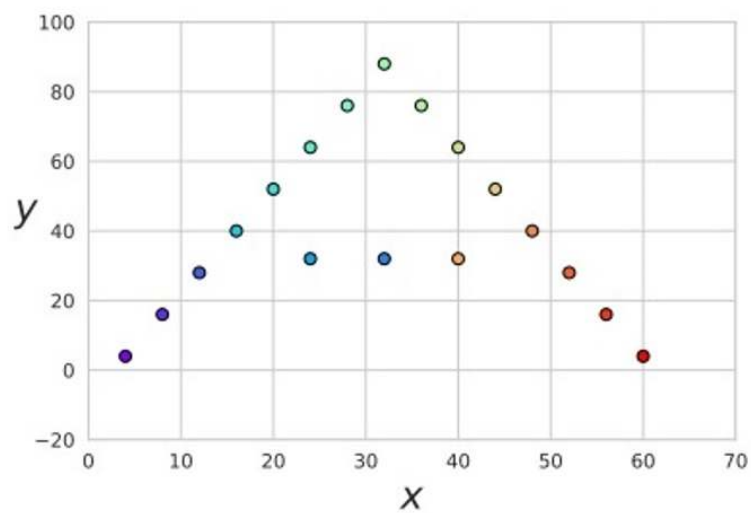
Початкові координати "s-bot"

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
X_i	4	9	12	16	20	24	29	31	36	40	44	48	51	57	40	31	24
Y_i	4	19	24	40	58	62	79	89	78	61	5	40	28	19	30	30	30
θ_i	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ОБЧИСЛЮВАЛЬНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ

20

Початкові координати "s-bot"



ОБЧИСЛОВАЛЬНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ

21

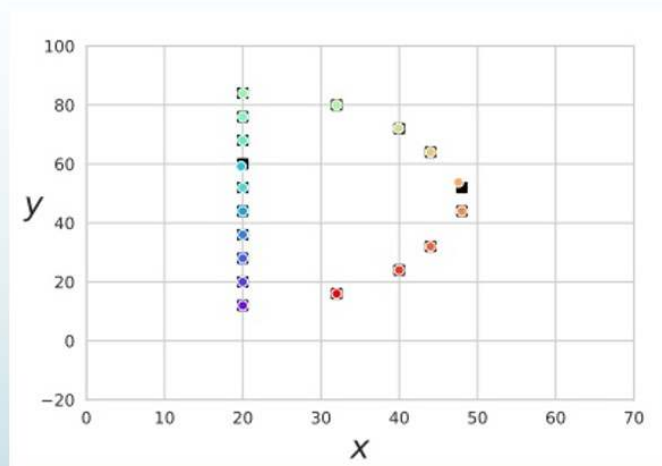
Кінцеві координати "s-bot"

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
X_i	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	31	40	45	48	48	42	40
Y_i	10	20	28	39	45	52	60	69	78	84	0	70	64	52	44	30	21
θ_i	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ОБЧИСЛОВАЛЬНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ

22

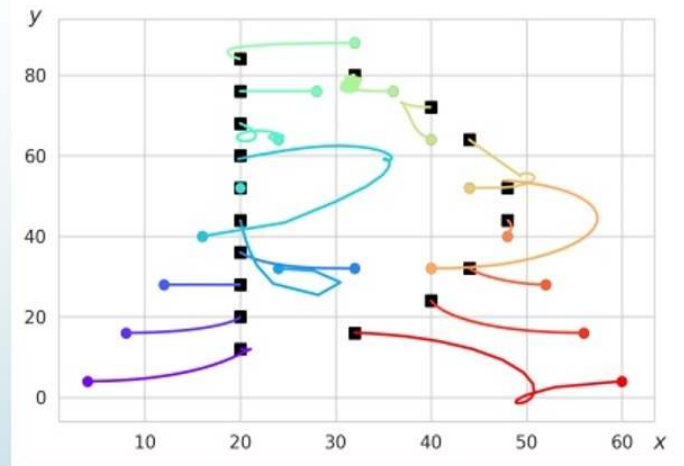
Кінцеві координати "s-bot"



ОБЧИСЛОВАЛЬНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ

23

Траекторії руху "s-bot"



АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

24

www.konferenciaonline.org.ua

Міжнародна наукова
інтернет-конференція

**Інформаційне суспільство:
технологічні, економічні
та технічні аспекти становлення**

Випуск 80

ISSN 2522-932X

Google Scholar

19-20 вересня 2023 р.

м. Тернопіль, Україна – м. Ополе, Польща
2023

*Титарев Володимир Володимирович, кандидат технічних наук,
доцент, Харківський національний
університет радіоелектроніки, м. Харків
ORCID: 0000-0002-7143-6165*

*Вітренко Віталій Сергійович,
магістр, Харківський національний
університет радіоелектроніки, м. Харків*

МЕТОД МЕРЕЖЕВОГО ОПЕРАТОРА ДЛЯ УПРАВЛІННЯ «SWARM-BOT»-SYSTEM

Інтернет-адреса публікації на сайті:
<http://www.konferenciaonline.org.ua/ua/articleId-1290/>

У наукових дослідженнях показано, що одометрія не є обов'язковим параметром, проте вона служить для збільшення точності. Одометрія (як априорна оцінка позиції) разом із новим лазерним сканом та побудованою на даний момент картою передається на вхід скан-матчера. Скан-матчер обчислює різницю між априорною та справжньою оцінкою позиції «s-bot». Справжньою позицією називається та, з якої можна виконати лазерний скан. Лазерний скан може суперенити карту через помилку скан-матчера на попередніх кроках алгоритму або через неповноту карти. Для обчислення найбільш ймовірної позиції можна скористатися Байєсовським підходом до обчислення ймовірності. Тоді ймовірність позиції обчислюється як середня сума ймовірностей усіх точок скану, накладеного на карту із заданої позиції. Кожна точка скану означає перешкоду, і в ідеальних умовах кожна точка повинна потрапити до зайнятої клітинки карти. Однак недостатньо ввести бінарний поділ на зайняті та вільні клітинки. Насправді клітинки карти може бути надто великою, і тоді точки скану можуть розташовуватися в ній, як показано на рис.1. Логічно вважати, що клітинка має певну можливість бути зайнятою. Ця ймовірність заснована не тільки на факті, що на клітинку потрапляє хоч одна точка лазерного скану, але й на тому, як багато променів із лазерного далекоміра може пройти крізь клітинку до зустрічі з перешкодою.

ВИСНОВКИ

25

ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ було досліджено метод мережевого оператора для управління "Swarm-bot" - system.

В КВАЛІФІКАЦІЙНІЙ РОБОТІ ВИРШЕНІ ТАКІ ЗАДАЧІ:

- ❖ проведено огляд підходів управління інтелектуальними мобільними "s-bots";
- ❖ проведено обчислювальний експеримент руху "s-bots".