

Ю.К. ТАРАНЕНКО

Приватне підприємство «Лікопак», Дніпро, Україна,
e-mail: tatanen@ukr.net.

О.Ю. ОЛІЙНИК

Дніпровський фаховий коледж радіоелектроніки, Дніпро, Україна,
e-mail: oleinik_o@ukr.net.

В.В. ЛОПАТІН

Інститут геотехнічної механіки ім. Н.С. Полякова НАН України, Дніпро, Україна,
e-mail: vlop@ukr.net.

ВИКОРИСТАННЯ LQR-КОНТРОЛЕРА ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ БПЛА

Анотація. Розглянуто наявні методи оптимізації керування безпілотними літальними апаратами (БПЛА), яка потребує розроблення складніших алгоритмів керування для підвищення продуктивності гвинтокрилих БПЛА. Засобами мови програмування Python у просторі станів проведено динамічну оптимізацію системи керування БПЛА. Використано інтегральні критерії мінімуму витрати енергії на керування та максимальної швидкодії, які задано відповідними функціоналами. З використанням Python, а саме розширеної бібліотеки *scipy* за допомогою матричних операцій розв'язано рівняння Ріккати та отримано власні значення замкнутої системи керування. Наявними засобами *scipy* синтезовано основну функцію $\text{lqr}(A, B, Q, R)$ контролера. Проведено розширене дослідження, що підтвердило працездатність розробленої функції.

Ключові слова: БПЛА, критерії якості, модульний, симетричний та компромісний оптимуми, простір станів, квадратичні форми, LQR-контролер.

ВСТУП

Методи оптимізації поділяють на статичні та динамічні. Об'єкт керування перебуває у стані неперервного руху під впливом різних зовнішніх і внутрішніх чинників. Динамічна оптимізація — це напрям дослідження задач, де рішення приймаються послідовно в часі, а не одноразово. У таких задачах важливо враховувати зміну стану системи з часом, а також вплив кожного прийнятого рішення на майбутній перебіг подій [1]. Отже, оцінка результату керування визначається під час керування T , і це є завданням динамічної оптимізації. За допомогою методів динамічної оптимізації розв'язуються задачі розподілу обмежених ресурсів протягом деякого проміжку часу, а цільова функція записується як функція інтегрального функціонала.

Основними елементами таких задач є змінна стану, яка описує поточний стан системи, і змінна керування, яка визначає, як саме відбувається вплив на цей стан [2]. Функція виграшу або витрат залежить від усієї послідовності дій, і тому рішення мають враховувати як поточний, так і майбутні стани.

Математичним апаратом розв'язання таких задач є варіаційні методи: класичне варіаційне числення, принцип максимуму Л.С. Понтрягіна та динамічне програмування Р. Беллмана [3]. Аналіз та синтез систем керування виконується у часовій, частотній областях та у просторі станів.

АНАЛІЗ ПУБЛІКАЦІЙ І ФОРМУЛЮВАННЯ ЗАДАЧИ

Безпілотні літальні апарати (БПЛА) є поширеними та корисними в багатьох галузях, але їхня складна поведінка часто ускладнює розроблення ефективних та оптимальних стратегій керування. Деякі традиційні підходи до нелінійного керування часто ґрунтуються на локальних лінеаризаціях або складних нелінійних моделях, які можуть бути неточними або обчислювально дорожчими.

© Ю.К. Тараненко, О.Ю. Олійник, В.В. Лопатін, 2026