

УДК 681.52, 004.932.75

*Бобков Юрій Володимирович, к.т.н., доцент;
Хиленко Віталій Юрійович, бакалавр
НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», Київ, Україна*

ВИЗНАЧЕННЯ ВІДНОСНОГО ПРОСТОРОВОГО ПОЛОЖЕННЯ КВАДРОКОПТЕРА ЗА ДОПОМОГОЮ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ ПРИ ПОЛЬОТІ У ПАРІ

Вступ. Розширення сфери застосування груп квадрокоптерів для вирішення масштабних задач передбачає розробку алгоритмів їх упорядкованого руху. Основними показниками групи є задане просторове розташування учасників групи, яке, як правило, повинне зберігатися під час їхнього руху. Тому питання визначення відносного просторового розташування квадрокоптерів в групі є актуальною задачею.

В [1] розглянуто реалізації методів групового використання безпілотних апаратів та моделі групового керування, наведені деякі алгоритми ройового інтелекту. Питання використання груп безпілотних літальних апаратів (БПЛА), їх формація наведені в [2]. Там же наведене обґрунтування пари як базового елементу групи, що дозволяє звести основні алгоритми керування до цієї моделі. Політ в групі передбачає визначення цільових об'єктів, перешкод для керування малими БПЛА, що доцільно реалізовувати за допомогою систем технічного зору (СТЗ) [3]. При цьому виникає питання щодо ідентифікації об'єктів за допомогою СТЗ при керуванні квадрокоптерами шляхом розміщення відповідних міток. Цікавим в цьому сенсі є використання інфрачервоних світлодіодів у якості статичних маяків з відомими координатами для вирішення задачі навігації квадрокоптера в закритому просторі [4].

На жаль, детальний розгляд визначення відносного положення веденого відносно ведучого за допомогою СТЗ в літературі не розглядається.

Постановка проблеми. В загальному випадку задача взаємного розташування в групі може бути зведена до часткової задачі про визначення

положення веденого квадрокоптера відносно ведучого [1]. Розглянемо варіант руху двох квадрокоптерів, один з яких виконує роль ведучого, інший – веденого. Ведучий квадрокоптер рухається або за керуючими сигналами з наземної станції (оператора), або за заданим алгоритмом. Ведений повинен рухатися по узгодженій траєкторії, з урахуванням наперед заданого просторового розташування відносно ведучого. Для вирішення поставленої задачі пропонується застосування СТЗ для ідентифікації положення ведучого за допомогою спеціальних міток, що розміщуються на ньому.

Ціллю даної роботи є визначення засобів і алгоритмів, що дозволяють із заданою точністю визначати відносне просторове положення веденого квадрокоптера відносно ведучого.

Методологія досліджень. Основними параметрами для керування узгодженим рухом квадрокоптерів в парі є кути тангажу, ролі, крену, відстань та швидкість. Для визначення кутів пропонується застосовувати систему технічного зору, а відстань вимірювати за допомогою далекоміра. Оптична вісь камери та вісь вимірювання далекоміра повинні бути суміщеними. Взаємне положення веденого відносно ведучого задається попередньо на землі виставленням камери за відповідними кутами.

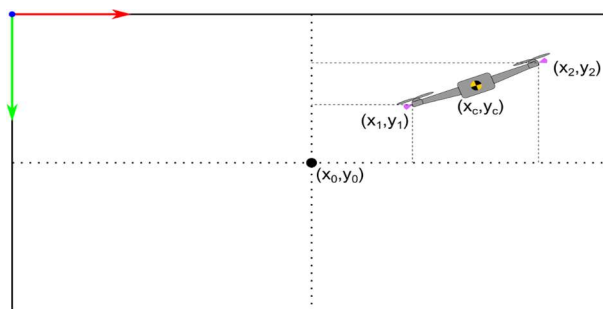


Рис. 1. Розташування зображення ведучого квадрокоптера в площині кадру камери СТЗ

Проведений аналіз показав, що в якості міток на ведучому доцільно використовувати інфрачервоні світлодіоди [4]. Це дозволяє розпізнавати ведучого в умовах зміни освітлення та при наявності зовнішніх атмосферних завад. В процесі аналізу можливого розташування інфрачервоних світлодіодів

було прийняте рішення розміщувати їх на променях квадрокоптера з виносом за основну конструкцію.

