

УДК 681.5.015:629.7.05

ЖЕЖЕРА І.В., асистент кафедри Електроніки і мехатроніки Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського "ХАІ", аспірант

ПОСТНІКОВ В.М., доцент кафедри Електроніки і мехатроніки Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського "ХАІ", кандидат технічних наук

ФІРСОВ С.М., доцент кафедри Електроніки і мехатроніки Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського "ХАІ", доктор технічних наук

АВТОМАТИЧНА СИСТЕМА ОРІЄНТАЦІЇ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ З ОПТИЧНОЇ КОРЕКЦІЄЮ

Цілями даної роботи є: розробка автоматичної системи орієнтації безпілотного літального апарату підвищеної точності з можливістю безвідмовної роботи в складних метеорологічних умовах. В роботі описано підхід в реалізації оптичної корекції з використанням методів технічного зору та нечіткої логіки, наведені результати експериментального дослідження системи.

Ключові слова: бортова інерціальна навігаційна система, безпілотний літальний апарат, корекція, МЕМС, технічний зір, розпізнавання образів, нечітка логіка, орієнтація.

Формування проблеми. Аналіз існуючих і перспективних автоматичних систем управління літальними апаратами демонструє, що на сьогоднішній день існує тенденція активного застосування пристроїв подібного роду з огляду на різке підвищення вимог до спектру можливостей малогабаритних автономних літальних апаратів. Підвищення ефективності та безпеки застосування подібних апаратів, у військових і цивільних цілях, пов'язане з розробкою автономних систем управління, що діють без участі оператора у випадку часткової втрати працездатності.

Актуальність теми. На сьогоднішній день застосування технології мікромеханічних (МЕМС) датчиків є перспективним для вирішення вищезазначених завдань, проте зазначені переваги не забезпечують її застосування в автономному режимі роботи, так як точність роботи бортових інерціальних навігаційних систем (БНС) безпосередньо залежить від часу, що визначає незначні тимчасові інтервали її застосування в такому виконанні.

З метою усунення зазначених недоліків сигнали БНС з певною періодичністю коригуються за даними глобальної системи позиціонування, які, в свою чергу мають нестійкість у роботі, пов'язану з неповнотою побудови супутникового сузір'я через наявність штучних та природних перешкод, наявності магнітних аномалій,

неоднорідності повітряного середовища і ряду інших факторів. Отже, на сьогодні є актуальним розробка моделей і методів корекції БНС на основі вимірювачів, які не підпадають під вплив вказаних факторів, до числа яких відносяться оптичні системи, і їх реалізація цих систем у вигляді додаткового контуру оптичної корекції БНС [1].

На відміну від існуючих кореляційних систем, система оптичної корекції є не ресурсомісткою, легко інтегрується в існуючі навігаційні системи, не прив'язана до певної висоти польоту безпілотної літальної апарату (БПЛА).

Формування навігаційних параметрів БПЛА. Для вирішення завдання визначення параметрів просторового положення центру мас об'єкта управління з використанням контуру оптичної корекції стає можливим при застосуванні адаптивної нечіткої системи орієнтації. Вимірювальним пристроєм системи орієнтації є камера, яка поміщена в двоступеневий карданний підвіс, оснащений системою кутової стабілізації [6].

Навігаційні параметри руху БПЛА, формуються на підставі результатів обробки кадрів відео потоку шляхом їх дешифрування і подальшої інтерпретації. У процесі автоматичного дешифрування виконується автоматичне розбиття цифрових зображень згідно з заданими ознаками (або сукупністю ознак) на однорідні змістовно інтерпретовані області (класифікація). Цей спосіб заснований на встановленні і використанні кореляційних зв'язків між властивостями об'єкта і статистичними характеристиками [2]. Для цього також використовуються яскравісні, кольірні і геометричні ознаки об'єктів.

Наступним етапом є виявлення і розпізнавання образів – визначення належності об'єкта до одного з класів. Образами є об'єкти геоорієнтування: будинки, дороги, лінії електропередач, лісосмуги і т.д. У зв'язку зі складністю математичного опису характеру образу, необхідне впровадження адаптивної складової до спектру відхилень ознак об'єкта від закладених в алгоритм [3,4,8...11]. Для цього, усі розпізнані об'єкти інтегруються у динамічну маску об'єктів, геопросторове значення якої визначається за збігом екстремумів з маскою об'єктів, розташованих на лінії передбачуваного маршруту. Сигнал корекції обчислюється за допомогою перетворення системи координат з топоцентричної в геоцентричну.

Так як земна поверхня неоднорідна, а об'єкти орієнтування відрізняються один від одного, то необхідно використання адаптивної складової для виконання реконфігурації алгоритму розпізнавання об'єктів. Тобто під час пошуку потрібних складових, алгоритм повинен автоматично добудовувати контур окремих об'єктів, робити фільтрацію кадрів, змінювати контрастність зображення при умовах низького освітлення місцевості, робити кластеризацію оброблених даних.

Адаптивна нечітка система орієнтації являє собою дворівневу систему з нечітким контролером на підпорядкованому виконавчому рівні і нечітким блоком адаптації на провідному координаційному рівні.

При реконфігурації системи в поточній ситуації і неповному забезпеченні необхідної якості показань, блок адаптації координаційного рівня, проводить корекцію продукційних правил нечіткого контролера виконавчого рівня. Безпосередню зміну бази правил нечіткого контролера виконавчого рівня здійснює коректор бази правил. На координаційному рівні відбувається нечітка оцінка управління і, при необхідності, корекція бази продукційних правил нечіткого

контролера, тобто виконується інтелектуальна оцінка і корекція поведінки системи управління, яка визначається у вигляді нечітких продукцій на виконавчому рівні. При синтезі системи з використанням нечіткого контролера, основна частка роботи випадає на конструювання бази нечітких продукційних правил. Вхідні змінні, що характеризують стан об'єктів георієнтування, піддаються фазифікації і використовуються при безпосередньому вирішенню просторового положення на виконавчому рівні і в системі нечіткого виводу координатного рівня, що містить базу нечітких продукційних правил. Для формування бази правил використовується метод попереджувального нейронного управління. Першим етапом є тренування нейронної мережі для відображення майбутньої динаміки об'єкту. Помилка між виходом об'єкта і виходом нейронної мережі використовується як тренувальний сигнал для нейронної мережі.

