

УДК 004.825

О.Г. Матющенко¹, М.Ю. Гусак², В.М. Руденко³, А.В. Довбня¹ Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків² в/ч А4245³ Донбаська державна машинобудівна академія, Краматорськ

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ МЕТОДУ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ РОЗПІЗНАВАННЯ СИТУАЦІЙ В ПОВІТРЯНОМУ ПРОСТОРИ

У статті розглядаються питання, пов'язані з дослідженням методу формалізації знань про процес розпізнавання ситуацій порушення правил руху повітряними судами для використання отриманих результатів при розробці спеціального математичного та програмного забезпечення в перспективних комплексах засобів автоматизації.

Ключові слова: СППР, формалізація знань, модель знань, повітряний рух.

Вступ

Вирішення задачі розпізнавання ситуацій, що можуть скластись в повітряному просторі в умовах неповноти, невизначеності та суперечливості вихідних даних дозволить підвищити якість вироблюваних з використанням комплексів засобів автоматизації рішень і рекомендацій. Одним з найбільш важливих завдань, що виникають при розробці математичного та програмного забезпечення розпізнавання ситуацій повітряного простору, є завдання формалізації знань про класи ситуацій і процеси розпізнавання [2].

Проте рішення задачі розпізнавання ситуацій в експертних системах (ЕС) в умовах неповноти, невизначеності та суперечливості вихідних даних дозволить підвищити якість вироблюваних з використанням ЕС рішень і рекомендацій.

Аналіз літератури. У літературі [2, 4, 5, 6, 7] запропоновано велику кількість методів, що дозволяють вирішити задачу розпізнавання. У роботах [2, 5, 6] розглядаються методи представлення знань, засновані на положеннях теорії нечітких м'ір і множин. Використання безперервної шкали оцінок дозволяє приймати рішення про клас ситуацій в повітряному просторі на основі неточної, неповної та різномірної інформації. Недоліком даних методів є неможливість визначення кількісних характеристик розпізнаваних класів подій. У роботах [4, 5] запропоновано використовувати модель знань, засновану на теорії нечітких м'ір і множин для категоріювання. Методи подання знань засновані на логічних моделях описані в роботах [2, 6].

У ряді робіт [1, 2, 4, 5, 7, 11] для формалізації процесу вирішення завдань розпізнавання ситуацій було запропоновано використання апарату формалізації, що дозволяє представити знання про процеси рішення завдання розпізнавання у вигляді функціо-

нальної мережевої моделі. Такі методи дозволяють створити прості для розуміння формалізовані описи предметної області, але при цьому мають ряд істотних недоліків.

Проведений аналіз існуючих методів подання знань свідчить про необхідність проведення додаткових досліджень з оцінки якості застосування методів вирішення задачі розпізнавання ситуацій, що можуть виникати в повітряному просторі.

Мета. Основною метою статті є оцінка і вибір оптимального методу розв'язання задачі розпізнавання ситуацій в повітряному просторі при неповноті, суперечливості і невизначеності вихідних даних.

Основна частина

Оцінка якості вирішення задачі розпізнавання ситуацій в повітряному просторі проводилась методом експерименту. При цьому використовувалась структура цільових настанов (СЦН) із використанням різних виразів [1].

Впровадження нових інформаційних технологій дозволить здійснити перехід від розподілу задач між комплексами засобів автоматизації та операторами.

Основною метою розпізнавання є побудова ефективних обчислювальних моделей і методів формалізованих описів ситуацій для віднесення їх до відповідних класів. За умови встановлення відповідності між класами, заданими на множині рішень і множині розпізнаних ситуацій, автоматизація процедур розпізнавання стає елементом автоматизації прийняття рішень.

При побудові класів ситуацій слід враховувати той факт, що кількість ознак, що характеризують даний клас, може бути практично необмеженою.

Тому під класом ситуацій слід розуміти сукупність ознак об'єктів, що характеризуються наявністю спільних властивостей.

Під алфавітом класів

$$A_L = \{k_1, k_2, \dots, k_n\}, L = \overline{1, s}$$

слід розуміти класи, що не перетинаються, котрі описують ту чи іншу ситуацію порушення правил використання повітряного простору.

Згідно керівних документів з контролю повітряного простору України та порядку його використання повітряними суднами виділяють дві основні

ситуації, що виникають в повітряному просторі – «штатну» та «позаштатну».

Для формалізації таких завдань доцільне використання мережевих і логічних моделей знань. Зокрема, мова йде про використання комбінованих моделей, заснованих на використанні структури цільових настанов (СЦН) та обчислення предикатів першого порядку (ОП) [5, 9, 10].

Таблиця 1

Основні різновиди порушень повітряними суднами правил використання повітряного простору

№	Назва ситуації	Опис ситуації
1	Штатна	Всі повітряні об'єкти рухаються відповідно до заявок і розкладів руху
2	Загроза перетину кордону	Повітряний об'єкт рухається в напрямі кордону поза заявою (без заявки) на політ
3	Перетин кордону повітряними судном	Повітряний об'єкт перетинає кордон з зовні, поза заявою (без заявки) на політ
4	Форс-мажорна ситуація	Повітряний об'єкт перетинає державний кордон з зовні, поза заявою на політ у зв'язку з форс-мажорною ситуацією
5	Викрадення повітряного судна	Повітряне судно рухається в напрямі кордону з території України поза заявою на політ
6	Порушення правил використання повітряного простору	Повітряне судно рухається відповідно до заявки на політ з порушенням правил використання повітряного простору

Для процесу визначення ознак порушення правил використання повітряного простору необхідно проаналізувати сукупність інформаційних ознак (ІО) [12]. Ці дані можна розділити на дві групи:

1) Дані, що надходять від радіолокаційної розвідки. Такі дані характеризуються мінімальною затримкою за часом, оскільки формуються за результатами кожного огляду повітряного простору радіолокаційними засобами.

