

БОРТОВА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА РЕКОНФІГУРАЦІЇ КЕРУВАННЯ ПОВІТРЯНИМ СУДНОМ В ОСОБЛИВИХ СИТУАЦІЯХ У ПОЛЬОТІ

Казак В.М., Шевчук Д.О., Панчук Л.В.
Національній авіаційній університет
(м. Київ, Україна)

Вступ. Концепція реконфігурації поверхонь керування знайшла свій розвиток у реконфігурації закону керування повітряним судном (ПС). Так, у роботі [1] розглянуто фактори, що викликають втрату керованості ПС у процесі їх льотної експлуатації, а також запропоновані методи та моделі реконфігурації керуючих органів для забезпечення виконання поставленої задачі ПС в умовах виникнення особливих ситуацій (ОС) у польоті. Дослідження [1, 2] показують, що для відновлення керованості ЛА в ОС можна використовувати активні та пасивні способи.

Постановка задачі. Науковому дослідженню підлягає проблема розроблення бортової інтелектуальної системи реконфігурації керування (БІСРК) для забезпечення керованості системи «літак-екіпаж-БІСРК-зовнішнє середовище» в умовах виникнення особливої ситуації у польоті.

Результати дослідження. Під системою «літак-екіпаж-БІСРК-зовнішнє середовище» в умовах виникнення пошкодження зовнішньої поверхні літака у польоті, будемо розуміти літак з його аеродинамічними властивостями, дії екіпажу, спрямовані на відбиття особливої ситуації (ОС), що раптово виникла, БІСРК, що функціонує на кожному етапі розвитку ОС, середовище, що змінює свої характеристики, а також ОС, яка розвивається в часі, певним чином між собою взаємозалежні і відображають у комплексі єдине ціле, а також впливають на рішення необхідного набору задач польоту і залежно від етапу ОС із заданою точністю у визначеному наборі обмежень.

Керування такою складною системою, як «літак-екіпаж-БІСРК-зовнішнє середовище» в умовах виникнення ОС у польоті неможливе без залучення синоптичної інформації, тобто якісної інформації. Традиційні методи теорії керування виявляються малоефективними в ситуаціях, коли, не всі цілі управління об'єктом можуть бути виражені у вигляді кількісних співвідношень; процес керування є багатокроковим або зміст кожного кроку не може бути задалегідь однозначно визначений. Отже, виникає потреба застосування логіко-лінгвістичних моделей, які допомагають формалізувати знання і досвід дій екіпажів в аналогічних ОС, тобто введення в БІСРК логіко-лінгвістичних моделей поряд з математичними. Використання логіко-лінгвістичного моделювання, оснований на принципах нечіткої логіки та нейромережах, значно розширює можливості застосування БІСРК за рахунок складноформалізованих або зовсім неформалізованих завдань керування польотом літака в умовах виникнення ОС.

Можливість класифікації ОС дозволяє звести завдання прийняття рішення до завдання пошуку такого розбиття множин ситуацій на типові класи ОС, за якого кожному класу відповідає певне рішення (краще з погляду екіпажів), які успішно нейтралізували аналогічну ОС. Таким чином, у процесі функціонування БІСРК буде генеруватись рішення, що ґрунтуються на типових сценаріях, на основі попереднього досвіду та успішних дій екіпажів в аналогічних ОС. Сценарії в БІСРК мають бути пов'язані між собою такими причинно-наслідковими відношеннями, які при зміні стану системи «літак-екіпаж-БІСРК-зовнішнє середовище-ОС» (у результаті аналізу інформації від бортових вимірювальних пристроїв) повністю описували б розвиток типової ОС, яка виникла у польоті за допомогою переходу з одного сценарію в інший за оптимальним шляхом до досягнення поставленої мети.

Ядром БІСРК ситуаційного типу є «база даних» (рис 1), призначена для зберігання довгострокових даних, що описують типові ОС у вигляді логіко-лінгвістичних моделей.

Блок оцінювання поточного стану на основі інформації яка надходить на його вхід від системи діагностування зовнішнього обводу літака, систем бортового обладнання та інформації про дії екіпажу, буде формалізований опис поточної (спостережуваної) польотної ситуації, здійснює аналіз ситуації та визначає необхідність зміни стану ПС в умовах виникнення типової ОС у польоті. Дані про типовий ОС і потрібні керуючі впливи зберігаються в розподіленій «базі знань» у вигляді набору керуючих правил: «Якщо (виникла ОС), то (необхідна реконфігурація керуючих впливів), інакше (погіршений етап розвитку ОС)». З використанням інформації про поточний стан системи «літак-екіпаж-БІСРК-зовнішнє середовище-ОС» відбувається спрямований пошук потрібного правила керування. Якщо поточна ситуація вимагає реконфігурації керуючих впливів, тобто формування цільового для ситуації, що склалася у повтрі, керуючого впливу або вироблення відповідної підказки екіпажу, то опис спостережуваної ситуації надходить в блок аналізу та прийняття рішень. Цей блок містить «стабілізацію рішень», що формується за допомогою системи продукування типових ОС на конкретні правила керування, що відповідає поточній польотній ситуації системи «літак-екіпаж-БІСРК-зовнішнє середовище-ОС» для забезпечення виконання поставленої цілі. Блок формування підказок та реконфігурації керуючих впливів здійснює зіставлення керуючих впливів екіпажу з потрібними для ситуації, що склалася у польоті та приведення нев'язки, до форми, що видається на індикацію екіпажу, у вигляді підказок або автоматичної стабілізації польоту літака залежно від стану системи «літак-екіпаж-БІСРК-зовнішнє середовище-ОС». Для обробки поточної польотної інформації і прийняття рішень щодо керуючих впливів відбувається постійне звертання до розподіленої бази даних БІСРК.

