

АВТОМАТИЧНА ОГЛЯДОВО-ПОРІВНЯЛЬНА НАВІГАЦІЙНА СИСТЕМА

Одними із найбільш перспективних сьогодні являються оглядово-порівняльні методи навігації. Основним елементом таких систем є людина, яка виконує кінцеве визначення місцеположення літального апарата. Автоматичні навігаційні системи на основі оглядово-порівняльних методів навігації являються перспективними для застосування в пілотажно-навігаційних комплексах сучасних повітряних суден.

Один з найдавніших методів навігації - оглядово-порівняльний – має особливе значення для сучасних літальних апаратів. Сучасні оглядово-порівняльні системи забезпечують інтегральне відтворення повної сукупності навігаційних даних, взаємодіють із бортовими цифровими обчислювальними машинами, коректують інші датчики навігаційної інформації й виявляються найважливішою інформаційною ланкою системи «літальний апарат - екіпаж» [1].

Незважаючи на різноманіття технічної реалізації, суть оглядово-порівняльних методів навігації полягає у визначенні місцезнаходження повітряного судна шляхом порівняння місцевості, зображеної на карті або пам'яті обчислювальної машини, з її фактичним виглядом, спостережуваним за допомогою бортових оглядових пристроїв (телевізійних візирів, радіолокаційних систем та ін.) або візуально. Якщо зображення місцевості на карті й спостережуваному її вигляді збігаються, то місцезнаходження об'єкта вважається впізнаним, а координати його визначені.

Перевагами оглядово-порівняльних методів навігації є:

- висока вірогідність і точність вимірів;
- відсутність накопичувальних похибок;
- можливість проводити виміри в будь-яких районах Землі й навколоземного простору;
- високий рівень інформаційної надмірності вимірів;
- можливість використання неавтоматизованих (візуальне орієнтування) і автоматизованих засобів вимірювання.

Однак, в запровадженні оглядово-порівняльних методів існують недоліки й обмеження. Виміри можливі тільки при видимості поверхні Землі або орієнтирів. Вплив перешкод - хмарності, туманів, недостатньої освітленості - може істотно знизити ефективність оглядово-порівняльної навігації. Крім того, при польотах над місцевістю без орієнтирів (моря, пустелі й т.д.) цей вид навігації потребує наявності додаткових яскраво-виражених штучних орієнтирів з відомим місцеположенням.

Навігаційний зміст оглядово-порівняльних методів вимірювань визначається виглядом орієнтирів і їхньою кількістю. В одно-орієнтирних системах здійснюється порівняння фізичних параметрів еталонного орієнтира (площа, геометричні форми, спектр випромінювання й ін.), закладених в пам'ять системи, з вимірюваними параметрами реального об'єкта.

У багато-орієнтирних системах одночасно використовується кілька орієнтирів. У пам'яті таких систем зберігаються відомості не тільки про фізичні параметри окремих орієнтирів, але й координати їхнього взаємного положення. Перевагою багато-орієнтирних систем є великий обсяг навігаційної інформації, менша залежність від втрати частини інформації про орієнтири і впливу перешкод. Однак для реалізації таких систем необхідно мати потужну електронну обчислювальну техніку.

Реалізація оглядово-порівняльних методів навігації зводиться до виконання задачі розпізнавання орієнтирів (наземних або астрономічних) порівнянню їх з еталонними

орієнтирами, місцеположення яких відоме, та відносно цих орієнтирів встановити координати літального апарату.

Сучасний етап розвитку науково-технічного прогресу визначає автоматичне розпізнавання об'єктів одним із пріоритетних напрямків досліджень для створення та удосконалення автоматичних оглядово-орієнтирних навігаційних систем. Багато уваги проблемам технічного зору в сучасних авіаційних системах приділяють російські науковці [2], які розглядають можливості застосування автоматичних систем розпізнавання наземних об'єктів для полегшення роботи екіпажу в режимі заходу на посадку в складних умовах. Зокрема Московський державний науково-дослідницький інститут авіаційних систем та Рязанський державний радіотехнічний університет розглядають можливості застосування різноманітних типів датчиків апріорної інформації для систем технічного зору.

