

ДОДАТОК А

Графічний матеріал кваліфікаційної роботи

Харківський національний університет радіоелектроніки
Кафедра ЕОМ



Метод селекції малорозмірних об'єктів для навігації мобільних роботів

Автор
Загнойко Я.С.
Студент СПм -23-1

Керівник:
ст. викл. Єрьоміна Н.С.

Огляд проблемної області

У сучасному світі мобільні роботи стають невід'ємною частиною багатьох галузей, включаючи промисловість, логістику, сільське господарство та службу порятунку. Їх здатність автономно переміщуватися в складних та динамічних середовищах значно підвищує ефективність виконання різних задач.

Однак навігація мобільних роботів стикається з низкою викликів, особливо у випадках, коли необхідно розпізнавати та враховувати малорозмірні об'єкти, які можуть бути критичними для виконання завдання або безпеки.





МЕТА ТА ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ

Мета роботи – Дослідження методу селекції малорозмірних об'єктів для забезпечення ефективної навігації мобільних роботів за умов обмеженої обчислювальної потужності та динамічної зміни оточення

Об'єкт дослідження – процеси навігації мобільних роботів у складних і динамічних середовищах. Методи та алгоритми селекції малорозмірних об'єктів для забезпечення точної навігації мобільних роботів.

3



АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ

- Розвиток мобільної робототехніки активно впливає на промисловість, логістику, медицину, військову справу та багато інших сфер.
- Однією з ключових задач у цій галузі є забезпечення ефективної навігації роботів у складних і динамічних середовищах.
- Селекція малорозмірних об'єктів є критично важливою для забезпечення високої точності роботи роботів, особливо у випадках, коли ці об'єкти виступають орієнтирами або перешкодами.
- Недостатньо розвинені методи виявлення малорозмірних об'єктів можуть призводити до зіткнень, збоїв у роботі роботів або навіть до їх виходу з ладу, що підкреслює необхідність вирішення цієї проблеми.

4



Основні технології позиціонування

GPS (Global Positioning System) є однією з найпоширеніших технологій позиціонування.



Принцип роботи GPS-сигналу:

- Вона працює на основі сигналів, які надсилають 24 супутники, розташовані на орбітах висотою 20 200 км.
- Отримані значення порівнюються з локально згенерованими кодами супутників, що називається кореляцією.
- Для сильних сигналів короткий інтеграційний період (1 мс) забезпечує високу точність, а для слабких сигналів період подовжується для покращення співвідношення сигнал/шум.

5



Загальні принципи навігації мобільних роботів

Навігація мобільних роботів базується на трьох ключових етапах:

- Локалізація (визначення поточного положення робота)
- Планування маршруту
- Управління рухом (динамічне коригування траєкторії з урахуванням перешкод.)

Для цього використовуються дані з камер, лідарів, GPS та інших сенсорів. Після чого йде обробка та аналіз зображень для подальшого розрахунку даних. Успішна навігація залежить від адаптивності системи та точності даних сенсорів.

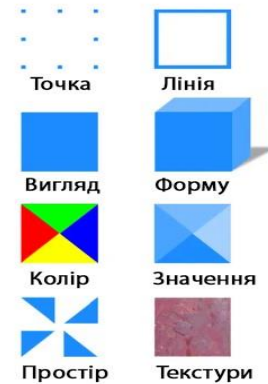
6

Методи обробки та аналізу зображень у робототехніці



Основні етапи обробки зображень у робототехніці:

- Здобуття зображення
- Попередня обробка зображення
- Виділення ознак
- Розпізнавання об'єктів
- Прийняття рішень



Різні види ознак зображення: колір, форма, текстура

7

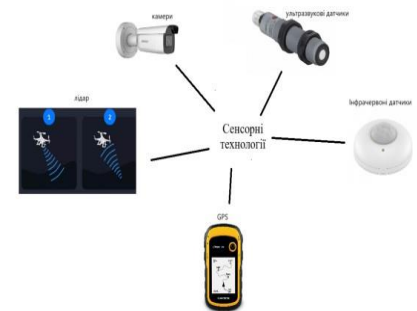
Технології навігації мобільних роботів



У сучасному світі мобільні роботи повинні не лише виконувати рух за заздалегідь запрограмованими маршрутами, але й адаптуватися до мінливих умов реального середовища.

Навігаційні системи, які дозволяють роботам вирішувати ці завдання, базуються на обробці даних, отриманих від широкого спектра сенсорів. До них належать:

- Камери: створюють зображення.
- Лідари: будують 3D-моделі.
- Ультразвукові датчики: вимірюють відстані.
- Інфрачервоні сенсори: визначають близькі об'єкти..



