

УДК 658.52.011.56:656.7.022

В.В. ПАВЛОВА

Державна льотна академія України, Україна

АВТОМАТИЗАЦІЯ ОЦІНЮВАННЯ СКЛАДНОСТІ ОСОБЛИВОЇ СИТУАЦІЇ В ЗАДАЧІ ФОРМУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ІНТЕРФЕЙСУ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ АВІАДИСПЕТЧЕРОМ

В статті розглянуто підхід до оцінювання складності особливої польотної ситуації з позицій теорії нечітких множин. Побудовані функції належності терм-множини „Особлива ситуація”, подано модель вибору режиму роботи системи в залежності від складності ситуації при наданні інформаційної підтримки прийняття рішень авіадиспетчеру.

управління повітряним рухом, авіадиспетчер, особливі ситуації, нечіткі множини, функції належності, інформаційна підтримка, система підтримки прийняття рішень

Вступ

В сучасних автоматизованих системах управління повітряним рухом (УПР) вже певний час існує проблема інформаційної підтримки прийняття рішень в так званих кризових ситуаціях (КС), окремі задачі якої на даний момент успішно вирішені [1, 2]. Проте однією з головних задач залишається проблема оптимального представлення інформаційної підтримки оператору. Її пропонувалось вирішувати шляхом створення інтелектуального інтерфейсу системи підтримки прийняття рішень в КС [3].

Подання інформаційної підтримки повинно бути адаптованим до параметрів КС, таких як складність ситуації, метеоумови, льотно-технічні характеристики повітряного судна тощо та до особливостей оператора. До того ж своєчасна й адекватна інформаційна підтримка може запобігти подальшому розвитку особливої ситуації [4].

В роботах [3, 5, 6] розглянуто розробку адаптивних інформаційних моделей підтримки прийняття рішень з врахуванням особливостей людини-оператора та цінності інформації. Дана стаття присвячена дослідженню впливу складності КС на представлення інформаційної підтримки операторові. Для цього розглядаються шляхи оцінки складності ситуації та модель, згідно з якою відбувається адаптивна зміна режиму роботи системи.

1. Підходи до оцінювання складності особливої ситуації

Під *кризовими* будемо розуміти множину *особливих ситуацій*, що виникають в процесі польоту в результаті дії ряду несприятливих факторів та що вимагають від операторів авіатранспортної системи нестандартних дій, спрямованих на відновлення нормального функціонування системи. КС завжди пов'язані з великим інформаційним навантаженням на оператора, жорстким лімітом часу для дій по виходу з КС в умовах стресу та напруженості.

Термін «особлива ситуація» (ОС) визначається в авіації як ситуація, що виникає в польоті в результаті впливу несприятливих факторів або їх сполучень, і що приводить до зниження безпеки польоту [7 – 9].

За ступенем небезпеки особливі ситуації розділяються на ускладнення умов польоту, складну (небезпечну) ситуацію, аварійну та катастрофічну ситуації.

Як критерії особливих ситуацій прийняті:

- ступінь збільшення психофізіологічного навантаження на екіпаж;
- ступінь погіршення характеристик стійкості і керованості або льотних характеристик;
- стан параметрів польоту щодо обмежень, установлених для даного типу літака;
- характер дій екіпажа по виводу літака з ОС.

З огляду на зазначені критерії, розглянемо формування особливих ситуацій [8].

Ускладнення умов польоту (УУП) – особлива ситуація, що характеризується незначним збільшенням психофізіологічного навантаження на екіпаж, або незначним погіршенням характеристик стійкості і керованості або льотних характеристик.

При ускладненні умов польоту допускається зміна плану польоту відповідно до вказівок РЛЕ (при дотриманні ознак, зазначених вище).

Складна ситуація – особлива ситуація, що характеризується помітним підвищенням психофізіологічного навантаження на екіпаж, або помітним погіршенням характеристик стійкості і керованості або льотних характеристик, або виходом одного чи декількох параметрів польоту за експлуатаційні обмеження, але без досягнення граничних обмежень і (або) розрахункових умов.

Запобігання переходу складної ситуації в аварійну або катастрофічну може бути забезпечено своєчасними і правильними діями членів екіпажу (відповідно до РЛЕ), у тому числі негайною зміною плану, профілю або режиму польоту.

Прикладом складної ситуації може служити ситуація, що виникає при відмові другого двигуна на режимі крейсерського польоту з одним двигуном,

що відмовив, на літаку з декількома двигунами.

Аварійна ситуація – особлива ситуація, що характеризується значним підвищенням психофізіологічного навантаження на екіпаж, або значним погіршенням характеристик стійкості і керованості або льотних характеристик, або призводить до досягнення (перевищення) граничних обмежень і (або) розрахункових умов.

