

*Литвинчук Д. В., наук. співробітник  
науково-дослідної лабораторії льотного факультету  
Компанієць О. М., к.т.н.,  
начальник науково-дослідної лабораторії льотного факультету  
Худаєв О. В., молодший наук. співробітник  
науково-дослідної лабораторії льотного факультету  
Українець М. Є., здобувач наукового ступеня доктора філософії, пілот  
Харківський національний Університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба*

## **ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОЇ СИСТЕМИ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ПРИ ПОБУДОВІ ПАРАМЕТРІВ РУХУ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН ДЛЯ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ЇХ ЗІТКНЕННЯ У ПОВІТРІ**

Одним з найголовніших аспектів забезпечення безпеки польотів державної України виступає система виявлення та попередження про небезпечне зближення повітряних суден (ПС) у повітрі з повітряними об'єктами - загрозами (ПОЗ).

Метою системи виявлення та попередження про небезпечне зближення з ПОЗ є передбачення та прогнозування небезпечних явищ у повітрі. На даний час існують різні підходи до вирішення завдання планування маршруту польоту ПС: потенційні поля, нейронні мережі, генетичні алгоритми тощо. Кожен з перерахованих методів має свої особливості практичного використання.

Розглянуто принципи побудови параметрів руху ЛА в умовах нечітких даних про повітряну обстановку на основі нечіткої логічної системи.

Застосування нечіткої логіки для побудови параметрів руху ЛА в умовах нечітких даних про повітряну обстановку передбачає вирішення таких завдань:

- формування нечітких наборів для подання позицій і, у деяких випадках, форм об'єктів, наявних в районі польотів;
- планування простих нечітких поведінок (обліт перешкод, досягнення цілі, рух уздовж складок місцевості тощо);
- активізація необхідної нечіткої поведінки (або комбінацій поведінок) залежно від поточного стану повітряної, метеорологічної обстановки тощо.

Поведінка рухомого об'єкту є множиною окремих дій, причому вибір певної поведінки залежить від стану повітряної обстановки. Основна проблема при синтезі алгоритму побудови параметрів руху ЛА в умовах нечітких даних про повітряну обстановку, заснованого на сукупності кількох окремих поведінок, полягає у необхідності їх координації. Координація поведінки – завдання вибору певної дії з набору заданих поведінок.

За результатами аналізу поточного стану повітряної обстановки можуть виникати ситуації, при яких одночасно можуть активізуватися в кількох різних діях, при цьому деякі з них можуть конфліктувати між собою.

Завдання формування поведінки для забезпечення попередження зіткнення у повітрі передбачає поділ загальної (підсумкової) поведінки на складові, окремі незалежні дії, що фокусуються на виконання певної підзадачі. Загальна (підсумкова) поведінка зосереджується на досягненні глобальної цілі, у той час як окремі незалежні дії фокусуються на обході перешкод та ПОЗ. При цьому кожен поведінку складено з набору нечітких логічних правил, націлених на досягнення поставленої мети.

Опис поведінки складається з набору нечітких логічних правил для формування вихідних параметрів, наприклад координат, швидкості (відносно земної поверхні), курсу, висоти. Нечіткі продукційні правила представляють типову форму природних лінгвістичних правил.

Поведінка, що забезпечує запобігання зіткнення з іншим ПС, має за вхідні величини дані про характер цього ПС та відстань до нього, які можуть бути подані нечіткими множинами з лінгвістичними змінними, типу {критично близько, небезпечно близько, близько, далеко}.

Вихідними змінними є лінгвістичні змінні {напрямок відхилення} (heading) та {швидкість} (velocity). База керуючих правил поведінки "Ухилення від ПОЗ" формується нечіткою нейронною мережею на основі логічного аналізу принципів відхилення ПС від сторонніх ПОЗ та результатів імітаційного моделювання.

На керуючому рівні на основі оцінки обстановки на кожному етапі маршруту приймається рішення, яке активізує певні дії замість того, щоб обробити всі поведінки і потім їх комбінувати.

Розроблений підхід скорочує час і витрати на обчислювальні ресурси. Рішення завдання попередження небезпечного зближення у повітрі під час польоту ПС із застосуванням координації поведінок передбачає декомпозицію основних (загальних) поведінок на кілька простих окремих поведінок, кожна з яких подано сукупністю нечітких продукційних правил.