8



Техніки виявлення малорозмірних об'єктів

Для виявлення дрібних об'єктів у навколишньому середовищі використовуються методи, які можна розділити на засновані на комп'ютерному зорі, сенсорні та комбіновані підходи.

- **Методи комп'ютерного зору** включають алгоритми обробки зображень, машинне навчання та глибокі нейронні мережі. Вони дозволяють аналізувати текстури, кольори та контури об'єктів, визначаючи їх положення та розмір.
- **Сенсорні технології** охоплюють використання лідарів, ультразвукових і інфрачервоних датчиків. Методи машинного навчання, такі як машини опорних векторів (SVM)
- **Комбіновані підходи** поєднують можливості комп'ютерного зору та сенсорних технологій. Це дозволяє значно підвищити точність і надійність виявлення малорозмірних об'єктів навіть у складних умовах.

Техніка	Точність	Швидкість	Складність реалізації	Вартість
Обробка зображень	Середня	Висока	Низька	Низька
Глибоке навчання	Висока	Середня	Висока	Висока
Лідари	Висока	Висока	Середня	Висока
Ультразвукові датчики	Низька	Висока	Низька	Низька
Інфрачервоні сенсори	Середня	Середня	Низька	Середня
Комбіновані підходи	Висока	Середня	Висока	Висока

9

Особливості та виклики виявлення об'єктів для мініатюрної робототехніки



Мініатюрні роботи мають такі обмеження:

- **Обчислювальні потужності:** недостатні для складних алгоритмів.
- **Обсяг пам'яті:** лімітований, що обмежує зберігання даних.
- **Сенсори:** низька якість та енергоефективність.

Вирішальна функція є важливим інструментом, оскільки дозволяє оптимізувати використання обчислювальних ресурсів, визначати релевантні об'єкти навіть за умов низької роздільної здатності сенсорів та адаптуватися до змін середовища у реальному часі, що критично для ефективної роботи мініатюрних роботів у складних умовах.



10



Що таке вирішальна функція?

Вирішальна функція (ВФ) — це математична модель, яка аналізує дані сенсорів для вибору релевантних об'єктів. Використовується для точного визначення навігаційних рішень мобільного робота.

Для чого використовується?

- Підвищення точності навігації.
- Адаптація до обмеженої обчислювальної потужності.
- Робота в реальному часі.

Які параметри враховуються?

- Висота польоту: впливає на деталізацію.
- Кут огляду: визначає можливість виявлення об'єктів.
- Характеристики середовища: динамічні перешкоди, освітлення.

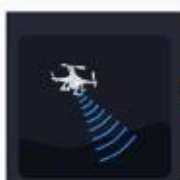
11



Модель процесу формування вирішальної функції

Етапи формування ВФ:

- **Сенсори:** отримують дані про навколишнє середовище.
- **Обробка даних:** виділення ознак (розмір, текстура, форма).
- **Формування вирішальної функції:** порівняння поточного зображення та еталонного.
- **Результат:** вибір оптимального еталонного зображення для правильної навігації МР



Отримання даних



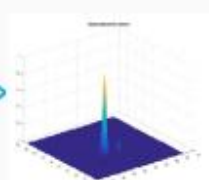
Обробка даних



Вихідне зображення



Селективне зображення



Формування вирішальної функції

12

Спосіб і алгоритм вибору PI в системі вторинної обробки CENS

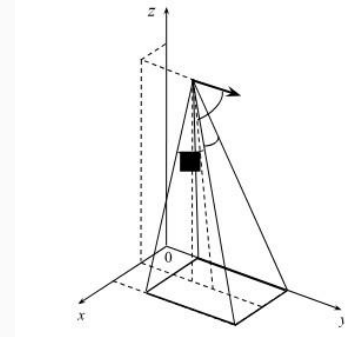


Формування еталонного зображення (ЕЗ) базується на змінних висоти польоту мобільного робота (МР), кута огляду та особливостей місцевості. Ці умови зумовлюють необхідність формування набору PI:

$$S_{Rj}(2\theta_{0,s}, h, \alpha, \beta, v, \varphi, t_m), \quad i = \overline{1, I}, j = \overline{1, J}, \\ k = \overline{1, K}, l = \overline{1, L}, p = \overline{1, P}, s = \overline{1, S}.$$

❖ Змінні враховуються для формування оптимального набору параметрів PI.

- S_R — значення релевантності регіону;
- $2\theta_s$ — кут огляду;
- h — висота польоту;
- α, β — характеристики регіону;
- v — швидкість руху МР;
- φ — орієнтація сенсорів;
- t_m — часові змінні.

