

УДК 621.396

Герасимов С.В., докт. техн. наук, професор
Чернявський О.Ю.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», gsvnr@ukr.net

МОДЕЛЮВАННЯ ТРАЄКТОРІЙ РУХУ БЕЗПІЛОТНОГО ЛЕТАЛЬНОГО АПАРАТУ ПРИ ДИСТАНЦІЙНОМУ ЗОНДУВАННІ ЗЕМЛІ

Сьогодні широко застосовуються безпілотні летальні апарати у різних галузях народного господарства. Не залишилась без уваги безпілотних літальних апаратів і картографія. Основною задачею картографії є дослідження способів зображення сферичної поверхні, насамперед Земної, на плоскій (наприклад, аркуші паперу), для чого розроблено теорію картографічних проєкцій. При цьому актуальним постає питання моделювання траєкторії руху безпілотного летального апарату при дистанційному зондуванні поверхні для створення актуальної картографічної картини поверхні.

Тому, завдання, які спрямовані на досягнення високого рівня точності прокладання маршруту руху, повинні бути реалізовані за рахунок використання ефективних методів обробки інформації та врахування впливу нерегулярності фігури планети Земля. Слід відмітити, що ускладнення алгоритмів моделювання траєкторій руху доцільно тільки при незначних інструментальних похибках навігаційних систем безпілотних літальних апаратів, які забезпечуються сьогодні лише в ряді випадків сумісного використання інерційних систем навігації та систем супутникової навігації (наприклад, за сигналами GPS) [1, 2].

Призначенням навігаційної системи або комплексу навігаційних систем безпілотного летального апарату при дистанційному зондуванні поверхні є вироблення вектору параметрів навігації за результатами проведення вихідних вимірювань і їх подальшої обробки. Отриманий вектор параметрів навігації використовується у подальшому при моделюванні траєкторій руху безпілотних літальних апаратів для забезпечення адекватної інформації, яку отримано за результатом зондування. Крім зазначених параметрів навігаційні системи забезпечують вироблення й іншої інформації виходячи із призначення поточного зондування поверхні: інформація про відхилення картографічного зображення місцевості від заданої точки прив'язки, при зміні місцевості (появи або зникнення об'єктів), інформація про положення об'єкта відносно точок прив'язки тощо.

Вимоги до точності моделювання маршруту руху безпілотного літального апарату можуть істотно відрізнитися для різних задач зондування поверхні із врахуванням потрібного обсягу та складності навігаційного обладнання.

Як правило, до складу навігаційної системи безпілотного літального апарату при зондуванні поверхні входять системи безперервної дії:

система зчитування координат, яка використовує вимірювач швидкості та курсу та здійснює інтегрування проєкцій вектору швидкості на горизонтальні осі географічної системи координат [2];

інерціальна система, чутливими елементами якої є вимірювачі прискорень (акселерометри) і гіроскопи [3].

Використання наведених систем відбувається не тільки через безперервність їх дій, а і через її автономність, тобто відсутністю контактів з будь-якими зовнішніми джерелами інформації (наприклад, сигналами GPS), а й можливістю розрахунку потрібних складових вектору основних навігаційних параметрів.

Інерціальні навігаційні системи є основою навігаційних комплексів сучасних безпілотних літальних апаратів. Таку якість пов'язано з тим, що навігаційні системи дозволяють отримати інформацію про потрібні навігаційні параметри руху безпілотних літальних апаратів:

- кути курсу, диференту, крену;
- значення прискорення, швидкості руху;
- координати місця об'єкта на місцевості (точки прив'язки).

При цьому інерціальна навігаційна система автономна, тобто не вимагає ні якої додаткової інформації ззовні. Завдяки можливості визначати кутове положення об'єкту на місцевості з високою точністю в будь-якому діапазоні кутів і з високою частотою видачі інформації, інерціальні навігаційні системи рекомендовано для безпілотних літальних апаратів при зондуванні поверхні [3].

Отже, сформульовано основні вимоги, які пред'являються до систем навігації при моделюванні руху безпілотних літальних апаратів: високу точність; автоматичний режим роботи; стійкість до дії радіотехнічних завад; всепогодність застосування.

Але, на даний час для всепогодної навігації літальних апаратів широко застосовуються приймачі сигналів супутникових навігаційних систем. Проте апаратура прийому супутникової інформації не відповідає вимогам щодо завадозахищеності та точності при впливі радіотехнічних завад. Отже, при моделюванні руху безпілотних літальних апаратів пропонується розглядати сумісну навігаційну систему – інерціальну та супутникову.

Проведено оцінювання впливу похибки маршруту руху, яку обумовлено помилками розрахунку радіусів кривизни еліпсоїда. Встановлено залежність похибки інерціальної системи від помилки обчислення радіусів кривизни. Обґрунтовано, що при використанні лінеаризації радіусів кривизни еліпсоїда можна вважати відсутніми інші джерела похибок інерціальної системи навігації. Такий висновок отримано при використанні наближеної моделі, яка передбачає повільне змінення похибок обчислення радіусів кривизни еліпсоїда порівняно із динамікою контуру побудови вертикалі для даного випадку розташування безпілотного літального апарату як об'єкта спостереження та об'єкта зондування на поверхні.

Помилки моделювання руху викликані похибкою визначення радіусів кривизни поверхні, їх поділяють на дві групи. Перша група пов'язана з маневруванням об'єкта спостереження на поверхні, при цьому вплив збурень на вертикаль носить короткочасний, імпульсний характер. Друга група характеризується повільно змінними збуреннями при русі безпілотного летального апарату та характеризується виникненням систематичних похибок вертикалі.

Розрахунки показали, що використання моделі сферичної Землі призводить до похибки вертикалі близько (2 – 3)" , але врахування систематичної складової зменшує похибку до рівня менш 0,1". Отже, прецизійна система розрахунку параметрів навігації та формувач інерційної вертикалі (в інтересах зниження похибки, яка виникає при маневрі) повинні використовувати оцінку радіусів кривизни із похибкою близько 400 м.

Проведено оцінювання точності моделювання руху безпілотних літальних апаратів при зондуванні поверхні із сумісним використанням інерціальної та супутникової систем. При заданих значеннях кутових похибок у визначенні положення об'єкта на місцевості (точка прив'язки) на рівні 1; 2; 3" дає помилку у визначенні координат на рівні (0,1; 0,2 і 0,3)" відповідно, що є на (10-12)% краще від існуючих інерціальних систем.

Список посилань

1. Герасимов, С.В. Модель оцінки похибки обробки інформації у навігаційних системах крилатих ракет в умовах невизначеності [Текст] / С. В. Герасимов // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2019. – № 2 (35). – С. 151-157. – <https://doi.org/10.30748/nitps.2019.35.19>.
2. Герасимов, С.В. Модель похибок навігації в аномальному гравітаційному полі землі [Текст] / С. В. Герасимов, Д. В. Макарчук, О. І. Костенко // Зб. наук. пр. Харківського національного університету Повітряних Сил. – 2018. – Вип. 3 (57). – С. 109-114. – <https://doi.org/10.30748/zhups.2018.57.16>.
3. Герасимов, С.В. Теоретические основы оценки ошибок значений сигналов с гармонически меняющимися параметрами [Текст] / С. В. Герасимов, Е. С. Рощупкін // Озброєння та військова техніка. – 2018. – Вип. 2 (18). – С. 43-49.