УДК 519.7

Р.Н. КВЄТНИЙ, О.Р. БОЙКО, І.П. БОРЩОВА

СИСТЕМА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАКІВ

Вінницький національний технічний університет,
м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95, Україна,
E-mail: *Irina_borshchova@mail.ru*

Анотація.Описано підхід для розробки системи прийняття рішень для уникнення зіткнення безпілотних літаків. Розглянуто існуючі системи уникнення зіткнення, розроблено фази руху літака в просторі та розроблено підхід для оцінки ризику для даної системи через оцінку потенційних втрат.

Аннотация. Описан подход для разработки системы принятия решений для избежания столкновения беспилотных самолетов. Рассмотрены существующие системы избежания столкновений, разработаны фазы движения самолета в пространстве и разработан подход для оценки риска для данной системы через оценку потенциальных потерь.

Abstract. Approach for development of ruled-based system for collision avoidance of unmanned airplanes is described. The existent systems of collission avoidence are considered, the phases of motion of airplane in space are worked out and approach for the estimation of risk for this system through the estimation of potential losses is worked out

Ключові слова: безпілотні літаки,система прийняття рішень, оцінка ризику

ВСТУП

Безпілотні комплекси останніми роками переживають період бурхливого розвитку. Видалення людини з борту літального апарату з метою зберегти життя пілота в небезпечних місіях - основний сенс подібних систем. Крім того, відсутність людини на борту дозволяє здійснювати маневри з великими перевантаженнями, недоступні для пілотованих апаратів. На даний момент в світі існують сотні безпілотних авіаційних систем різних типів і класів - від мініатюрних, розмір яких всього декілька десятків сантиметрів, до багатотонних стратегічних апаратів з розмахом крила, як в авіалайнера [1].

Участь в пошуково-рятувальних операціях, інформаційна підтримка в ході гасіння лісових пожеж - ось лише небагато з тих завдань, які можуть з успіхом вирішувати безпілотні системи. Наприклад, в Індії безпілотники застосовувалися для пошуку постраждалих при цунамі. Дуже цікавий і перспективний напрям у використанні безпілотних систем пропонують компанії паливно-енергетичного комплексу. Їм потрібно здійснювати постійний авіаційний моніторинг магістральних нафто- і газопроводів, високовольтних ліній електропередачі та інших технічних об'єктів галузі [2].

АНАЛІЗ ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

На сьогоднішній день існують різні типи систем уникнення зіткнення. Одними з них є системи TCAS (Traffic alert and Collision Avoidance System). TCAS - це система, розроблена для запобігання зіткнень в повітряному просторі між авіацією. TCAS – це сукупність бортових пристроїв, які функціонують незалежно від наземної повітряної системи управління рухом і забезпечують захист для уникнення зіткнення для широкого спектру типів авіації. Існують системи TCAS двох типів: TCAS I і TCAS II.

TCAS I забезпечує вказівки авіатранспорту щодо близькості іншого авіатранспорту, щоб допомогти пілотові у візуальному баченні. TCAS I використовується для авіації, керованої турбінами, пасажирської авіації, що має більш ніж 10 і менш ніж 31 місце. TCAS I також використовується загальною авіацією.

TCAS II забезпечує поради щодо рятувальних маневрів у вертикальному вимірі - або збільшувати, або підтримувати існуюче вертикальне відділення між авіацією. Авіаційні авіалінії, у тому числі авіалінії регіональної авіації більш ніж з 30 місцями використовують TCAS II.

Іншим типом систем уникнення зіткнення є системи ADS-B (Automatic Dependent Surveillance – Broadcast). ADS-B – це докорінно нова технологія, яка дозволяє пілотам і авіадиспетчерам "бачити" і управляти авіацією з більшою точністю, і над далеким більшим відсотком поверхні землі, ніж коли-

© Р.Н. КВЄТНИЙ, О.Р. БОЙКО, І.П. БОРЩОВА, 2010

небудь було можливо [4].ADS-B дозволяє визначати позицію, використовуючи глобальні навігаційні супутникові системи. ADS-B може використовувати декілька технологій різних каналів зв'язків, у тому числі Mode-S Extended Squitter (1090 ES), Universal Access Transceiver (978 MHz UAT), і VHF data link (VDL Mode 4).

У Європі в основному використовуються Mode-S Extended Squitter, оскільки вони побудовані на технології, яка вважається кращою, відповідно до рекомендацій (Federal Aviation Regulations). Впровадження ADS-B в Європі почалося з використання ADS-B для огляду Землі і використання ADS-B для бортового нагляду.

