

ДОДАТОК А

Графічний матеріал кваліфікаційної роботи

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Кафедра ЕОМ

Метод маршрутної корекції рою drones

Кваліфікаційна робота
Другий (магістерський) рівень

Автор:

Черевко В.Г.
студ. гр. СПм-22-3

Керівник:

Піскарьов О.М.
доц. каф. ЕОМ

2024

МЕТА І ЗАДАЧІ РОБОТИ

2

МЕТОЮ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ є дослідження методу Козко для розробки на його основі алгоритму маршрутної корекції польоту swarm-drone.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ДОСЯГНЕННЯ ПОСТАВЛЕНОЇ МЕТИ:

- ❖ провести огляд сучасного стану єдиної навігаційної системи drone;
- ❖ провести імітаційне моделювання маршрутної корекції swarm-drones.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ

3

Найбільш поширена схема алгоритмічної корекції навігаційних підсистем та єдиної навігаційної системи drone передбачає спільну обробку сигналів від інерційної навігаційної підсистеми drone та зовнішнього датчика за допомогою алгоритму оцінювання. Точність алгоритмічної корекції великою мірою залежить від характеристик інерційної навігаційної підсистеми та зовнішніх датчиків навігаційної інформації, від достовірності апіорної інформації про об'єкт оцінювання, його стохастичних характеристик.

Алгоритмічне забезпечення високоточної єдиної системи навігації drone включає нелінійні алгоритми оцінювання, зокрема нелінійний фільтр Калмана. За відсутності достовірної інформації про модель процесу, що оцінюється, точність нелінійного фільтра Калмана істотно знижується, тому застосовуються адаптивні модифікації лінійного фільтра Калмана.

На сьогоднішній день дослідження кореляційно - екстремальних методів для розробки на їх основі алгоритмів маршрутної корекції drone є актуальним науковим завданням при розробці високоточних drones.

АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ДО ОЦІНКИ ПАРАМЕТРІВ ДИНАМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ У ЗАВДАННЯХ

4



В даний час існують різні класифікації drones, які ранжуються за такими критеріями:

- масою drone;
- часом польоту drone без висадки;
- висотою польоту drone;
- способом реалізації керування drone;
- цільовим призначенням drone;
- вартістю.

ОГЛЯД СУЧАСНОГО СТАНУ ЄДИНОЇ НАВИГАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ DRONE

5



Сфери застосування drones стають все більш різноманітними. В даний час drones знайшли широке застосування:

- в інтересах силових структур;
- для контролю прикордонних та важкодоступних територій та об'єктів;
- при організації екологічного моніторингу;
- боротьбі за життя людей та запобіганні катастрофам.

ОГЛЯД СУЧАСНОГО СТАНУ ЄДИНОЇ НАВИГАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ DRONE

6

Підсистеми керування drone виробляють сигнали керування на основі вимірювальної інформації, отриманої від різних датчиків. В якості зовнішніх датчиків вхідної інформації для інерційної навігаційної підсистеми зазвичай використовуються:

датчик-GPS

датчик - доплерівський вимірювач швидкості та кута зносу



ОГЛЯД СУЧАСНОГО СТАНУ ЄДИНОЇ НАВІГАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ DRONE

7

Особливо несприятливі ситуації для роботи датчика - доплерівського вимірювача швидкості та кута зносу виникають коли drone пролітає над рівними льодовими полями та гладкою водною поверхнею. Відображення сигналу датчика - доплерівського вимірювача швидкості та кута зносу від поверхні води або рівного льоду супроводжується розтіканням сигналу по поверхні, що відбиває.

Наприклад, при відображенні радіохвиль від водної поверхні, з'являються великі перешкоди і прийом корисного сигналу супроводжується виникненням похибок, обумовлених:

- хвилями на водній поверхні;
- брижами на водній поверхні;
- течіями;
- зміщенням верхніх шарів водної поверхні під впливом вітру і т.д.

При проектуванні датчика - доплерівського вимірювача швидкості та кута зносу розробники проектують його таким чином, що прийом корисного сигналу має обмеження по висоті польоту drone.