В залежності від фізичної природи сприйнятих сигналів датчики оглядово-порівняльних систем навігації діляться на: оптичні (інфрачервоні (тепловізійні), телевізійні (яскравісні), лазерні), радіаційні та радіотехнічні.

Оптичні датчики (інфрачервоні та телевізійні) в основному пасивного типу. Телевізійні (яскравісні) датчики виділяють ознаки на основі різниці яскравостей між об'єктом та навколишнім середовищем. Недоліками телевізійних систем навігації є технічна складність, велика чутливість до перешкод і обмеження у видимості орієнтирів. Телевізійна система може нормально працювати тільки при оптичній видимості орієнтирів і при їх достатньому освітленні.

Інфрачервоні (тепловізійні) датчики виділяють ознаки на основі перепаду теплового (інфрачервоного) контрасту між об'єктом та навколишнім фоном. Інфрачервоне випромінювання енергії відповідає довжинам хвиль 700...300000 нм і розташоване в частині спектра, невидимої для людського ока. Інфрачервоні прилади мають високу інерційність і обмеженість по дальності дії. Туман або дощ обмежують їхнє ефективне застосування, а хибне джерело випромінювань може викликати значне відхилення літального апарата від траєкторії руху.

Радіаційні датчики мають складну конструкцію та технічну реалізацію, тому в якості датчиків оглядово-порівняльних систем не розглядаються.

В радіолокаційних датчиках виділення ознак виконується на основі обробки електромагнітних сигналів, відбитих від об'єктів. Радіолокаційні датчики бувають активного або напівактивного типу. Для радіолокації використовуються радіохвилі в діапазоні довжин хвиль порядку 1...3 см. Саме для таких радіохвиль атмосфера Землі повністю прозора. Більше короткі хвилі помітно поглинаються молекулами кисню й водяних парів. Використання довгохвильових випромінювачів вимагає наявності на борту антен великих розмірів.

З використанням лазерних датчиків можливе створення лазерних локаційних систем, що виділяють ознаки на основі побудови двовимірних (2D) та тривимірних (3D) зображень об'єктів [3]. Лазерні датчики можуть бути активного або напівактивного типу.

Усі перелічені типи датчиків відрізняються кількістю отримуваної за їхньою допомогою інформації, яка в подальшому може бути використана для автоматичного розпізнавання об'єктів, складністю отримання інформації, що залежить від об'єму обчислень, кількості та складності алгоритмів, технічного обліку пристроїв і оперативністю використання отриманої інформації. Якісна характеристика датчиків зображена на рис. 1.1 [4].

Порівняльний аналіз датчиків свідчить, що максимальну кількість інформації можна отримати від телевізійних та тривимірних лазерних датчиків, але вони мають складну систему вилучення інформації. Найбільш просто вилучається інформація інфрачервоними датчиками, але з урахуванням впливу перелічених факторів, цієї інформації може бути не достатньо для правильного розпізнавання. Радіолокаційні датчики мають максимальну можливість реалізації, так як дозволяють виявляти об'єкти та виділяти їх ознаки на відстанях у декілька десятків