Але при розробці таких технічних засобів, як безпілотники, сьогодні існує ряд проблем. Описані вище системи потребують надто високої точності при уникненні перешкод . Існуючі алгоритми обходу перешкод та уникнення зіткнення не дають змоги вирішити поставлену задачу при умові, що перешкода також рухається в певному напрямку назустріч об’єкту чи співнапрямлено з ним, та не дозволяють реалізовувати такі алгоритми в трьохвимірному просторі, а працюють лише у вертикальній площині. Також існуючі системи не дають змоги оцінити ризик при зіткненні з іншим авіатранспортом, оцінюючи такі потенційні втрати, як сам літак, кількість пасажирів на борту і т.д., оскільки збереження життя людини сьогодні є основним завданням будь-якої авіатехніки. Тому актуальною є задача розробки таких систем уникнення зіткнення безпілотних літаків, які б дозволили вирішити вищенаведені проблеми.

Метою роботи є розробка підходу до створення ефективної технології для системи прийняття рішень, що використовується для уникнення зіткнення між безпілотними літаками на основі оцінки ризику.

МАТЕРІАЛИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

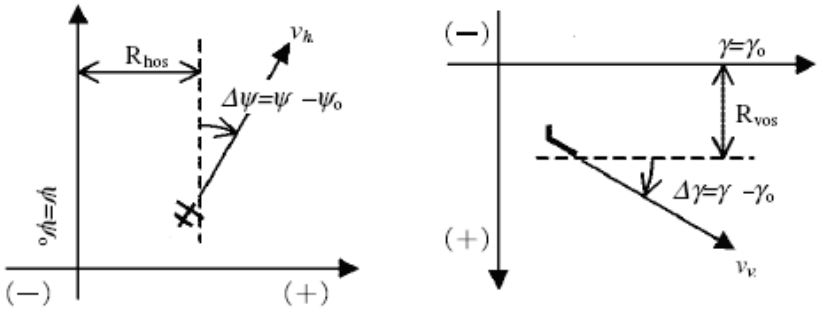
Аналіз світових тенденцій розвитку безпілотної авіаційної техніки свідчить про посилення вимог до забезпечення її безпеки не тільки шляхом покращення льотно-технічних характеристик безпілотних літальних апаратів (БПЛА), а також через забезпечення та зростання польотного ресурсу шляхом удосконалення інтелекту бортових систем автоматичного управління (САУ) [5].

Система прийняття рішень для вирішення даної задачі використовується для того, щоб здійснити уникнення зіткнення, подібно людині. Вона використовувалась в авіації з різною метою, проте не для алгоритмів уникнення зіткнення.

Стратегія запобігання зіткнення складається з трьох фаз польоту – головний курс, уникнення зіткнення та повернення до головного курсу. Головний курс – це фаза, в якій знаходиться літак тоді, коли іншого авіатранспорту «не існує». Уникнення зіткнення – це фаза, в якій знаходиться літак, коли існує ризик зіткнення з іншим об’єктом. Відхилення від курсу, яке відбувається через уникнення зіткнення, корегується таким чином, що літак повертається до початкового курсу – це фаза повернення.

В фазі повернення вираховується зміщення в горизонтальній (R_{hos}) і вертикальній (R_{vos}) площинах. Похідні від R_{hos} і R_{vos} використовуються як зміщення від оригінального курса в звичайному двомірному законі управління. Проте замість них використовується кутова швидкість напрямів $\Delta\psi$ - для горизонтальної площини і $\Delta\gamma$ - для вертикальної.

На рисунку 1 показано урахування зміщення від оригінального курсу для горизонтальної площини (рис.1. а) та вертикальної (рис.1. б) в фазі повернення до оригінального курсу.



а) б)

Рис. 1. Розрахунок відхилення від оригінального курсу в горизонтальній та вертикальній площинах

Фаза уникнення зіткнення – найголовніша фаза для даного підходу. Вона має два варіанти – розділення, та маневр уникнення зіткнення. Маневр уникнення зіткнення базується на математичній моделі

руху двох літаючих апаратів в просторі, яка дає можливість на кожному кроці алгоритму вираховувати нову відстань між літаками.

Система правил, згідно з якими приймаються рішення, використовується для даного підходу, щоб за допомогою них визначити, який маневр краще здійснити – в горизонтальній чи в вертикальній площинах.

Головною проблемою при розробці алгоритмів уникнення зіткнення безпілотних літаків є також забезпечення безпеки іншим літаючим засобам, особливо пілотованим літакам, а також літакам, які перевозять пасажирів. Тому ключовим питанням при розробці таких алгоритмів є оцінка ризику.

Уникнення зіткнення – це не тільки технічне завдання, це завдання, яке пов'язане з безпекою людей. Система уникнення зіткнення повинна допускати ризик зіткнення лише один випадок на мільярд. Для даного випадку ризик визначається за формулою:

$$R_i = L_i * p(L_i) \tag{1}$$

де L_i - потенціальні втрати, $p(L_i)$ - ймовірність зіткнення.

Потенціальні втрати вираховуються в залежності від того, яка кількість людей на борту літака, яка маса літака – тобто більший літак, більше пасажирів наборту - більші втрати. Ймовірність зіткненя залежить від швидкості руху літака – тобто більша швидкість, більша ймовірність зіткнення.

