

УДК 519.7

Р.Н.Кветний, І.П.Борщова
Вінницький національний технічний університет
rkvetny@sprava.net, Irina_borshchova@mail.ru

Засоби уникнення зіткнення для безпілотних авіаційних систем на основі мінімізації ризиків

Обґрунтовано важливість дослідження даної проблеми, вказано переваги та недоліки існуючих систем уникнення зіткнення. Розроблені засоби уникнення зіткнення для безпілотних літаків на основі запропонованого методу мінімізації ризиків, в результаті чого досягається підвищення безпеки повітряного простору.

Ключові слова: система уникнення зіткнення, безпілотні літаки, мінімізація ризиків, потенційні втрати, безпека повітряного простору, ймовірність зіткнення.

Вступ

Збільшення авіакатастроф за останнє десятиліття наполегливо потребує підвищення ефективності систем запобігання зіткнень літальних апаратів. Причини збільшення цих катастроф є відомими. Це і висока інтенсивність повітряного руху, тобто велика завантаженість повітряного простору літаками і вертольотами різних типів і класів, від великих авіалайнерів до малих літальних апаратів, і помилки диспетчерів наземного пункту керування, і знаходження в повітряному просторі застарілих літальних апаратів, несприятливі погодні умови, недосконалість алгоритмів уникнення зіткнення тощо. У зв'язку з цим, на сьогодні зростає кількість статей і робіт відомих авторів, присвячених запобігання зіткнень, щоб зменшити ризик і вдосконалити системи уникнення зіткнення [1]. Проте існуючі системи уникнення зіткнення все ще мають багато проблем.

Аналіз попередніх досліджень

Найвідомішими і найбільш розповсюдженими системами уникнення зіткнення є системи TCAS (Traffic collision avoidance systems) [2] та системи ADS-B (Automatic Dependent Surveillance – Broadcast) [3].

TCAS - це система, розроблена для запобігання зіткнень в повітряному просторі між авіацією; вона являє собою сукупність бортових пристроїв, які функціонують незалежно від наземної повітряної системи управління рухом і забезпечують захист для уникнення зіткнення для широкого спектру типів авіації.

ADS-B - докорінно нова технологія, яка дозволяє пілотам і авіадиспетчерам "бачити" і управляти авіацією з більшою точністю, над набагато більшою площею поверхні землі, ніж коли-небудь було можливо. ADS-B дозволяє визначати розміщення авіатранспорту в просторі, використовуючи

глобальні навігаційні супутникові системи і періодично транслювати сигнал.

Проте існуючі системи уникнення зіткнення для безпілотних літаків не дають змоги вирішити найбільш нагальні проблеми, які стоять перед світовою авіацією. Вони не дають точних алгоритмів уникнення зіткнення і не можуть оцінити ризик при зіткненні. Тому актуальною є задача розробки таких засобів уникнення зіткнення, які б дозволили вирішити існуючі проблеми.

Метою даної роботи є підвищення безпеки повітряного простору на основі розробки методів та моделей мінімізації ризиків.

Матеріали та результати досліджень

На сьогодні відома велика кількість підходів і методів виявлення потенційно конфліктних ситуацій, розроблених як для бортових систем управління польотом, так і для наземних пунктів керування повітряним рухом. Існують ймовірнісні [4] та геометричні методи виявлення конфліктів. Найчастіше використовуються ймовірнісні методи виявлення конфліктів, оскільки вони дають можливість використання розподілу ймовірностей зіткнення для оцінки ризику. Найбільш відомими є метод Рейха та узагальнений метод Рейха.

Розглядається випадок, коли для безпілотного літака ризик зіткнення з іншим літаючим апаратом у просторі визначається за формулою:

$$R = L * P, \quad (1)$$

де L - потенціальні втрати, P - ймовірність зіткнення.

Потенційні втрати вираховуються в залежності від маси літака, який рухається назустріч (чим більша маса літака – тим більші втрати у випадку зіткнення), від кількості пасажирів на борту літака, з яким відбувається зіткнення (більше пасажирів – більші людські втрати), від середовища, де відбувається зіткнення (якщо це місто - відповідно більші втрати і т.д.).