Запобігання переходу аварійної ситуації в катастрофічну вимагає високої професійної майстерності членів екіпажу. Прикладом аварійної ситуації може служити ситуація, що виникає при відмовленні такої кількості двигунів на літаку, при якій горизонтальний політ на будь-якій висоті неможливий.

Катастрофічна ситуація – особлива ситуація, для якої приймається, що при її виникненні запобігання загибелі людей і (або) утрати літака виявляється практично неможливим.

Наочно розвиток ОС та фактори, що на неї впливають, зображено на рис. 1 [8].

Очевидно, що якісне визначення видів ОС, що прийняте в авіації, не дозволяє чітко визначити рівень складності ОС кожного виду. Оцінити кількісно ступінь складності особливої ситуації можна за допомогою коефіцієнта, що враховує ступінь близькості ситуації до нормальних умов.

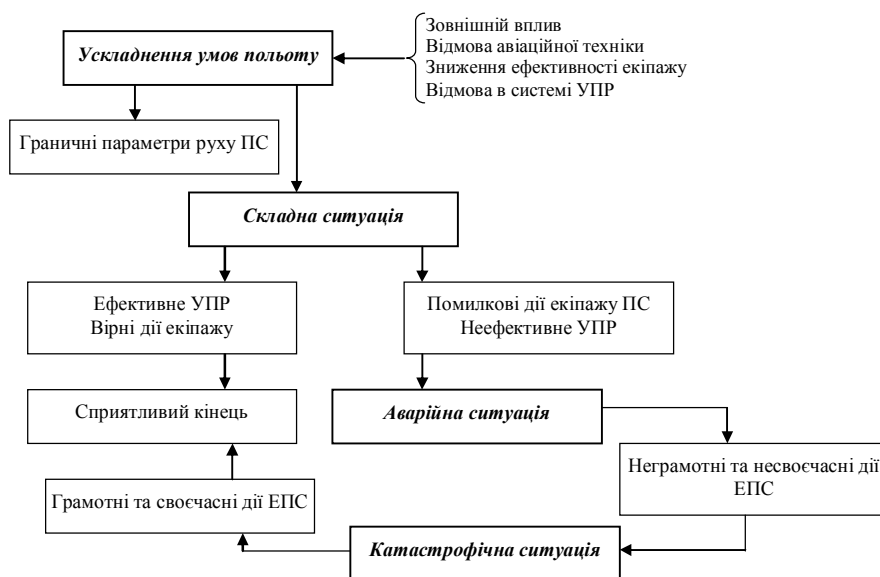


Рис. 1. Розвиток особливої ситуації

Часові обмеження, в яких доводиться працювати при виникненні ОС, є показником їх складності та деякою мірою психічної напруженості діяльності оператора. Виходячи з цього, введемо наступний коефіцієнт, зворотній до відомого [10] коефіцієнту напруженості (K_n). Коефіцієнт K дорівнює відношенню часу, що є в розпорядженні у оператора при виникненні ОС, до комфортного часу, який необхідний операторові для безпомилкового вирішення задачі в нормальних умовах поза жорсткими часовими обмеженнями:

$$K = T_{розн} / T_{комф}. \quad (1)$$

З цієї формули видно, що указаний коефіцієнт визначає ступінь складності ситуації й рівень психічної напруженості по відношенню до нормальних умов діяльності.

2. Побудова функцій належності лінгвістичної змінної „Особлива ситуація”

Для отримання кількісної характеристики розвитку особливої ситуації, яка залежить від часу, що є у розпорядженні, був використаний апарат теорії нечітких множин.

Побудову функцій належності нечіткої лінгвістичної змінної „Особлива ситуація” було здійснено за допомогою методу з використанням статистичних даних [11], у якому як ступінь приналежності елемента множині μ приймається оцінка експертами частоти використання поняття, що задається термом, для характеристики елемента.

Для кількісної оцінки термів „Особлива ситуація” застосована інтервальна шкала коефіцієнту K [0...1]. Максимально можлива величина коефіцієнту приймалась рівною одиниці, що відповідає найбільш простій ситуації. Інтервал [0; 1] був розбитий на 20 відрізків з кроком 0,05, по кожному з яких підраховувалась кількість експертів, які використали певне значення лінгвістичної змінної для вираження свого уявлення про величину коефіцієнту.

Використано геометричний прийом оцінювання.

У процесі опитування експертів необхідно з'єднати лініями границі між назвами термів лінгвістичної змінної „ОС” на верхній шкалі, умовно названої в анкеті „Розвиток особливої ситуації”, з відповідними їм кількісними значеннями на нижній інтервальній шкалі.

