

К.О. Грицай
(Національний авіаційний університет, Україна)

Удосконалення систем керування БПЛА за несприятливих погодних умов

У доповіді розглядається вплив несприятливих погодних умов на безпеку та ефективність безпілотного літального апарату під час польоту. Запропоновано шляхи вдосконалення систем керування БПЛА, включаючи впровадження інерційних навігаційних систем, використання адаптивних алгоритмів, алгоритмів уникнення перешкод.

Безпілотні літальні апарати стають все більш поширеними у різних сферах діяльності – від військових операцій до цивільного застосування, включно з доставкою товарів, моніторингом територій та рятувальними операціями. Проте, експлуатацію БПЛА в несприятливих погодних умовах, таких як сильний вітер, дощ, низькі температури або туман, залишається складною технічною проблемою. Погодні умови можуть істотно вплинути на стабільність польоту, точність керування та надійність систем навігації.

Системи керування безпілотними літальними апаратами є ключовим елементом для забезпечення їх надійної та безпечної роботи. Вони відповідають за навігацію, стабільність польоту, виконання місії та взаємодію з операторами. Системи керування БПЛА складаються з апаратної частини (датчики, контролери, двигуни) та програмної частини (алгоритми керування, обробка даних з сенсорів).

Для безпечного польоту використовують різні навігаційні системи. Одна із основних це глобальна система позиціонування (GPS), яка забезпечує точне визначення координат літального апарату. Проте у складних погодних умовах або в районах з поганим покриттям сигналу GPS може працювати нестабільно. Також використовують інерційні навігаційні системи (INS). Це гіроскопи та акселерометри, які застосовуються для обчислення положення та руху БПЛА на основі його прискорення та кутової швидкості. Ця система не залежить від зовнішніх джерел сигналу і особливо важлива в умовах обмеженої видимості або відсутності GPS.

Поєднання цих двох основних систем (GPS та INS) дозволить суттєво підвищити точність навігації, особливо в екстремальних умовах, де кожна система компенсує недоліки іншої.

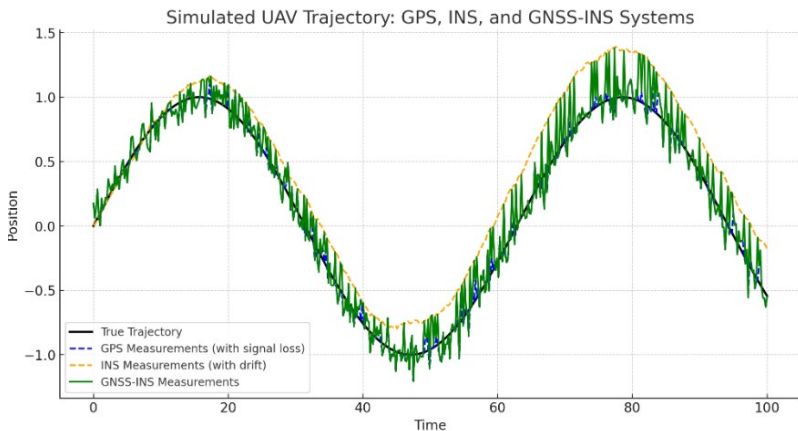


Рис.1 Графік симуляції траєкторії безпілотного літального апарата за допомогою трьох систем навігації: GPS, INS, та GNSS-INS.

На графіку чорною лінією представлено ідеальну траєкторію руху БПЛА. Синя лінія демонструє роботу GPS, що піддається впливу несприятливих погодних умов із втратами сигналу. Помітні "провали" та неточності. Помаранчева лінія показує інерційну систему навігації, яка не залежить від сигналу, але поступово накопичує похибку через дрейф. Зелена лінія — це поєднання GPS та INS, що забезпечує більш точні дані навіть за умов втрат сигналу GPS. Вона дозволяє компенсувати недоліки кожної з систем, забезпечуючи більш плавну і точну траєкторію.

Для забезпечення стабільності під час польоту БПЛА використовуються автопілоти та алгоритми управління. Автопілот дозволяє апарату літати за визначеною програмою без втручання людини. Сучасні автопілоти використовують спеціальні алгоритми для адаптації до умов польоту, таких як раптові пориви вітру або зміни в погоді. Алгоритми PID-регулювання (пропорційно-інтегрально-диференціальний контроль) дозволяють стабілізувати політ, регулюють швидкість, висоту та кут нахилу БПЛА. Також існують адаптивні алгоритми, які використовують дані з сенсорів і можуть змінювати параметри польоту в режимі реального часу, реагуючи на погодні зміни, наприклад, змінюючи траєкторію або висоту для уникнення небезпечних умов.

Для ілюстрації прикладу застосування адаптивних алгоритмів змодельємо ситуацію, коли БПЛА коригує свою траєкторію через вплив несприятливих погодних умов. Це може включати сильний поривчастий вітер, який відхиляє апарат від курсу, та адаптивний алгоритм, що коригує курс для підтримання стабільного польоту.