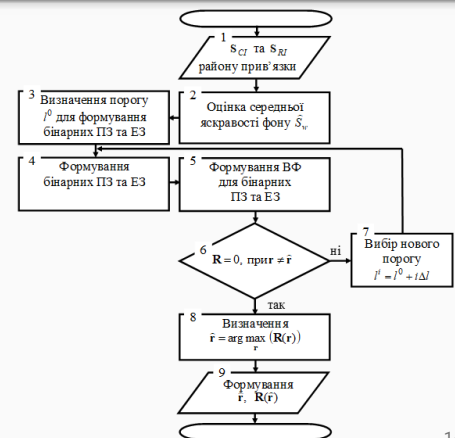


Геометричні умови формування PI 13

Формування ВФ при зміні висоти польоту

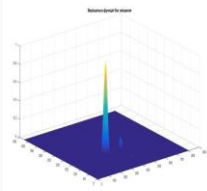


- Для формування вирішальної функції використовується багатопороговий алгоритм, який складається з етапів обчислювальних процедур і формування ВФ для поточного зображення поверхні візування.
- Результати показали, що точність навігації залежить від висоти польоту.
- Визначено координати малорозмірних об'єктів, які можна використовувати для побудови траєкторії МР.
- Досліджений метод забезпечує правильну навігацію навіть за змін висоти польоту.

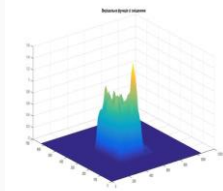




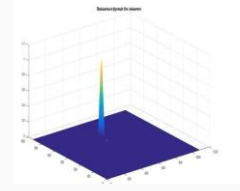
Результати формування ВФ при зміні висоти польоту



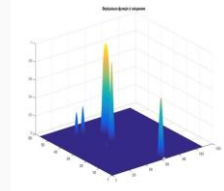
- ВФ без повороту ВЗ при висоті в 2000 м



- ВФ з поворотом ВЗ на 30 градусів при висоті в 2000 м



- ВФ без повороту ВЗ при висоті в 3000 м



- ВФ з поворотом ВЗ на 30 градусів при висоті в 3000 м

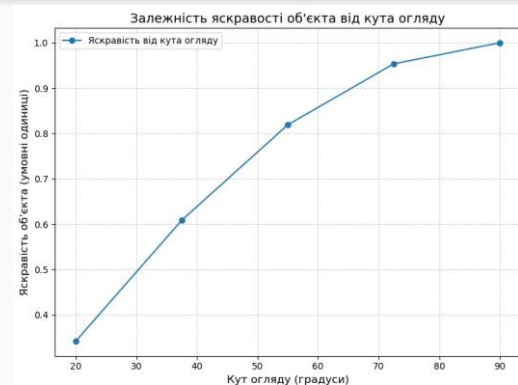
15

Розподіл яскравості об'єкта прив'язки при зміні кута



Яскравість об'єкта прив'язки залежить від кута огляду сенсорів та зовнішніх факторів, таких як освітлення, тіні й відблиски. Для аналізу побудовано розподіл яскравості, який адаптується до змін умов навколишнього середовища. Було визначено, що:

- При зміні кута огляду частка об'єкта з достатньою яскравістю зменшується;
- Для компенсації втрат пропонується застосування декількох сенсорів або корекційних моделей.

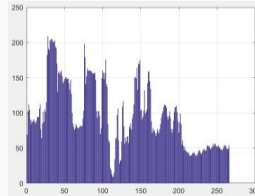


16

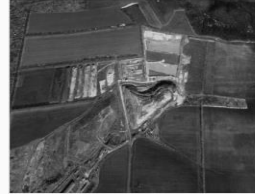
Результати розподілу яскравості при зміні кута



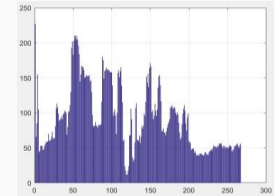
➤ Типовий пейзаж під кутом -80°



➤ Розподіл яскравості об'єкта для зображення під кутом -80°



➤ Типовий пейзаж під кутом -70°



➤ Розподіл яскравості об'єкта для зображення під кутом -70°

ВИСНОВОК



- ❑ У межах дипломної роботи розглянуто метод і алгоритм селекції малорозмірних об'єктів для навігації мобільних роботів (МР).
- ❑ Визначено, що МР стикаються з обмеженими ресурсами, низькою роздільною здатністю сенсорів і динамічними умовами.
- ❑ Розроблено модель формування вирішальної функції (ВФ), яка підвищує точність навігації, а також метод відбору еталонних зображень (ЕЗ) для систем вторинної обробки.
- ❑ Запропонований підхід підвищує продуктивність навігаційних систем і знижує ризик помилок, що актуально для роботів із обмеженими ресурсами.