Для проведення експерименту було сформовано групу експертів з 25 чоловік за спеціальністю авіадиспетчери. Обрано метод анонімного індивідуального прямого оцінювання. Загальну кількість експертів – 25 чоловік було визначено на підставі рекомендацій [12] для можливості перевірки узгодженості думок експертів з використання методів математичної статистики.

Експертне опитування відбувалось за методом Дельфи [12, 13], основними особливостями якого є багатотурова процедура опитування експертів, повна відмова від особистих контактів експертів і колективних обговорень, забезпечення експертів інформацією після кожного туру опитування при збереженні анонімності оцінок і ін.

Опитування проведено в 2 тури, після кожного з яких результати оброблялися і доводилися до відому експертів. Статистика даних, отриманих після проведення першого туру анкетування, наводиться в табл. 1.

Для оброблення отриманих даних була використана так звана матриця підказок, елементи якої обчислюються за формулою (2):

$$k_j = \sum_{i=1}^5 b_{ij}, \quad j = \overline{1,10}. \quad (2)$$

Серед елементів матриці підказок обираємо максимальний елемент

$$k_{\max} = \max k_j. \quad (3)$$

Далі всі елементи табл. 1 перетворюємо за формулою (4):

$$c_{ij} = \frac{b_{ij} k_{\max}}{k_j}, \quad i = \overline{1,5}, \quad j = \overline{1,10}. \quad (4)$$

Для побудови функцій належності знаходимо максимальні елементи за строками:

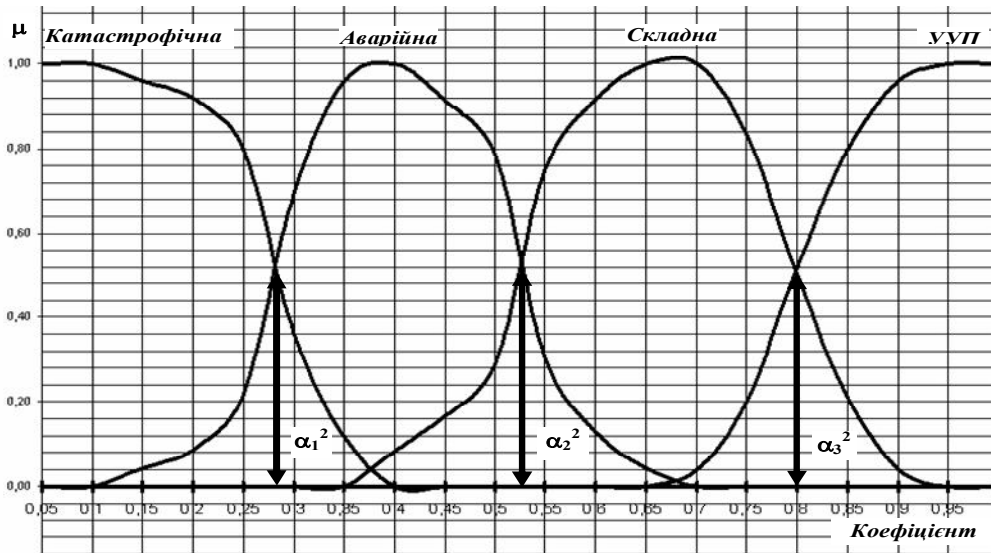


Рис. 3. Функції належності терм-множини „Особлива ситуація” після другого туру експертизи

Обробка експертних оцінок за значенням середин інтервалів, зазначених експертами для кожного терму, виявила високу узгодженість думок експертів (коефіцієнт варіації $v < 0,33$).

3. Модель вибору режиму роботи системи при наданні інформаційної підтримки авіадиспетчеру

Отримані результати формалізації розвитку ОС були використані для адаптації представлення інформаційної підтримки до параметрів ситуації шляхом вибору режиму роботи системи та категоричності видачі інформації, що розглянуті в [3, 15].

Загальну модель визначення режиму роботи системи в КС доцільно побудувати на основі продукційного підходу до виводу знань у вигляді сукупності лінгвістичних висловлювань типу „ЯКЩО <умова>, ТО <дія>” та представити у вигляді таблиці рішень [14] (для вибору режиму – табл. 5, для категоричності – табл. 6).

Одним з впливових факторів при наданні інформаційної підтримки є також рівень знань, навичок та вмій (ЗНВ) авіадиспетчера, який було враховано в таблиці рішень у вигляді булевої змінної (0, 1), що відповідає „знанню” чи „незнанню” певного елемента ЗНВ оператором. Рівень ЗНВ отримуємо з індивідуальної моделі спеціаліста з УПР.