В залежності від ступеня ризику за запропонованим підходом весь навколишній повітряний простір літака ділиться на 3 зони – червону, жовту і зелену. Зелена зона – безпілотник гарантує, що уникнення потенціального зіткнення можливе без обмежень контролю, жовта зона – режим відокремлення, червона зона – потрібен маневр уникнення зіткнення.

Запропонований підхід для такої системи полягає у вдосконаленні системи ADS-B. Виробіток рішень здійснюється на основі оцінки ризику. Ієрархічна структура правила «якщо-тоді» дозволяє побудувати модель оцінки ризику.

Основою для оцінки ризику алгоритмів системи є:

1.Типові елементи моделювання (таблиці коефіцієнтів втрат для пілотованих, безпілотних літаків, різних класів безпілотників, значень ймовірності зіткнення в залежності від швидкості, відстані, маси літака).

2.Типові структури моделювання (розрахунок і побудова зон в залежності від значень ймовірності зіткнення та потенційних втрат).

3.Типові структури оцінки ризику, що використовують правило «якщо-тоді».

Розподіл повітряного простору на зони згідно з запропонованим підходом було розраховано і представлено на рисунку 2.

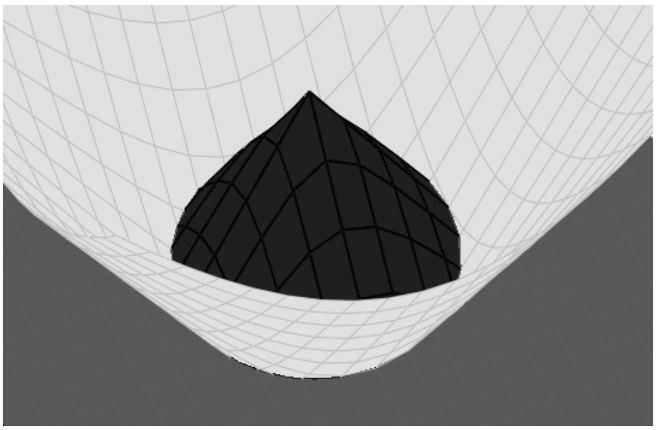


Рис. 2. Розподіл повітряного простору на зони

Таким чином, запропонований підхід дозволяє оцінити ризик при потенційних втратах при зіткненні, що дозволяє підвищити надійність системи.

ВИСНОВКИ

В даній статті запропоновано підхід до розробки нової технології підтримки прийняття рішень, що використовується для уникнення зіткнення безпілотних літаків. Даний підхід забезпечує аналіз потенційних втрат при зіткненні з іншим літальним апаратом за допомогою оцінки ризику. Такий підхід

орієнтовано на вирішення головної проблеми при розробці алгоритмів уникнення зіткнення безпілотних літаків - забезпечення безпеки іншим літаючим засобам.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бейлін М.В. Системний підхід до постановки на озброєння безпілотних авіаційних комплексів / Бейлін М.В., Бурковський С.І. // Системи управління, навігації та звязку. – 2008. – № 6(2). – С. 60-61.
2. Безпілотні авіаційні системи для флота [Електронний ресурс] / Щербаков В. – Режим доступу: http://www.uav.ru/articles/naval_uav.pdf – Назва з екрану
3. Livadas C. High-Level Modeling and Analysis of TCAS [Електронний ресурс] / C. Livadas, J.Lygeros, N.Lynch - Режим доступу: http:// www.people.csail.mit.edu/clivadas/pubs/RTSS99.pdf – Назва з екрану
4. Use of ADS-B and perspective displays to enhance airport capasity [Електронний ресурс] / J.D. Powell, Ch. Jennings, W. Holforty -Режим доступу: http://waas.stanford.edu/~wwu/papers/gps/PDF/PowellDASC05.pdf – Назва з екрану.
5. Прогнозування напрямків змін вимог до озброєння та військової техніки протиповітряної оборони / Д.А. Гриб, Б.І. Нізієнко, А.М. Печкін, А.М. Арасланов // Розвиток та застосування Повітряних Сил, удосконалення їх систем управління. – 2009. – №2(2). – С. 25-26

Надійшла до редакції 17.06.2010р.

КВЄТНИЙ РОМАН НАУМОВИЧ – д. т. н., професор, завідувач кафедри АІВТ, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна, тел. 38-050-31-380-76, E-mail: ***rkvetny@sprava.net***

БОЙКО ОЛЕКСІЙ РОМАНОВИЧ – к. т. н., ст. викладач кафедри АІВТ, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна, тел. 38-067-366-68-11, E-mail: *boyko.aleksey@gmail.com***.**

БОРЩОВА ІРИНА ПЕТРІВНА – студент кафедри АІВТ, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна, тел. 38-067-992-83-25, E-mail: ***Irina_borshchova@mail.ru***