На площині кадру (рис. 1) необхідно виділити такі основні елементи: початок координат кадру, розмір кадру, найбільш віддалені мітки на зображенні ведучого та їх координати на площині кадру.

Координати центру кадру розраховуються на основі розміру кадру:

$$x_0 = \frac{x_{\max}}{2}; \quad y_0 = \frac{y_{\max}}{2}, \quad (1)$$

де $x_{\max}$, $y_{\max}$ – розміри кадру по відповідним координатам у пікселях.

Найбільш віддалені опорні точки ведучого мають координати (x_1, y_1) та (x_2, y_2) . Знайшовши ці значення можемо обчислити координати центра мас зображення об'єкта на площині кадру:

$$x_c = \frac{x_1 + x_2}{2}; \quad y_c = \frac{y_1 + y_2}{2}, \quad (2)$$

Знаючи координати центру мас об'єкта на площині кадру та кут огляду камери α , можемо розрахувати відносні кути тангажу та рискання:

$$\theta_r = \frac{\alpha}{y_{\max}}(y_0 - y_c); \quad \varphi_r = \frac{\alpha}{x_{\max}}(x_0 - x_c) \quad (3)$$

Для обчислення кута крену використовуються координати найбільш віддалених опорних точок ведучого. Введемо позначення:

$$\Delta x = x_2 - x_1; \quad \Delta y = y_2 - y_1. \quad (4)$$

Тоді, можемо обчислити кут крену:

$$\gamma_r = \frac{\Delta y}{\Delta x}. \quad (5)$$

Результати. Для проведення досліджень була створена CAD-програмі FreeCAD структурна 3-вимірна модель квадрокоптера з імітацією світлодіодів. За описаним алгоритмом була написана програма на мові Python з використанням бібліотеки OpenCV, на вхід якої подавалося зображення створеної моделі у форматі кадру 1300x731 піксель. Результати обчислення

кутів наведений на рисунку 2.

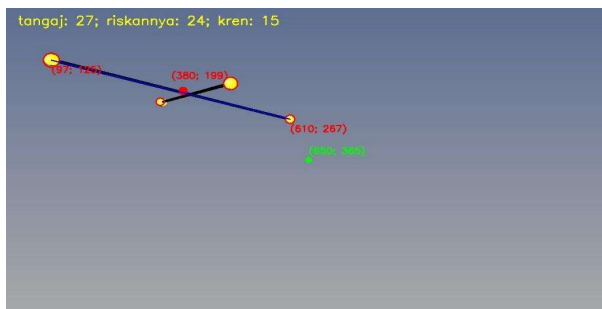


Рис. 2. Результати визначення кутів положення ведучого квадрокоптера

Висновки. Запропоновано алгоритм визначення відносного просторового положення ведучого та веденого квадрокоптерів за допомогою системи технічного зору за маяками, розташованими на ведучому. Розроблена на мові Python програма дозволяє за результатами обробки зображення визначити відносні кути орієнтації ведучого відносно веденого: тангажа, рискання та крену. Проведене моделювання з використанням 3D-моделі підтвердило правильність прийнятих рішень.

Джерела

1. Основи автоматичного керування групою автономних ненаселених підводних апаратів / В. С. Блінцов, Л.Т. Алоба, А.В. Надточій, В. А. Надточій; за ред. В. С. Блінцова – Миколаїв : Іліон, 2022. – 147 с.
2. Anderson B. et al. UAV formation control: Theory and application //Recent advances in learning and control. – Springer, London, 2008. – С. 15-33.
3. Neto M. F. S. et al. Computer Vision Based Solutions for MAV Target Detection and Flight Control //10th International Micro-Air Vehicles Conference, Melbourne, Australia. – 2018.
4. CUTLER, Mark; MICHINI, Bernard; HOW, Jonathan P. Lightweight infrared sensing for relative navigation of quadrotors. In: 2013 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS). IEEE, 2013. p. 1156-1164.