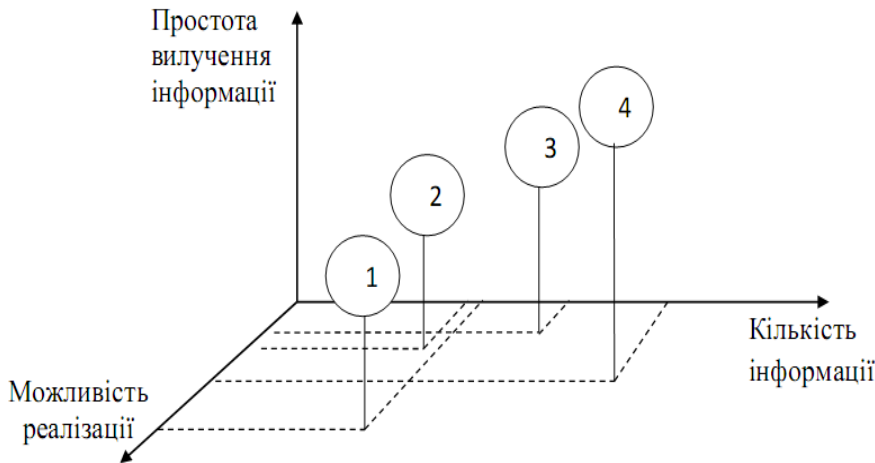


Рис. 1.1. Порівняльний аналіз датчиків систем розпізнавання об'єктів:
 1 – радіолокаційні датчики; 2 – інфрачервоні датчики;
 3 – телевізійні датчики; 4 – лазерні тривимірні (3D) датчики.

кілометрів, але отриманої інформації може бути не достатньо для автоматичного розпізнавання. Аналіз досягнень в області формування тривимірних зображень і створення на їх базі автоматичних розпізнавальних пристроїв показує, що найбільш перспективними є лазерні системи формування тривимірних зображень [5].

Для реєстрації тривимірних (3D) зображень застосовують, як правило, активні пристрої

відображення, до яких відноситься ладар (LADAR) – лазерний пристрій відображення тривимірного простору і тривимірної форми об'єкту спостереження [6]. Основними властивостями ладара, що підвищують ефективність оптичних систем відображення, є:

- якість 3D зображення не залежить від величини контрасту, який може дорівнювати нулю, і від змін фонові обстановки;
- 3D зображення містить метричну інформацію про тривимірну форму і розміри об'єкта спостереження, що є основними ознаками при його розпізнаванні;
- можливість роботи в умовах поганої видимості, при низькій прозорості атмосфери і при впливі світлових перешкод;
- достатньо велика дальність дії.

Для формування тривимірних зображень об'єктів та подальшого їх розпізнавання необхідно визначити ознаки, які можна вилучити на основі тривимірних зображень та які найбільш повно характеризують розпізнавані об'єкти. Аналіз ознак наземних об'єктів проведений за критерієм корисності показує, що найбільш інформативними ознаками, які не залежать від типу датчика, є геометричні ознаки (розмір, площа, конфігурація, об'єм і т. д.). Використання для виділення геометричних ознак лазерних датчиків, що формують тривимірні зображення об'єктів, є найбільш доцільним з точки зору простоти отримання максимальної кількості інформації за мінімальний проміжок часу.

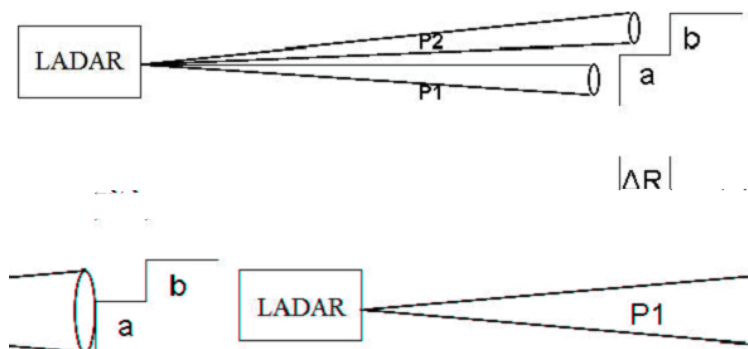


Рис. 1.2. Принцип формування тривимірних зображень ладаром

Принцип формування тривимірних зображень полягає у наступному (рис. 1.2). Вимірювання відстані (R) в лазерних системах (з урахуванням швидкості світла $c=3 \cdot 10^8$ м/с) фіксується часом (t) проходження випромінювання від передавача до приймальної системи $t=2R/c$. Якщо об'єкт має просторову форму відстань до його елементів форми (a ; b) буде різною ($R1$ та $R2$) і буде фіксуватися різними елементами матричного приймача випромінювання ($P1$ та $P2$ відповідно). Тому при

