

ЗАСТОСУВАННЯ КОГНІТИВНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ЕКІПАЖУ В УМОВАХ РОЗВИТКУ ОСОБЛИВОЇ СИТУАЦІЇ У ПОЛЬОТІ

В. М. Казак, О. М. Тачиніна, В. Ю. Міщерякова

Національний авіаційний університет

post@nau.edu.ua

Запропоновано принцип формування рекомендаційної інформації екіпажу в умовах розвитку особливої ситуації в польоті на основі когнітивного моделювання.

The principle of formation of recommendatory information has been offered to crew under conditions of special situation development in flight on a basis of cognitive modelling.

Вступ

Світовий досвід експлуатації повітряних суден (ПС) показує, що головним завданням у розвитку сучасного авіаційного транспорту є забезпечення безпеки польотів та їх високої ефективності.

Постановка задачі

Аналіз стану безпеки польотів [3] за даними міжнародної організації цивільної авіації (ІСАО) показує, що основними причинами авіаційних подій (близько 70 %) є помилки екіпажу. При цьому переважна більшість із них пов'язана з невчасними і неправильними діями екіпажу. У першу чергу, це пов'язано з тим, що розвиток особливої ситуації (ОС), має швидкоплинний характер, і екіпаж не завжди має у своєму розпорядженні час, необхідний для парирования або стабілізації розвитку ситуації, що склалася. У зв'язку з цим є доцільним пошук шляхів скорочення часу, потрібного екіпажу на усунення розвитку позаштатної ситуації або запобігання переходу її з аварійної в катастрофічну.

Розв'язання задачі

Одним з напрямів скорочення часу, потрібного пілоту на усунення або стабілізацію розвитку типової ОС, може стати застосування інформаційної системи, яка б надавала рекомендації екіпажу. Аналіз інформації, що надходить екіпажу в разі виникнення позаштатних ситуацій, показав, що існуюча сигналізація має звукову і світлосигнальну форму, яка носить попереджувальний характер.

У статті пропонується виведення рекомендаційної інформації у вигляді підказок передписуючого характеру. Ці підказки, по суті, будуть рекомендаціями до дій, що підказують екіпажу, яку з можливих альтернатив він повинен використовувати в даній конкретній польотній ситуації, що склалася. Для вирішення цього завдання в роботі передбачається застосування математичного апарату з використанням регулятора, принцип дії якого оснований на нечіткій логіці. Одна з основних переваг нечіткої логіки полягає в тому, що вона дає змогу використовувати засоби природної мови для формування рекомендаційної інформації екіпажу в польоті.

Особливість застосування нечіткого регулятора полягає в тому, що правила нечіткого формування рекомендаційної інформації, будучи умовними висловлюваннями типу «Якщо..., то..., інакше — погіршення розвитку ОС», є логічними. Застосування такого регулятора дасть можливість реалізувати попередній позитивний досвід дій екіпажів в аналогічних ситуаціях у вигляді алгоритму «Якщо..., то..., інакше — погіршення розвитку ОС» при формуванні рекомендацій, спрямованих на парировання розвитку аналогічних ОС.

Задачу формування бази знань для видачі рекомендацій пропонується розв'язати шляхом використання когнітивного моделювання, яке ґрунтується на основі суб'єктивних уявлень експертів і аналітиків про ситуацію, що склалася і можливі виходи з неї.

Під когнітивною картою розуміється суб'єктивна модель сприйняття ситуації у вигляді елементарних семантичних категорій, пов'язаних відповідними відносинами (рис. 1).

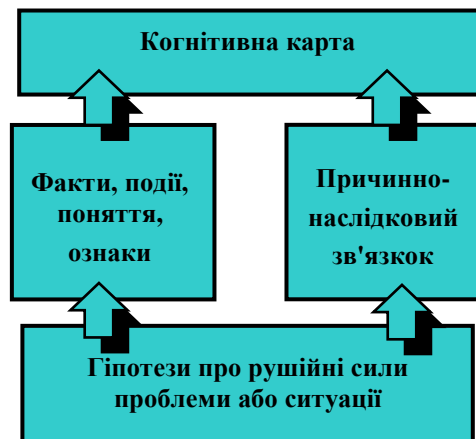


Рис. 1. Структура когнітивного моделювання

Як показує аналіз [2], існує декілька методів побудови когнітивних моделей:

1. Когнітивну карту формує особа, яка приймає рішення (ОПР).

2. Побудова когнітивної моделі (КМ) системними аналітиками та експертами або експертами-аналітиками в одній особі (у подальшому експертами) на базі вивчення документів.

3. Побудова КМ на базі опитування групи експертів, які мають можливість оцінювати причинні зв'язки.