Для цього записуються таблиці коефіцієнтів для літаків з різними масами, різною кількістю пасажирів на борту над різними типами місцевості.

Таким чином L - це функція від коефіцієнтів маси, кількості людей та середовища зіткнення, що математично запишеться наступним чином:

$$L = f(M, N, E), \quad (2)$$

де M – коефіцієнт, який залежить від маси літака, який рухається назустріч,

N – коефіцієнт, який залежить від кількості пасажирів на борту літального апарату, з яким існує ймовірність зіткнення;

E – коефіцієнт, який залежить від місцевості, над якою існує ймовірність зіткнення.

Коефіцієнти M, N, E - це нечіткі параметри, значення яких встановлює диспетчер наземного пункту керування, проаналізувавши відомі значення маси літака, кількості людей на борту, середовища зіткнення. Для обрахування потенційних втрат, значення коефіцієнтів M, N, E подаються на вхід нечіткого контролера, після чого за нечіткими правилами формується результуюче значення потенціальних втрат L . Для формування логічного висновку на основі нечітких правил використовується тип нечіткого логічного висновку Mamdani. В результаті дослідження була побудована поверхня нечіткої залежності коефіцієнта потенційних втрат від коефіцієнтів маси та кількості людей. Розрахунки проводились в середовищі MatLab.

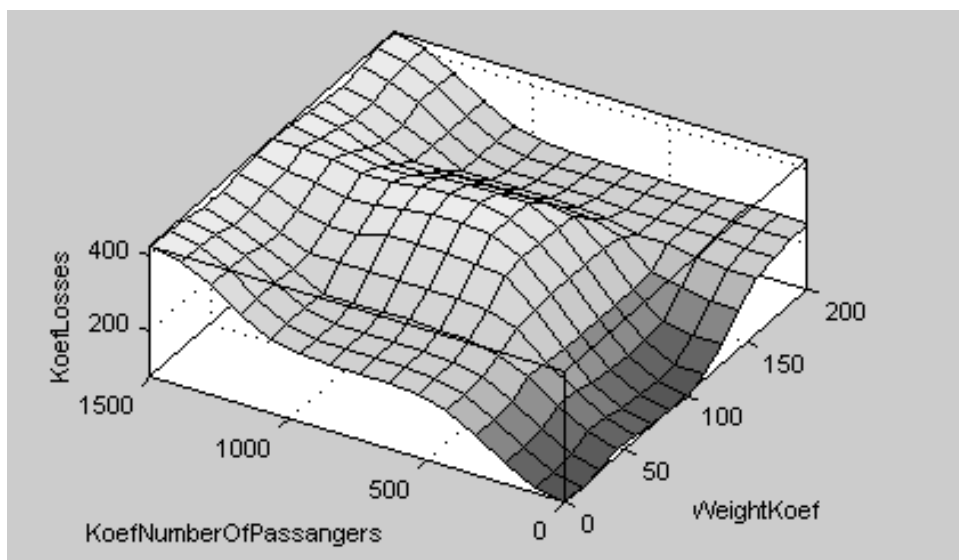


Рисунок 1 - Поверхня нечіткої залежності коефіцієнта потенційних втрат від коефіцієнтів маси та кількості людей

Узагальнюючи вище описане, пропонується підвищення безпеки повітряного руху для систем уникнення зіткнення на основі такого підходу, суть якого викладена в наступній послідовності дій:

1.Визначення диспетчером наземного пункту керування значень нечітких коефіцієнтів M, N, E .

2.Визначення системою нечіткого значення коефіцієнта потенційних втрат L , використовуючи нечіткі правила відповідності.

3.Дефазифікація даного значення потенційних втрат і перетворення його в числове значення.

4.Розрахунок та побудова поверхонь ризику зіткнення з іншими літальними апаратами в просторі.

5. Перетворення неперервної моделі ризику в дискретну матрицю ризиків у всіх точках площини

6. Виявлення всіх можливих маршрутів руху літака.