опроміненні об'єкта імпульсами наносекундної тривалості ступінь його просторовості може характеризуватися різницею відстаней до кожного елемента форми $\Delta R=(R_2-R_1)$. Час проходження випромінювання для кожного елемента форми буде складатися із часу (t) що характеризує мінімальну відстань до об'єкта (R_1) – це дальність до об'єкта, та часового проміжку (τ) що характеризує відстань (ΔR) між елементами форми об'єкта (a; b) – тобто його просторову складову:

$$t + \tau = 2(R + \Delta R)/2,$$

$$\text{де } \tau = 2\Delta R/c.$$

Таким чином фіксуючи кожним елементом приймача випромінювання часовий проміжок ладар дає змогу отримати тривимірне цифрове зображення земної поверхні з розміщеними на ній орієнтирами. В подальшому оглядово-порівняльна навігаційна система порівняє отримане зображення з еталонним і у випадку співпадіння дозволить із імовірністю близько 90% визначити координати повітряного судна.

Існують деякі різновиди оглядово-орієнтирних навігаційних систем. Це кореляційно-екстремальна навігаційна система робота якої заснована на використанні кореляційних зв'язків між реалізаціями випадкових функцій для визначення навігаційних параметрів наземних об'єктів (координат, розмірів, орієнтації) за допомогою відшукування екстремума кореляційної функції. Та інтегральна оглядово-порівняльна комплексна системи робота якої заснована на встановленні на борту одночасно декількох оглядово-порівняльних систем, що сприймають картини місцевості і навколишнього простору датчиками з різними фізичними принципами обробки інформації. Інтегральні системи відображення пред'являють екіпажу навігаційну інформацію від безлічі датчиків, синтезують оперативні, командні, контрольні й інші дані, необхідні для виконання завдань навігації.

Висновки

Реалізація автоматичних оглядово-порівняльних навігаційних систем зводиться до виконання задачі розпізнавання наземних орієнтирів, порівнянню їх з еталонними орієнтирами, місцеположення яких відоме, та відносно цих орієнтирів встановити координати літального апарату.

Розпізнавання наземних об'єктів в таких системах найбільш доцільно може бути реалізоване 3D датчиками на основі ладара, який формує цифрове тривимірне зображення земної поверхні. Отримане 3D зображення може застосовуватись для автоматичного виявлення наземних орієнтирів та визначення їх геометричних ознак, необхідних для виконання завдання автоматичного розпізнавання.

Автоматичні навігаційні системи на основі оглядово-порівняльних методів навігації являються автономними та перспективними для застосування на сучасних повітряних суднах. Основними перевагами таких систем є висока точність вимірів, відсутність накопичувальних похибок, можливість використання автоматизованих засобів вимірювання.

Література

1. Шивринский В. Н. Бортовые вычислительные комплексы навигации и самолётовождения: конспект лекций,. - Ульяновск: УлГТУ, 2010. - 148 с.
2. Техническое зрение в системах управления мобильными объектами-2010: Труды научно-технической конференции-семинара. Вып. 4. - М. : КДУ, 2011. - 328 с.
3. Flight International, 1989, 22IV, v. 135, № 4166, p. 13.
4. Microprocessing and Microprogramming, 1989, VIII, v. 27, № 1-5, p. 143-146.
5. Aviation Week and Space Technology, 23/XI, 1987, № 21, v. 127, с 24 - 29.
6. Richmond R.D., Cain S.C. Direct-Detection LADAR Systems, SPII, Washington. 2010.