4. Побудова КМ шляхом відкритих вибірко-вих опитувань.

Аналіз цих методів дають можливість виділити їх основні переваги і недоліки.

Перевага першого методу полягає в тому, що це найшвидший спосіб побудови КМ, а його недолік — залежність отриманих результатів від кваліфікації ОПР.

Другий метод має дві переваги: він зручний і дозволяє використовувати дані, які використовує ОПР. Проте вивчення документів експертами — процес досить складний.

Переваги третього методу полягають у можливості агрегувати індивідуальні уявлення експертів у більшому діапазоні оцінок порівняно з оцінками, отриманими під час вивчення документів.

Четвертий метод може бути використаний для побудови КМ, які порівнюються. Його переваги полягають у наданні можливості дослідникові вести активний діалог з джерелом інформації.

Для досліджень було обрано третій метод, що ґрунтується на опитуванні експертів, оскільки його можливості дають змогу використовувати апарат теорії нечітких множин [2], а також метод, заснований на обробці статистичних даних.

Основною передумовою застосування в інформаційній системі нечіткого регулятора є можливість розглядати параметри ОС та керуючі дії екіпажу як лінгвістичні змінні, які оцінюються термами (засоби природної мови). Кожний терм розглядається як нечітка множина та формалізується за допомогою функції належності $\mu^T(x)$. Функція $\mu^T(x)$ визначає ступінь належності елемента x (лінгвістичної змінної) до нечіткої множини T (терм) у числовому значенні у межах $[1,0]$. Нечітка множина повністю описується її функцією належності. Далі відбувається перехід від кінцевого значення функції належності до конкретної інформації, яка надається у вигляді підказок екіпажу.

Принцип формування бази знань із використанням когнітивного моделювання, розглянемо на прикладі рекомендаційної інформації, на базі структурної схеми штурвального режиму керування для повздовжнього каналу з нечітким регулятором (НР) (рис. 2.) [1; 2].

Для цього як вхідні лінгвістичні змінні взято похибка неузгодженості за кутом тангажа ε_ϑ та його похідної $\dot{\varepsilon}_\vartheta$, а в якості вихідної лінгвістичної змінної — значення керуючого впливу $\Delta\delta_{\text{кв}}$ (керма висоти), яке у вигляді рекомендації буде надходити на багатофункціональний індикатор (БФІ).

Поточне значення кута тангажа ϑ_n (рис. 2) порівнюється з його заданим значенням ϑ_3 , та

похибка неузгодженості ε надходить як до масштабного елемента з коефіцієнтом K_ε , так і до диференціатора S , вихід якого масштабується значенням $K_{\dot{\varepsilon}}$.

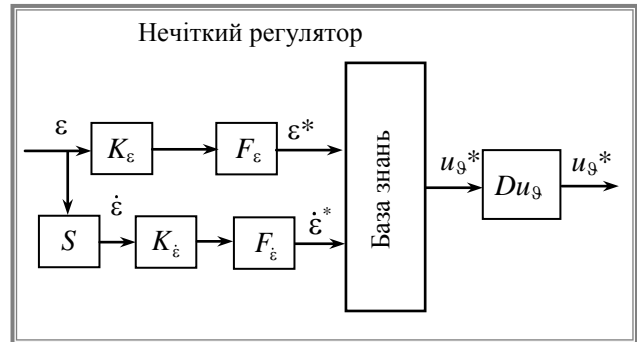


Рис. 2. Структурна схема каналу тангажа з нечітким регулятором

Елементи F_ε та $F_{\dot{\varepsilon}}$, які призначені для перетворення поточних значень неузгодженості ε та похідної від неузгодженості $\dot{\varepsilon}$ між їх лінгвістичними значеннями. Нечіткі величини ε^* та $\dot{\varepsilon}^*$ надходять до головного елемента нечіткого регулятора — бази знань.

Кожне керуюче правило представляє фрагмент знань і має вигляд «умова — дія», ліва частина яких розглядається як кон'юнкція елементарних умов, а права частина — як велика безліч елементарних дій. Для каналу тангажа, зображеного на рис. 2, кожне правило в базі знань подано:

— якщо $\dot{\varepsilon}$ буде ε^* то u буде u^* , інакше — погіршення розвитку ОС;

— якщо $\dot{\varepsilon}$ буде ε^{**} то u буде u^{**} , інакше — погіршення розвитку ОС;

— якщо $\dot{\varepsilon}$ буде ε^{***} то u буде u^{***} , інакше — погіршення розвитку ОС,

де $\dot{\varepsilon}$, u — похідні похибки неузгодженості керування за каналом тангажа, а ε^* , ε^{**} , ε^{***} , u^* , u^{**} , u^{***} — їх лінгвістичні оцінки.