ОГЛЯД СУЧАСНОГО СТАНУ ЄДИНОЇ НАВІГАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ DRONE

8

Аналіз інерційної навігаційної підсистеми drone

Основою в єдиній навігаційній системі drone являється інерційна навігаційна підсистема.

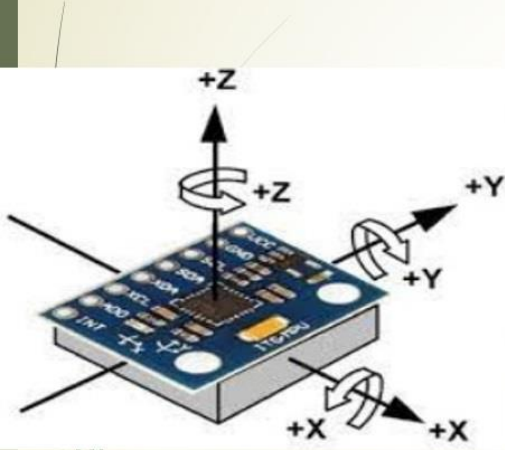


Основний принцип роботи інерційної навігаційної підсистеми drone полягає в отриманні інформації про:

- швидкість drone;
- кути (тангаж, курс, крен) drone;
- місцезнаходження drone.

ОГЛЯД СУЧАСНОГО СТАНУ ЄДИНОЇ НАВІГАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ DRONE

9



На drones, призначених для здійснення тривалих польотів у безпосередній близькості від поверхні Землі широкого поширення набули безплатформні навігаційні підсистеми drones які складаються з:

- акселерометрів, які жорстко кріпляться на корпусі drone;

- вимірювачів кутових швидкостей.

Перевагами безплатформних навігаційних підсистем drones у порівнянні з платформними навігаційними системами drones є:

- велика надійність;

- простота експлуатації;

- велика гама чутливих елементів із великим діапазоном точностей;

- менша вартість.

ОГЛЯД СУЧАСНОГО СТАНУ ЄДИНОЇ НАВІГАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ DRONE

10

Аналіз супутникових навігаційних систем



Система GPS призначена для:

- визначення місцезнаходження;

- визначення швидкості руху;

- обчислення точного часу багатьох динамічних об'єктів, зокрема високоточних drones.

Слід зазначити, що в даний час Європейський проект EGNOS, який використовує сигнали GPS-системи, дозволяє отримувати точність визначення координат на території Європи на рівні від 1,5 до 3 м.

ОГЛЯД СУЧАСНОГО СТАНУ ЄДИНОЇ НАВІГАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ DRONE

11

Аналіз геофізичних полів, що використовуються при функціонуванні системи корекції drone

У світовій практиці активно застосовують датчики, які використовують такі геофізичні поля:

- поле № 1 – рельєф Земної поверхні;
- поле № 2 – видимого та інфрачервоного діапазону;
- поле № 3 – радіотеплове, радіолокаційне поле;
- поле № 4 – аномальне магнітне поле;
- поле № 5 – гравітаційне та аномальне електромагнітне поле.

ОГЛЯД СУЧАСНОГО СТАНУ ЄДИНОЇ НАВІГАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ DRONE

12

Аналіз геофізичних полів, що використовуються при функціонуванні системи корекції drone

Поле № 1 – рельєф Земної поверхні



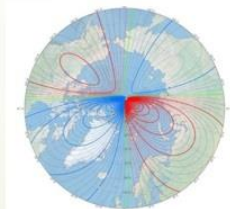
Поле № 2 – видимого та інфрачервоного діапазону



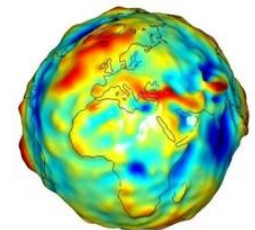
Поле № 3 – радіотеплове, радіолокаційне поле



