

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬОТНА АКАДЕМІЯ  
НАЦІОНАЛЬНОГО АВІАЦІЙНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

**МАТЕРІАЛИ  
VIII Міжнародної  
науково-практичної  
конференції**

*"Управління високошвидкісними рухомими об'єктами  
та професійна підготовка операторів  
складних систем"*

20 грудня 2019 року

Кропивницький, 2019

### **Вибір оптимального варіанту розв'язання конфліктних ситуацій в умовах довільних маршрутів**

В умовах польотів за довільними маршрутами своєчасне та надійне розв'язання потенційних конфліктних ситуацій значно ускладнено, оскільки спектр можливих ситуацій повітряного руху в цьому разі є набагато ширшим, ніж за умов традиційних польотів. Найбільш характерною відмінністю є виникнення групових конфліктних ситуацій (за участю більш ніж двох повітряних кораблів), прогнозування та розв'язання яких потребує врахування багатьох факторів. Отже постає актуальна науково-практична задача розробки і застосування нових методів та алгоритмів розв'язання КС, що дозволять в реальному масштабі часу виконувати розв'язання групових конфліктних ситуацій в умовах гарантованого рівня безпеки польотів за довільними маршрутами.

Групову КС можна представити у вигляді сукупності ПК з незмінною чисельністю, що знаходяться в обмеженій області повітряного простору (зоні вільного польоту), серед яких існують явні конфліктні пари, для котрих не виконується умова безпечного ешелонування.

Вважається, що алгоритм виявлення конфліктних пар є відомим, а їх попарне розв'язання створює небезпеку виникнення нових конфліктних пар внаслідок підвищеної щільності польотів в зоні вільного польоту („ефект доміно”).

Для уникнення цього ефекту пропонується використовувати впорядковане (каскадне) розв'язання групової КС, при якому ПК планують свої маневри у відповідності до визначеної черги.

Процес розв'язання полягає у плануванні безконфліктних траєкторій і виглядає наступним чином. Спочатку ПК з номером  $i2$  планує безконфліктний маневр відносно ПК з номером  $i1$ , яке не змінює при цьому своєї траєкторії, або інший варіант - ПК  $i1$  та  $i2$  вирішують конфлікт сумісно. Після цього ПК з номером  $i3$  планує свою траєкторію так, щоб не порушити інтервал безпечного ешелонування з ПК  $i1$  та  $i2$ . Аналогічно виконується побудова безконфліктних траєкторій для наступних ПК відповідно до порядку черги, поки для ПК з номером  $in$  не буде побудовано безконфліктну траєкторію. Для реалізації такої процедури бажано, щоб координація дій виконувалась через надійний канал зв'язку централізовано одним з ПК або в наземному центрі УПР.

Каскадне планування безконфліктних траєкторій ПК за заданою перестановкою їх номерів  $p$  пропонується виконувати в просторово-часовій системі координат. Розглянуто випадок розв'язання конфліктів в горизонтальній площині шляхом відвороту за курсовим кутом. Для цього в просторово-часовій системі координат для кожного ПК виконується побудова поверхні планового положення, що утворюється множиною траєкторій ПК при польоті з заданої точки за всіма допустимими курсовими кутами, а також побудова зовнішньої та внутрішньої обмежуючих поверхонь допустимих траєкторій, які пов'язані векторним параметричним рівнянням.

### **Література**

1. Kuchar J.K., Yang L.C. A review of conflict detection and resolution modeling methods // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. – 2000. – Vol. 1. – 4. – P. 179.
2. Zeghal K. A review of different approaches based on force fields for airborne conflict resolution // Proc. AIAA Guidance, Navigation, and Control Conf. – 1998. – P. 818–827.
3. Eby M., Kelly W. Free flight separation assurance using distributed algorithms // Proc. 1999 IEEE Aerospace conf., Snowmass. – 1999. – P. 429–441.
4. Харченко В.П., Корчунов Д.О. Метричний простір ситуацій повітряного руху літальних апаратів // Вісн. НАУ. – 2002. – №3. – С. 63–68.