Блок Du_{ϑ} здійснює перетворення лінгвістичних значень u^* , u^{**} , u^{***} у їх чіткі числові значення $u_{1\vartheta}$, $u_{2\vartheta}$, $u_{3\vartheta}$. Знайдене чітке значення керуючого впливу, яке залежно від режиму роботи НР буде надходити до БФІ у вигляді рекомендаційної інформації екіпажу.

Таким чином, лінгвістичні керуючі правила, які формуються на основі позитивного досвіду дій екіпажів для даних умов польоту, встановлюють залежність між льотною ситуацією, що склалася, і необхідним керуючим впливом.

Значення лінгвістичних змінних пропонується описати згідно з наведеною нижче якісною шкалою, яка сформульована в термінах теорії нечітких множин:

1. НВ — негативне велике;
2. НС — негативне середнє;
3. НМ — негативне мале;

4. НН — негативно близьке до нуля;
5. БН — близьке до нуля;
6. ПН — позитивно близьке до нуля;
7. ПМ — позитивне мале;
8. ПС — позитивне середнє;
9. ПВ — позитивне велике.

Для визначення ступеня належності лінгвістичних змінних наведеним нечітким множинам, групі експертів було запропоновано оцінити області значень вхідних змінних ε_9 , $\dot{\varepsilon}_9$ та вихідної змінної $\Delta\delta_{\text{кв}}$. В анонімному індивідуальному опитуванні брали участь 10 респондентів з високим, приблизно однаковим, рівнем авторитету, за спеціальністю — пілоти і пілоти-випробувачі.

Потім експертам було запропоновано області значень лінгвістичних змінних: ε_9 похибки неузгодженості за кутом тангажа ϑ та його похідної $\dot{\varepsilon}_9$, а також керуючих впливів $\Delta\delta_{\text{кв}}$ описати згідно з наведеною вище якісною шкалою, яка сформульована в термінах теорії нечітких множин. Результати проведеного тестування для кожної лінгвістичної змінної зведені в табл. 1.

Таблиця 1

База знань

№	Значення неузгодженості ε_9	Значення неузгодженості $\dot{\varepsilon}_9$	Значення неузгодженості $\Delta\delta_{\text{кв}}$
1	НВ	НВ або НС	ПВ
2	НВ або НС	НМ	ПС
3	НМ	ПМ або Н	ПС
4	НН	ПВ або С	ПС
5	НН	НВ або С	НС
6	ПН або БН	НН	НН
7	ПН	НВ або С	ПС
8	ПН	ПВ або ПС	НС
9	ПМ	ПМ або НН	НС
10	ПВ або ПС	НМ	НС
11	ПВ	НВ або НС	НВ
12	НН	ПМ	ПМ
13	НН	НМ	НМ
14	ПН	ПМ	ПМ
15	ПН	ПМ	НМ

Розглянемо подальше перетворення лінгвістичних змінних у чітке числове значення керуючого впливу на прикладі ε_9 (аналогічно для $\dot{\varepsilon}_9$, $\Delta\delta_{\text{кв}}$). Результати опитування респондентів зведено у табл. 2.

Обробка отриманих даних відбувається з використанням матриці підказок, елементи якої визначаються за формулою:

$$k_j = \sum_{i=1}^9 b_{ij}, \quad j = \overline{1,9}. \quad (1)$$

Таблиця 2

Відповідність меж значень лінгвістичної змінної ε_9 нечітким множинам

Нечітка множина	Область значень ε_9								
	-10—-7	-7—-5	-5—-2	-2—0	0	0—2	2—5	5—7	7—10
НВ	7	2	1						
НС		6	2	2					
НМ		2	6	2					
НН				8	2				
Н					10	1			
ПН					1	9			
ПМ						2	8		
ПС							3	7	
ПВ								2	8
k_j	7	10	9	12	13	12	11	9	8

Матриця підказок для ε_9 матиме вигляд $\dot{\varepsilon}_9 = \parallel 7 \ 10 \ 9 \ 12 \ 13 \ 12 \ 11 \ 9 \ 8 \parallel$.