Поле № 4 – аномальне магнітне поле Землі



Поле № 5 – гравітаційне поле Землі



ПРОВЕДЕННЯ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ МАРШРУТНОЇ КОРЕКЦІЇ SWARM-DRONES

13

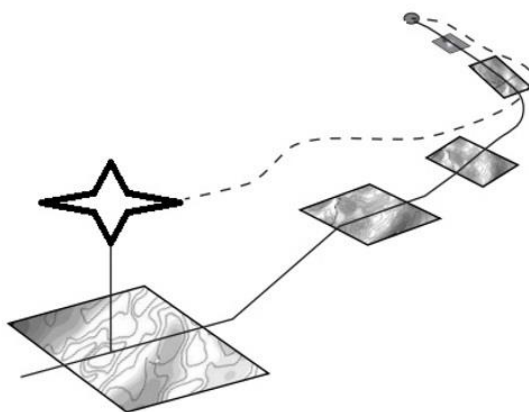
Робота кореляційно - екстремальних систем базується на розпізнаванні об'єкта та визначенні його шуканих характеристик шляхом обробки інформації, представленої у вигляді реалізацій випадкових функцій (полів). Термін кореляційно - екстремальні системи пояснюється тим, що за принципом дії переважна більшість відомих кореляційно-екстремальних систем є системами екстремального управління, в яких для побудови екстремальної залежності використовується властивість кореляційної функції одного або декількох аргументів досягати найбільшої величини при нульовому значенні аргументів. У функціональній схемі кожної кореляційно-екстремальної системи присутні три основні блоки:

- блок моделей, що генерують еталонну інформацію;
- блок обчислення (формування) функціоналу порівняння (зокрема, взаємно-кореляційної функції – ВКФ) еталонної та поточної інформації від датчиків;
- блок визначення екстремуму цього функціоналу.

ПРОВЕДЕННЯ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ МАРШРУТНОЇ КОРЕКЦІЇ SWARM-DRONES

14

Основне завдання кореляційно-екстремальних систем полягає у визначенні поточних координат розташування drone та їх коригуванні за необхідності.



Приклад руху drone по траєкторії маршруту під час використання інформації про рельєф місцевості в районах корекції.

ПРОВЕДЕННЯ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ МАРШРУТНОЇ КОРЕКЦІЇ SWARM-DRONES

15

У кореляційно-екстремальній системі в якості еталонної інформації використовується еталонне зображення (ЕЗ) об'єкта або робочого інструменту в необхідному (програмному) положенні, поточна інформація подається у вигляді поточного зображення (ПЗ) того ж об'єкта або робочого інструменту в поточному дійсному положенні. Таким чином, ЕЗ є моделлю довкілля, що відбиває з точністю до параметрів стан зовнішнього середовища. За допомогою обчислювальних пристроїв визначаються лінійні та кутові неузгодженості зображень еталонного та поточного, які використовуються потім для управління swarm-drones.

Наприклад, поточне зображення описується функцією – $F_1(x_1, y_1)$ еталонне зображення описується функцією – $F_2(x_2, y_2)$, тоді:

$$x_1 = (x_2 - \xi) \cdot \cos \alpha + (y_2 - \eta) \cdot \sin \alpha$$

$$y_1 = (y_2 - \eta) \cdot \cos \alpha + (x_2 - \xi) \cdot \sin \alpha$$

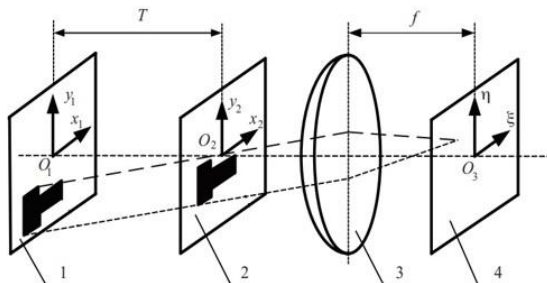
ПРОВЕДЕННЯ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ МАРШРУТНОЇ КОРЕКЦІЇ SWARM-DRONES

16

Тому в кореляційній площині буде відтворюватися зображення порівнюваних зображень поточного зображення та еталонного зображення:

$$J(\xi, \eta, \alpha) = \int_S F_1(x_1, y_1) \cdot F_2(x_2, y_2) ds$$

Пошук координат головного максимуму взаємно-кореляційної функції здійснюється за допомогою алгоритмів адаптації на основі оптичного корелятора Берджера.