7. Вибір з-поміж всіх маршрутів найоптимальнішого, який би дозволив забезпечити

мінімальний ризик зіткнення з врахуванням динамічних властивостей системи.

Цей підхід було реалізовано у вигляді програмного модуля. Для його реалізації була задана матриця ризиків, координати розміщення безпілотного літака на площині, координати розміщення іншого літаючого апарату, максимальний ризик, який ми допускаємо при пошуді оптимального маршруту, координати комірки, в яку ми хочемо потрапити після маневру уникнення зіткнення. Вхідна інформація зчитувалась з файлу.

Програма визначала найкоротший шлях з однієї точки на координатній площині в іншу з врахуванням максимально допустимого ризику. Після обробки даних результати роботи програми записувались в файл. Результат роботи програми наведено на рисунку 2.

```
Файл  Правка  Формат  Вид  Справка
|The shortest way to get from (0;0) to (9;9) with risk less than 44:
(0:0)->(1:1)->(2:2)->(2:3)->(2:4)->(2:5)->(2:6)->(2:7)->(3:8)->(4:9)->(
5:9)->(6:9)->(7:9)->(8:9)->(9:9)
Total 15 steps with maximum sum risk 40

Pseudographic representation of this path:
* = to unacceptable risk
- = acceptable risk
@ = our path

@-----
-@-----
--@-----
--@*-----
--@*****
--@*****
--@*****
--@*****
-----@
-----@@@@
```

Рисунок 2 – Результат роботи програми пошуку найкоротшого шляху з однієї точки на в іншу з врахуванням максимально допустимого ризику

Висновки

Таким чином, в результаті проведених досліджень було встановлено, що на основі розробленої моделі

розподілу ризиків зіткнення можна виявити зони з найменшим ризиком та здійснювати маневр уникнення зіткнення лише в тих областях простору, де ризик мінімальний, що дасть можливість підвищення безпеки іншим літаючим засобам.

Література

1. Informational Sets in a Problem of Observation of Aircraft Trajectory. / Kumkov S.I., Patsko V.S., Pyatko S.G., Fedotov A.A. // Proceedings of the Steklov Institute of Mathematics. – 2000. - № 2. – Pp.18.
2. Livadas C. High-Level Modeling and Analysis of TCAS [internet-resource] / Livadas C., Lygeros J., Lynch N. – Режим доступу: <http://people.csail.mit.edu/clivadas/pubs/RTSS99.pdf>.
3. Powell J.D Use of ADS-B and perspective displays to enhance airport capacity [internet-resource] / Powell J.D, Jennings Ch., Holforty W.- Режим доступу: <http://waas.stanford.edu/~www/papers/gps/PDF/PowellDASC05.pdf>
4. Probabilistic Approaches Toward Conflict Prediction / Bakker GJ, Kremer HJ, Blom HAP // Air Transportation Systems Engineering, AIAA. - 2001. - P. 677-694.
5. Кветний Р.Н. Система прийняття рішень для безпілотних літаків / Кветний Р.Н., Бойко О.Р., Борщова І.П.// Оптико-електронні інформаційно – енергетичні технології. – 2010. - №1 (19). – С.102-105.
6. Моделювання запобігання зіткнення об'єктів, що керуються, для безпілотних літаків, на базі системи ADS-B [електронний ресурс] / Борщова І.П. – Режим доступу: <http://conf.vstu.vinnica.ua/allvntu/2010/inaeksu/txt/Borshchova.pdf>
7. Система уникнення зіткнення для безпілотних літаків на базі нечіткої логіки [електронний ресурс] / Борщова І. – Режим доступу http://www.vstu.vinnica.ua/mccs2010/materials/section_4.pdf
8. Борщова І. Моделювання запобігання зіткнення об'єктів, що керуються, на прикладі безпілотних літаків / Борщова І. // Політ-2010. Сучасні проблеми науки, 2010 – Т.1 – с.6.

Надійшла до редакції 10.02.2011