Таблиця 5
Модель вибору режиму роботи системи при наданні інформаційної підтримки

IF		THEN	
Вид ОС	AND	Рівень ЗНВ	
УУП		1	Альтернативи
УУП		0	Пасивний
СС		1	Напівактивний
СС		0	Напівактивний
АС		1	Напівактивний
АС		0	Напівактивний
КС		1	Активний
КС		0	Активний

Таблиця 6
Модель вибору категоричності представлення інформаційної підтримки

IF		THEN	
Вид ОС	AND	Рівень ЗНВ	
УУП		1	Альтернативи
УУП		0	–
СС		1	Констатація факту
СС		0	Констатація факту
АС		1	Гіпотеза
АС		0	Гіпотеза
КС		1	Рекомендація
КС		0	Рекомендація

Висновки

Таким чином, застосування функцій належності в умовах нечіткого визначення дозволило формалізувати якісні характеристики особливих ситуацій, що виникають у польоті. Результати можуть бути

використані в процесі УПР для прогнозування розвитку особливої ситуації через час, що є у розпорядженні, та вибору режиму роботи системи при наданні інформаційної підтримки та її категоричності.

Розроблені моделі вибору режиму роботи системи та категоричності представлення інформаційної підтримки вирішують одну з задач створення інтелектуального інтерфейсу системи підтримки прийняття рішень авіадиспетчером, адаптованої до індивідуальних особливостей людини та до параметрів польотної ситуації.

Література

1. Сікірда Ю.В. Автоматизація інформаційної підтримки оператора авіаційної ергатичної системи в екстремальних польотних ситуаціях // Автоматизація виробничих процесів. – 2003. – № 2 (17). – С. 47 – 51.
2. Щепотко Л.А., Неделько В.Н. Моделирование областей достижимости воздушного судна в аварийных ситуациях, требующих экстренного завершения полета // Наукові праці академії. – Кіровоград: Видавництво ДЖАУ. – 2000. – Вип. V, ч. I. – С. 217 – 223.
3. Неделько В.Н., Павлова В.В. Формирование адаптивной информационной модели как средства повышения эффективности принятия решений в проблемных ситуациях // Наукові праці академії – Кіровоград: Видавництво ДЖАУ. – 2002. – Вип. VI, ч. II. – С. 284 – 290.
4. Изучение человеческого фактора при авиационных происшествиях и инцидентах. Человеческий фактор: Сборник материалов № 7. Циркуляр ICAO 240 – AN/144. – Монреаль, Канада, 1993. – 76 с.
5. Павлова В.В. Методи формування вихідної когнітивної моделі спеціаліста з управління повітряним рухом // Аерокосмічні системи моніторингу та керування: Матеріали VI міжнар. наук.-техн. конф. “АВІА–2004”. Київ, 26 – 28 квітня 2004. – К.: НАУ, 2004. – Т. 2. – С. 21.57 – 21.60.
6. Павлова В.В., Жесан Р.В. Нейросіткова модель прогнозу індивідуальних інформаційних потреб авіадиспетчерів // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація.– Кіровоград: КНТУ, 2004. – Вип. 15. – С. 222 – 228.
7. Наставление по производству полетов в гражданской авиации СССР (с изменениями и дополнениями). – М.: Воздушный транспорт, 1985. – 262 с.
8. Зубков Б.В., Минаев Е.Р. Основы безопасности полетов. – М.: Транспорт, 1987. – 143 с.
9. Положення про систему управління безпекою польотів на авіаційному транспорті. – К.: Державний департамент авіаційного транспорту, 2003. – 88 с.
10. Котик М.А. Курс инженерной психологии. – Таллин: Валгус, 1978. – 364 с.
11. Борисов А.И., Крумберг О.А., Федоров И.П. Принятие решений на основе нечетких моделей: Примеры использования. – Рига: Зинатне, 1990. – 184 с.
12. Макаров И.М., Виноградская Т.М. и др. Теория выбора и принятия решений: Учебное пособие. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1982. – 328 с.
13. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. – М.: Статистика, 1980. – 263 с.
14. Герасимов Б.М., Грабовский Г.Г., Рюмшин Н.А. Нечеткие множества в задачах проектирования, управления и обработки информации. – К.: Техніка, 2002. – 140 с.
15. Акбашев О.Ф., Полулях К.Д. Методические основы оценки опасности полетных ситуаций и ее использования на борту летательного аппарата // Проблемы безопасности полетов: Обзорн. инф. – М.: ВИНТИ, 1998. – Вып. 6. – С. 32–38.

Надійшла до редакції 10.12.2004

Рецензент: д-р. техн. наук, проф. Ю.Б. Беляєв, Національний університет харчових технологій, НВП «Київський інститут автоматизації», Україна.