Отримання взаємно-кореляційної функції за допомогою оптичного корелятора Берджера, де: 1 – поточне зображення; 2 – еталонне зображення; 3 – лінза; 4 – отримання взаємно-кореляційної функції; T – відстань (по оптичній осі) між площинами поточного та еталонного зображень; f – фокусна відстань лінзи.

ПРОВЕДЕННЯ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ МАРШРУТНОЇ КОРЕКЦІЇ SWARM-DRONES

17

У кваліфікаційній роботі під час виконання маршрутної корекції польоту drone досліджується метод Козко:

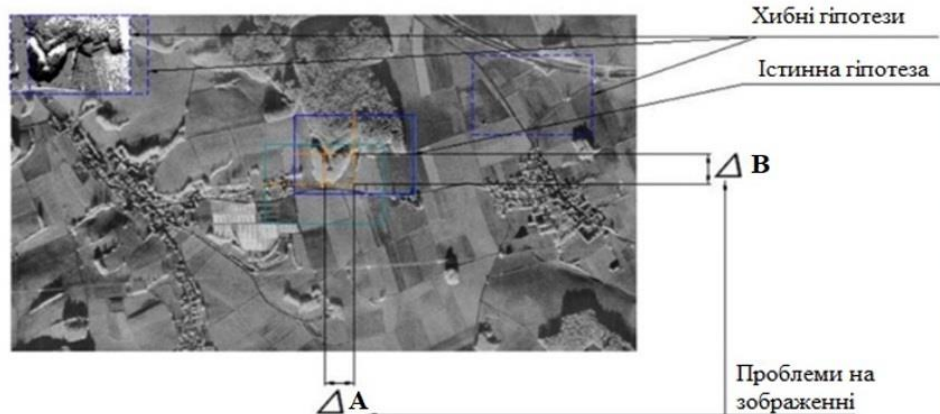
$$F(x,y) = \sum_{i,j \in H} (l \cdot (i+x, j+y) - h \cdot (i, j)) \cdot p$$

Замість опорної ділянки місцевості в алгоритмі як зразок використовується поле кодів, яке визначає належність досліджуваного елемента до окремої однорідної зони. У більшості кореляційних алгоритмів зображення опорної ділянки місцевості апріорно невідоме, оскільки змінюється яскравість.

ПРОВЕДЕННЯ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ МАРШРУТНОЇ КОРЕКЦІЇ SWARM-DRONES

18

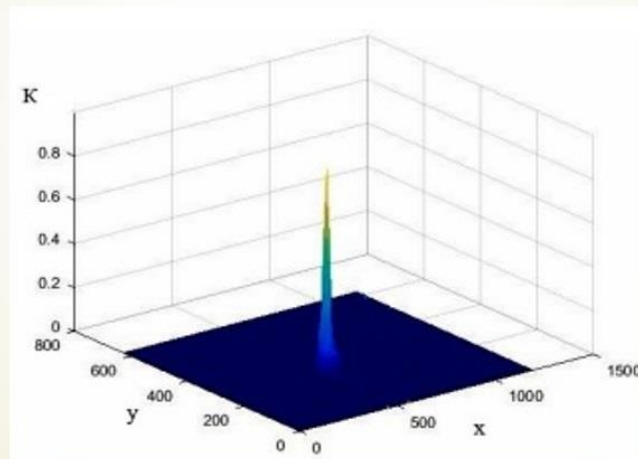
У процесі функціонування алгоритму відбувається переміщення зразка по всьому зображенню (зміщення складає 1 піксель).



ПРОВЕДЕННЯ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ МАРШРУТНОЇ КОРЕКЦІЇ SWARM-DRONES

19

Кожне досліджуване становище еталона на зображенні є гіпотезою. Справжня гіпотеза характеризується екстремумом вирішальної функції. Екстремум визначає місце розташування опорного об'єкта.



