

УДК 629.762

Малий О.Ю.<sup>1</sup>, Моїсєєв В.Є.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> студ. гр. БК-612м НУ «Запорізька політехніка»

## **НАВЕДЕННЯ БПЛА КВАДРОКОПТЕРНОГО ТИПУ НА РУХОМІ ОБ'ЄКТИ ПІД ЧАС ПОЛЬОТУ**

Суворіший нагляд за використанням приватних дронів мотивується численними інцидентами за участю невеликих дронів, зазвичай керованих дистанційно, в громадських місцях. Потенційним вирішенням може стати захоплення чи виведення з ладу несанкціонованих БПЛА. Сучасні технології боротьби з БПЛА існують здебільшого у військовому секторі у вигляді засобів РЕБ або засобів ураження з поверхні землі. Потрібне рішення, яке

буде досить гнучким, щоб захопити широкий спектр БПЛА в місцевому повітряному просторі.

БПЛА квадрокоптерного типу мають високу маневреність з 4 ступенями свободи і можуть розганятися до високих швидкостей до цілі з невідомим планом польоту чи характеристиками.

Залежно від розміру та форми цілі (наприклад, нерухоме крило, мультиротор, вертоліт, дирижабль), а також відстані до неї не можна припускати, що 3D-датчик, такий як лідар або стереоскопічний зір, може використовуватися для точної локалізації цілі у просторі. Наприклад, через їх рідкісні, а іноді й сітчасті рами, мультикоптери особливо складно локалізувати за допомогою дешевих скануючих лідарів або стереокамер на великій відстані. Таким чином, основна увага в роботі приділяється використанню монокулярного зору та адаптації методів наведення для використання лише приблизних оцінок глибини, коли це необхідно.

На рис. 1 показано плавну траєкторію, створену шляхом відстеження шляхів, згенерованих примітивами руху. Спочатку знаходимо індексований за часом мінімальний шлях прибуття, який може виявитися неможливим для польоту квадрокоптера, а потім формуємо коридор польоту у вільному просторі, в якому генеруємо допустиму траєкторію. Використовується поліноміальний базис Бернштейна і представляємо траєкторію у вигляді шматкової кривої Безьє.

Кольорові лінії становлять окремі примітиви руху. Квадрокоптер відстежує початкову частину кожної згенерованої траєкторії, утворюючи повну зшити траєкторію, представлену чорною лінією.

Щоб йти по траєкторіях, контролери вибирають бажану траєкторію, що зазвичай складається з колійних точок, кожна з яких має відповідну швидкість, і видають команди приводу квадрокоптеру. Це було продемонстровано на відкритому повітрі з точністю до 50 см.

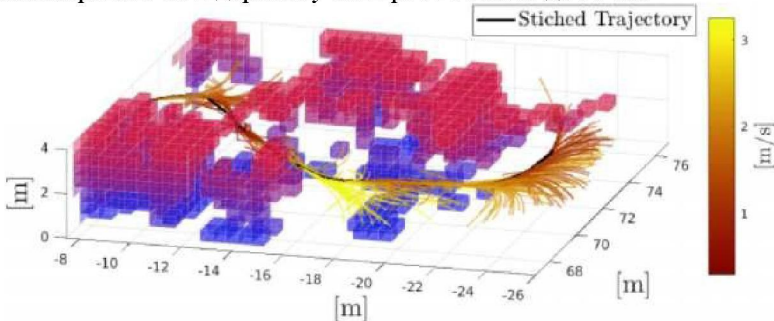


Рисунок 1 – Приклад складених траєкторій у захаращеному середовищі

Стосовно квадрокоптера в цій роботі вектор прискорення подається в контролер швидкості шляхом інтеграції команди, яка передає команди крену, тангажу, відхилення від курсу та тяги внутрішнім контролерам автопілоту. Таким чином, замість того, щоб коригувати курс задоволення бічних прискорень, застосування TPN в цій роботі засноване на контролі кута крену.

У своїй найпростішій формі прогнозування руху цілі включає оцінку швидкості цілі в 3D, розрахунок майбутнього розташування мети по прямолінійному шляху і створення траєкторії курсу зіткнення до цієї точки простору зі швидкістю, яка завершує траєкторію, у вказаний час. Цей метод робить три важливі припущення: (i) ціль має нульове прискорення, (ii) ми можемо приблизно оцінити час до зіткнення, розрахувавши час вздовж поточного вектора прямої видимості, і (iii) прогнозоване положення цілі змінюватиметься повільно, тому створення прямих траєкторій достатньо, щоб отримати остаточну, гладку зшиту траєкторію.

У цій роботі було розроблено та реалізовано різноманітні алгоритми наведення в змодельованому та реальному середовищах. Показники, які використовуються для оцінки ефективності кожного методу, включають частоту влучень першого проходу та тривалість переслідування. Методи наведення LOS були отримані з алгоритму справжньої пропорційної навігації, який взято з літератури з наведення ракет.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Markus Ryll, John Ware, John Carter, and Nick Roy. Efficient trajectory planning for high speed flight in unknown environments. In 2019 International Conference on Robotics and Automation (ICRA), pages 732-738. IEEE, 2019
2. Fei Gao, William Wu, Yi Lin, and Shaojie Shen. Online safe trajectory generation for quadrotors using fast marching method and bernstein basis polynomial. In 2018 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), pages 344-351.