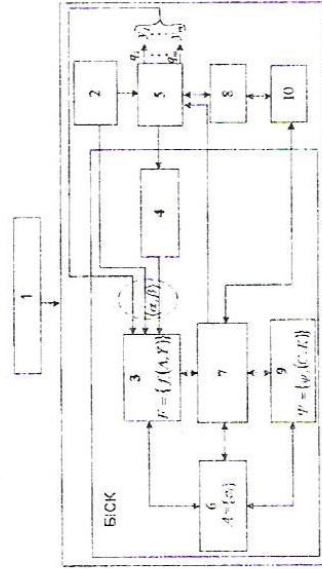


Рисунок 1 – Структурна схема БІСРК

1 – особлива ситуація; 2 – зовнішнє середовище; 3 – блок оцінки поточного стану; 4 – система діагностування зовнішнього обводу літака у польоті; 5 – літак; 6 – база даних; 7 – блок формування підказок та реконфігурації керуючих впливів; 8 – екіпаж; 9 – блок аналізу та прийняття рішень; 10 – таблиця підказок

Математичну модель задачі формування оптимального варіанта продовження польоту в умовах виникнення особливої ситуації у польоті, подано у вигляді короткежу:

$$BICRP = \langle C, A, A, P, Q, Y, F, K, \Psi, E \rangle \quad (1)$$

де $C = \{c_i\}$ – множина цілей (для даної задачі основною ціллю є збереження керованості системи «літак-екіпаж-БІСРК-зовнішнє середовище» в умовах виникнення пошкодження зовнішньої поверхні літака у польоті); $A = \{a_i\}$ – множина стратегій виконання поставлених цілей у польоті з урахуванням поточних аеродинамічних властивостей літака, дії екіпажу, що спрямовані на паркування ОС, БІСРК, яка функціонує на кожному етапі розвитку ОС, середовища, що змінює з висотою свої характеристики, а також ОС, яка впливають на результат продовження польоту (β_j – чинники, якими неможливо керувати (зовнішнє середовище, пошкодження несучої поверхні, дії екіпажу); γ_j – чинники, якими

можна керувати (реконфігурація керування, положення органів керування і несучих поверхонь)); $Q = \{q_i\}$ – множина наслідків вибору певної альтернативи забезпечення керованості літака в умовах виникнення ОС у польоті; $Y = \{y_i\}$ – вектор характеристик наслідків $q_i \in Q$, тобто оцінювання результатів вибору певної альтернативи із бази даних БІСРК для забезпечення керованості системи «літак-екіпаж-БІСРК-зовнішнє середовище-ОС» в умовах виникнення пошкодження зовнішньої поверхні літака у польоті; $F = \{f_i(A, Y)\}$ – множина функцій, яка ставить у відповідність множинам стратегій A і чинників Y множини результатів F ; $K = \{k_i\}$ – множина критеріїв ефективності оцінки вибраного керуючого правила із бази даних БІСРК, для визначення відповідності результату прийняття рішення поставленим цілям; $\Psi = \{\psi_i\}$ – множина оцінок корисності існуючих альтернатив за критеріями K , та ймовірностей впливу p^{oc} , p^{ec} , p^{ek} ; $p^{oc} = \{p_i^{oc}\}$ – множина оцінок ймовірностей впливу зовнішнього пошкодження літака, яке виникло у польоті на керованість системи «літак-екіпаж-БІСРК-зовнішнє збурення-ОС»; $p^{ec} = \{p_i^{ec}\}$ – множина оцінок ймовірностей впливу зовнішнього середовища на керованість системи «літак-екіпаж-БІСРК-зовнішнє збурення-пошкодження зовнішньої поверхні літака»; $p^{ek} = \{p_i^{ek}\}$ – множина оцінок ймовірностей впливу дій екіпажу на керованість системи «літак – екіпаж – БІСРК – зовнішнє збурення – ОС».

Висновки. Концепція створення БІСРК будується на основі інтеграції декількох технологій штучного інтелекту. Оскільки нечіткі системи працюють зі слабкоструктурованою якісною інформацією, а нейронні мережі використовують лише кількісну інформацію, через поєднання цих двох методів можна використовувати усю доступну інформацію про літак в умовах раннього виникнення ОС у польоті. Розроблений наразі цей основний алгоритм керування певним чином здатність нейронних мереж до самонавчання та адаптації до невизначеностей і здатність нечітких систем обробляти якісну інформацію, яка формується у базі даних БІСРК, створеної на досвіді успішних дій інших екіпажів в аналогічних ситуаціях у польоті.

ЛІТЕРАТУРА

1. Системні методи відновлення живучості літальних апаратів в особливих ситуаціях у польоті: монографія / В. М. Казак. – К.: Вид-во Нац авіац ун-ту «НАУ-ДРУК», 2010. – 284 с.
2. Живучість авіаційних сидлових установок: учебник для студ. вузів (направлення «Авіація і космонавтика» / В. С. Кривцов, А. Й. Рыженко; Национальный аэрокосмический ун-т им. Н.Е.Жуковского «Харьковский авиационный ин-т». – Х.: ХАИ, 2004. – 660 с.