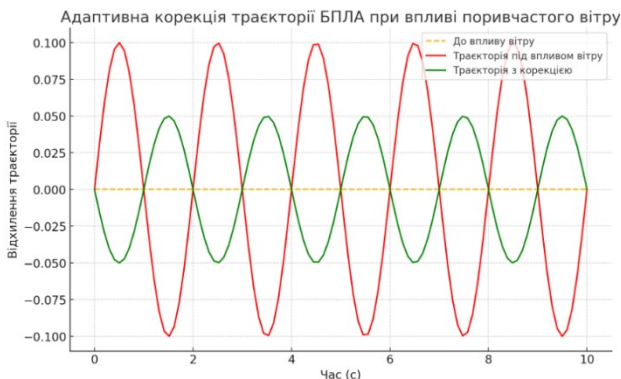


Рис.2 Адаптивна корекція траєкторії БПЛА при впливі поривчастого вітру

Цей графік ілюструє, як адаптивний алгоритм корекції траєкторії безпілотного літального апарата (БПЛА) реагує на несприятливі умови, зокрема на поривчастий вітер. Штрихова лінія - це початкова траєкторія БПЛА, яка показує його рух без впливу зовнішніх чинників. Траєкторія рівна і пряма, оскільки літальний апарат летить за заданим курсом. Червона лінія показує, як пориви вітру відхиляють апарат від його курсу. У реальній ситуації це може бути, наприклад, раптовий бічний вітер, який змушує БПЛА відхилитися від заданої траєкторії. Зелена лінія - це ілюстрація роботи адаптивного алгоритму, який компенсує вплив вітру. Використовуючи дані з сенсорів, таких як GPS та інерційні сенсори, БПЛА поступово коригує траєкторію, щоб повернутися на правильний курс, зберігаючи стабільність польоту.

Безпілотні літальні апарати, які обладнані належним чином різними сенсорами, можуть краще орієнтуватися в просторі та адаптуватися до змін навколишнього середовища. Такі датчики як, гіроскопи та акселерометри, контролюють рухи апарату і визначають його положення у просторі. Барометр вимірює висоту польоту, що особливо важливо в умовах туману чи при зльоті і посадці. Лідари та радари використовуються для виявлення перешкод на шляху польоту та побудови тривимірної карти місцевості. Радари особливо ефективні в умовах поганої видимості, таких як туман чи дощ. Якісні камери забезпечують візуальне спостереження за оточенням, використовуються для орієнтації або виконання місій, але можуть мати обмежену ефективність при низькій видимості.

Однією з ключових технологій для керування БПЛА в умовах поганої видимості або складної місцевості є алгоритми уникнення перешкод. Вони використовують дані з сенсорів для виявлення та обходу об'єктів на шляху польоту. У несприятливих погодних умовах, таких як дощ або туман, ці алгоритми можуть бути особливо важливими для забезпечення безпеки польоту. Наприклад, за допомогою аналізу великої кількості даних попередніх польотів, можна створити алгоритми на основі машинного навчання для прогнозування та уникнення перешкод.

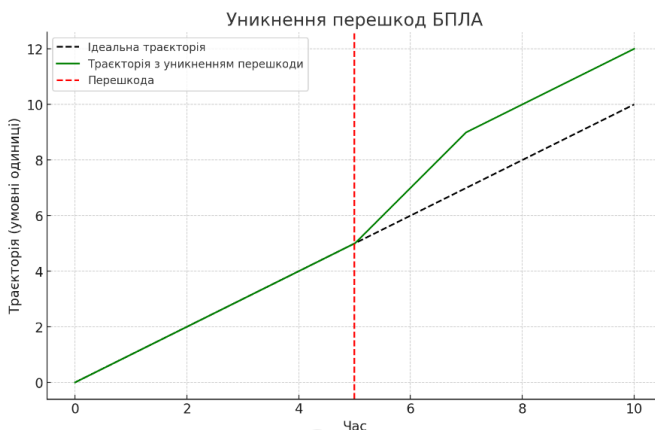


Рис 3. Алгоритм уникнення перешкоди

На графіку показано дві траєкторії: ідеальну (чорна штрихова лінія) та траєкторію з уникненням перешкоди (зелена лінія). Перешкода позначена червоною вертикальною лінією на позиції 5. Коли БПЛА досягає перешкоди, адаптивний алгоритм змінює траєкторію, обходячи об'єкт, після чого літальний апарат повертається до початкового курсу. Цей приклад демонструє роботу алгоритму уникнення перешкод у реальних умовах польоту.

Висновки

Отже, надійна робота БПЛА залежить від використання сучасних навігаційних систем, таких як GPS та інерційна система навігації (INS), які в поєднанні дозволяють підвищити точність та стабільність польоту. Алгоритми управління та автопілоти, включно з PID-регуляторами та адаптивними системами, здатні коригувати траєкторію апарата в реальному часі для компенсації впливу зовнішніх чинників, таких як поривчастий вітер. Використання додаткових сенсорів, таких як гіроскопи, барометри, радары та лідари, дозволяє забезпечити надійну орієнтацію та уникнення перешкод навіть за умов обмеженої видимості. У майбутньому розвиток алгоритмів машинного

навчання та адаптивних систем керування може ще більше підвищити ефективність і безпеку БПЛА в складних умовах, розширюючи їх застосування в критичних операціях.

Список літератури

1. Романюк В. А., Гримуд А. Г. Побудова системи управління групою тактичних безпілотних літальних апаратів. Збірник наукових праць ВІТІ, № 3. Київ: ВІТІ, 2020. 180 с.
2. Радзівілов Г. Д., Фесенко О. Д. Класифікація безпілотних літальних апаратів. ВІТІ, № 10. Київ: ВІТІ, 2019. 200 с.
3. Міністерство освіти і науки України. Протидія безпілотним літальним апаратам. Київ: МОН України, 2021. 220 с.
4. Техніка авіаційна військової призначеності. Класифікація безпілотних літальних апаратів. Вінниця: Вінницький національний технічний університет, 2018. 300 с.
5. Telli K., Kraa O., Himeur Y., Ouamane A., Boumehraz M., Atalla S., Mansoor W. A Comprehensive Review of Recent Research Trends on Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). Systems, Vol. 11, No. 8. Dubai: University of Dubai, 2023. 180 с.
6. Unmanned Aerial Vehicles: Control Methods and Future Challenges. IEEE Journal of Automation and Systems, Vol. 9, No. 3. IEEE, 2022. 220 с.