Проведення польотних випробувань проводилося при різних погодних умовах за однією траєкторією для отримання фактів відхилення від заданого маршруту. У якості еталону використовується політ по маршруту під час хороших погодних умов (відсутність хмарності й опадів).

Описані методи й алгоритми використовувались при проведенні випробувань при різних погодних умовах: під час ясної погоди, опадів у вигляді снігу і дощу. За даними експериментів були отримані результати, які представлені на рисунках нижче.



Рис.1. Відображення показань точності при польоті по заданій дистанції без використання системи орієнтації з контуром оптичної корекції



Рис.2. Відображення показань точності при польоті по заданій дистанції з використанням системи орієнтації з контуром оптичної корекції

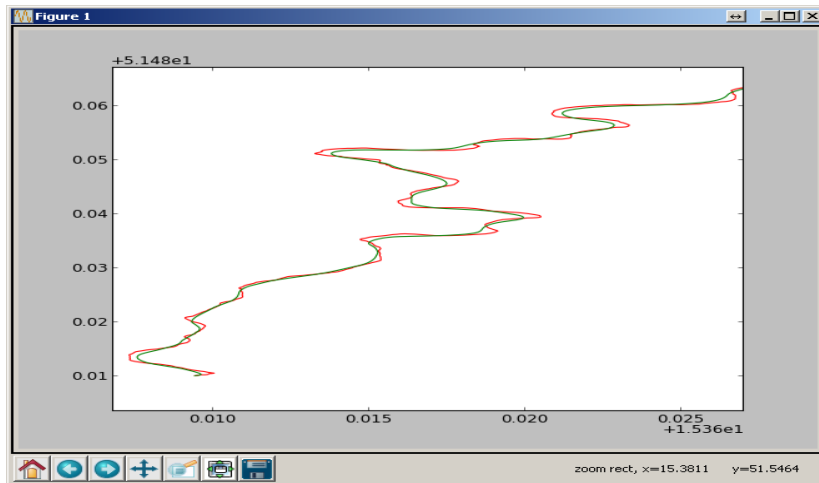


Рис.3. Відображення роботи алгоритму обчислення просторового положення

Результатом роботи даної системи є реконфігурація математичного апарату обчислення просторового положення з урахуванням ступеня довірливості вимірювальних пристроїв, з покладанням на мажоритарний і стохастичний принципи з подальшим формуванням сигналу корекції для корекції, в свою чергу, просторового положення апарату.

ЛІТЕРАТУРА

1. Чернов А.В. Автоматическое распознавание контуров зданий на картографических изображениях [Текст]/, А.В. Чернов, Н.В. Чупшев //, Институт систем обработки изображений, Самарский государственный аэрокосмический университет, “Компьютерная оптика, том 31” N4: – 101– 103с.
2. Зайченко Ю.П. Применение нечеткого классификатора NEFCLASS к задаче распознавания зданий на спутниковых изображениях сверхвысокого разрешения [Текст]/, Ю.П. Зайченко, С.В. Дьяконова//, Вісник НТУУ “КПІ” “Інформатика, управління та обчислювальна техніка” N54 – С 31– 35.
3. Гонсалес Р. “Мир цифровой фотографии” [Текст], Р. Вудс, Техносфера, Москва – 2005.
4. Шибанов Г.П. Распознавание в системах автоконтроля [Текст] / Г.П. Шибанов, Ф.Е. Темников // “Машиностроение”, Москва – 1973.
5. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств: Пер. с франц.–М.: Радио и связь, 1982, 432 с.
6. Распопов В.Я. “Микросистемная авионика” [Текст], Тула – 2010.
7. Фирсов С.Н. Бесплатформенная навигационная система малогабаритного беспилотного летательного аппарата [Текст] / С.Н. Фирсов, И.В. Жежера // 8. 7-я Международная научно-практическая конференция, 17-19 сентября 2014 г. – З., 2014. – С. 243 – 244.
9. Джулгаков В.Г. Малогабаритные автономные беспилотные Комплексы кафедры СУЛА: история и сегодняшние высоты [Текст] / В.Г. Джулгаков,

- И.В. Жежера, С.Н. Фирсов // Авиационно-космическая техника и технология. – 2014. – Вып. 4 (111). – С. 84-96.
10. Жежера И.В. Малогабаритная бесплатформенная инерциальная навигационная система автономного летательного аппарата с коррекцией от спутникового навигационного приемника [Текст] / И.В. Жежера, Уисам Будибба, С.Н. Фирсов // Авиационно-космическая техника и технология. – 2014. – Вып. 1 (108).
 11. Жежера И.В. Система оптической коррекции навигационных параметров беспилотного малогабаритного летательного аппарата [Текст] / И.В. Жежера., С.Н. Фирсов // Українська науково-технічна конференція “Авіакосмічне приладобудування” - Київ., 2014 – С. 74-76.
 12. Жежера І.В. Оптическая система ориентации беспилотного летательного аппарата [Текст] / І.В Жежера., С.Н. Фирсов, Уисам Будибба // Материалы XV научно-практической конференции “Современные научные исследования” - Черновцы, 2014. – С. 6-8.

Надійшла до редакції 27.10.2015.