ПРОВЕДЕННЯ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ МАРШРУТНОЇ КОРЕКЦІЇ SWARM-DRONES

20

Обчислювальний експеримент проводився за допомогою імітаційного моделювання в середовищі моделювання MATLAB, що обумовлено його функціональністю. На базі цього методу розроблено алгоритм.

Алгоритм складається з наступних кроків:

- крок № 1. Обчислюються можливі значення кутів тангажу, курсу та крену дроне на траєкторії у кожній точці візування;
- крок № 2. Обчислюються ракурси візування шляхом обробки інформації про точки кроку № 1;
- крок № 3. Створюється прогноз зображення на основі тривимірної моделі у спектральному діапазоні;
- крок № 4. Прогнозовані зображення трансформуються в еталони, грунтуючись на алгоритмі розпізнавання з урахуванням дроне, що застосовуються на борту;
- крок № 5. Ракурс візування визначає формування геоприв'язки стандарту;
- крок № 6. Розроблені в процесі виконання алгоритму зразки заносяться до спеціалізованої бази даних спеціально створеної для зберігання еталонів.

АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

21



Control, Navigation and Communication Systems. 2024. No. 1

ISSN 2073-7394

УДК 519.7004.3

doi: 10.26906/SUNZ.2024.1.118

О. Г. Лебедев, О. В. Бондар, С. О. Самоїленко, В. Г. Червко

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПІДХОДІВ ДО РОЗРАХУНКУ КІЛЬКІСНОЇ ОЦІНКИ ЖИВУЧОСТІ DRONES

Анотація. На сьогоднішній день живучість відображає стійкість до деструктивних впливів як окремих підсистем drone, так і drone загалом. Така живучість закладена в алгоритмічну частину підсистем drone і дозволяє у разі виникнення нештатних ситуацій змінювати послідовність роботи підсистем drone. При вирішенні задачі аналізу та синтезу елементів підсистем drone, оперують кількісною оцінкою живучості. Це необхідно для визначення, з якою ймовірністю відмови окремих елементів будь-якої підсистеми drone призведуть до пошкодження drone. В даний час серед розробників drones не існує єдиної думки для визначення кількісної оцінки живучості drones. Дуже багато залежить від архітектури підсистем drone, їх взаємодії між собою та взаємодії їх елементів між собою. Ця стаття присвячена дослідженню підходів до розрахунку кількісної оцінки живучості drones на етапі проектування.

Ключові слова: «Swarm-bot» - system, «s-bot», живучість, безпека, надійність, невразливість, стійкість, реінжиніринг, комунікація, nano-drone.

Вступ

Постановка проблеми. Останнім часом з'явився термін drone, що означає відсутність пілота на його борту (рис. 1). Це вимагає від drone певної автономності.



Рис. 1. Приклад drone

drone, автоматичне керування drone, яке має бути активоване або деактивоване оператором drone. Четвертий рівень автономії – це повністю автономний drone. Такий drone приймає команди, що вводяться оператором, і переводить їх у конкретні завдання без подальшої взаємодії з оператором. Але у разі виникнення нештатної ситуації оператор може втрутитися в процес виконання drone поставленого завдання.

При визначенні до якого класу належить drone, одним з базових показників є розмір та вага drone.

Сучасні технології дозволили drones знаходитися в дуже широкому діапазоні розмірів і являти собою або невелику комаху з вагою в кілька грам – сучасний nano-drone (рис. 2), або бути

ВИСНОВКИ

22

ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ було досліджено метод Козко для розробки на його основі алгоритму маршрутної корекції польоту swarm-drone.

В КВАЛІФІКАЦІЙНІЙ РОБОТІ ВИРІШЕНІ ТАКІ ЗАДАЧІ:

- ❖ проведено огляд сучасного стану єдиної навігаційної системи drone;
- ❖ проведено імітаційне моделювання маршрутної корекції swarm-drones.