З останнього рядка табл. 2 обираємо елемент з максимальним значенням:

$$k_{\text{max}} = \max k_j = \max \{7; 10; 9; 12; 13; 12; 11; 9; 8\} = 13.$$

Далі за виразом

$$c_{ij} = \frac{b_{ij} k_{\text{max}}}{k_j}, \quad i = \overline{1,9}, \quad j = \overline{1,9} \quad (2)$$

знаходимо зважені значення лінгвістичних змінних, за максимальними значеннями яких визначаємо степені належності значень лінгвістичних змінних до нечітких множин:

$$\mu_{ij} = \frac{c_{ij}}{c_{i\text{max}}}. \quad (3)$$

Для ε_9 визначаємо максимальні значення за рядками таблиці $c_{i\text{max}} = \max_j c_{ij}, \quad i = \overline{1,9}, \quad j = \overline{1,9}$

$$\begin{aligned} c_{1\text{max}} &= 13,0; & c_{4\text{max}} &= 8,6; & c_{7\text{max}} &= 9,45; \\ c_{2\text{max}} &= 7,8; & c_{5\text{max}} &= 10,0; & c_{8\text{max}} &= 10,1; \\ c_{3\text{max}} &= 8,6; & c_{6\text{max}} &= 9,75; & c_{9\text{max}} &= 13,0. \end{aligned}$$

За отриманими степенями належності μ_i лінгвістичної змінної ε_9 до нечіткої множини будувемо функцію належності значень лінгвістичної змінної ε_9 (рис. 3).

Таким чином, принцип формування рекомендаційної інформації на основі розробленої бази знань (див. табл. 1) можна пояснити так: «Якщо значення похибки неузгодженості за кутом тангажа $\varepsilon_9 = 6$ відповідає нечіткій множині ПМ (позитивне мале) із ступенем приналежності 0,8 і значення швидкості зміни похибки неузгодже-

ності за кутом тангажа $\dot{\varepsilon}_g = 3$ відповідає нечіткій множині ПМ (позитивне мале) із ступенем приналежності 0,6, то необхідний НС (негативно середнє) керуючий вплив, що відповідає положенню штурвала «Від себе», інакше «Посилення розвитку ОС».

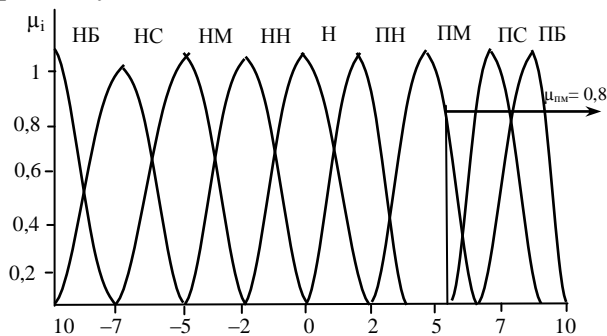


Рис. 3. Функції належності значень лінгвістичної змінної ε_g нечітким множинам

У цьому випадку для лінгвістичної змінної $\Delta\delta_{\text{кв}}$ нечіткі множини НБ, НС, НМ, НН відповідають положенню штурвала «Від себе», а нечіткі множини ПБ, ПС, ПМ, ПН — відповідають положенню штурвала «На себе».

Як рекомендаційну інформацію екіпажу пропонується виводити: інформацію про зміну визначального параметра та необхідний керуючий вплив. Оскільки $\Delta\theta = \Delta\alpha + \Delta\theta$ [26], а зміна кута нахилу траєкторії, що характеризує довгоперіодичний повздовжній рух літака, відбувається істотно повільніше, ніж зміна кута атаки, припустимо, що $\Delta\theta \approx \Delta\alpha$.

На підставі цього припущення при виведенні рекомендацій екіпажу на БФІ пропонується

виводити інформацію не про похибку неузгодженості за кутом тангажа, а інформацію про зміну кута атаки (рис. 4).

**Якщо $\Delta\alpha \uparrow$
То: Штурвал від себе
Інакше: Звалювання**

Рис. 3. Приклад кадру виведення рекомендаційної інформації екіпажу на БФІ

Висновки

Запропонований метод формування бази знань, заснований на позитивному попередньому досвіді експертів-пілотів, дає змогу формалізувати польотну інформацію з урахуванням поточного розвитку ОС у вигляді нечітких логічних висловів, що зв'язують вхідні лінгвістичні змінні і вихідні керівні дії, які у вигляді рекомендацій екіпажу надходять на БФІ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Казак В. Н. Системы автоматического и полув автоматического управления полетом. / В. Н. Казак, В. И. Салимон, А. А. Туник. — К. : НАУ, 2001. — 200 с.
2. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств / А. Кофман. — М. : Радио и связь, 1982. — 432 с.
3. Тачиніна О. М., Казак В. М. Математична модель системи «літак—пілот—середовище» в умовах розвитку особливої ситуації у польоті // Зб. наук. пр. «Проблеми інформатизації та управління». — К. : НАУ. — 2006. — Вип. 3(18). — С. 165—169.

Стаття надійшла до редакції 30.09.09.