До таких даних належать: плоскісні координати повітряного об'єкту на даний момент часу X_j, Y_j ; висота польоту повітряного об'єкту H_j ; швидкість руху повітряного об'єкту V_j ; курс руху повітряного об'єкту ψ_j ; час польоту t_j ; номер заявки на політ N_j ; кількість повітряних об'єктів K_j ; наявність чи відсутність сигналу лиха R_j ; ознака державної належності ДП; наявність чи відсутність несприятливої метеообстановки M_j ; наявність чи відсутність несприятливої орнітологічної обстановки Og_j ;

2) Дані диспетчерського контролю: заданий ешелон висоти ΔH_j ; задана швидкість польоту ΔV_j ; заданий курс польоту $\Delta \psi_j$; заданий інтервал часу польоту повітряного судна Δt_j ; запланований номер

повітряного судна $N_{зпл}$; кількість повітряних об'єктів указаних в заяві на політ K_3 .

Для розпізнавання шести класів ситуацій необхідно розділити інформаційні ознаки, що характеризують ситуацію, на кількісні \overline{D}_j та якісні \overline{F}_j .

$$\overline{D}_j = \{H_j, V_j, X_j, Y_j, X_j^2, Y_j^2, X_j, Y_j, \psi_j\}, \quad (1)$$

$$\overline{F}_j = \{N_j, K_j, t_j, R_j, BK_j, Or_j, M_j\}. \quad (2)$$

У залежності від прийнято способу опису апріорних даних можуть бути побудовані різні алгоритми розпізнавання. Найчастіше для опису апріорних даних використовується математичний апарат нечітких множин. Формалізований опис кількісних ознак представляється функцією приналежності значення ознак у виді нечіткого інтервалу (LR-інтервалу) [2].

Прийняття рішення про ситуацію у повітряному просторі для кожної СЦН (ΦM_{1-6}) здійснюється з використанням наступних операцій:

$$\Phi M_1 = \prod_{i=1}^n \overline{D}_j + \prod_{i=1}^n \overline{F}_j, \quad (3)$$

$$\Phi M_2 = \sum_{i=1}^n \overline{D}_j \cdot \sum_{i=1}^n \overline{F}_j, \quad (4)$$

$$\Phi M_3 = \max(\min(\overline{D}_j \overline{F}_j)), \quad (5)$$

$$\hat{O}i_4 = \sum_{i=1}^n \overline{D_j F_j} / N, \quad (6)$$

$$\Phi M_5 = \min(\max(\overline{D_j F_j})), \quad (7)$$

$$\Phi M_6 = \frac{\sum_{i=1}^n (\overline{D_j F_j}) - \prod_{i=1}^n (\overline{D_j F_j})}{1 + \sum_{i=1}^n (\overline{D_j F_j}) - 2 \cdot \prod_{i=1}^n (\overline{D_j F_j})}. \quad (8)$$

Для оцінки якості рішення задачі розпізнавання ситуацій в повітряному просторі з використанням кожного з вищенаведених методів, були розроблені тестові вибірки. При цьому, одні вибірки однозначно характеризують ситуації, а інші враховують схожість характеристик. У табл. 2 наведена частина тестової вибірки, яка використовувалася для перевірки якості роботи СЦН з використанням кожного виразу.

Таблиця 2

Приклад тестової вибірки

Ситуація/Інф. ознаки	X	Y	X'	Y'	X̄	Ȳ	V	H
Штатна	6555	4500	6500	4570	6500	4500	1700	9000
	6700	4700	6600	4600	6700	4700	1800	8500
	6650	4595	6560	4650	6600	4600	1750	10000
	6495	4600	6590	4300	6650	4650	1755	8000
	6600	4600	6700	4700	6500	4500	1790	11000

Після проведення тестування можна оцінити ефективність роботи СЦН з різними правилами ФМ₁₋₆.

Результати розпізнавання СЦН з виразами ФМ₁₋₆ відображено в табл. 3.

Таблиця 3

Коефіцієнти правильного розпізнавання ситуацій СЦН

ФМ1	ФМ2	ФМ3	ФМ4	ФМ5	ФМ6
0,73	0,81	0,35	0,92	0,35	0,85

За даними, наведеними в табл. 2, побудуємо діаграму, що відображає ефективність ФМ₁₋₆ при вирішенні задачі розпізнавання ситуацій (рис. 4).

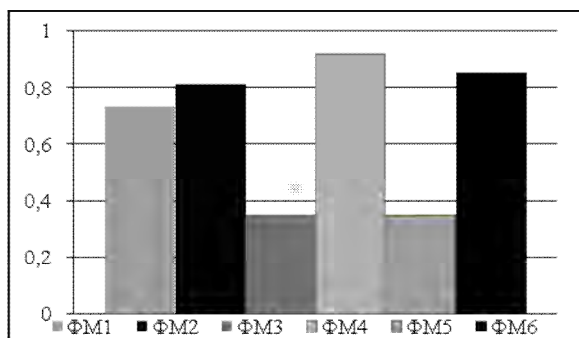


Рис. 1. Результати роботи алгоритму розпізнавання

Проведемо аналіз СЦН. Встановимо порогове значення, що дорівнює 0,5. ФМ₃ та ФМ₅ має занадто низький коефіцієнт правильного визначення ситуацій, тобто є не ефективними. Це обумовлено логічними правилами, що використовуються в даних СЦН. Якщо хоча б одне значення дорівнює 0, то інші значення не враховуються.

Як зазначалося раніше, вирішення задачі розпізнавання ситуацій в умовах неповноти, невизначеності та суперечливості вихідних даних дозволить

підвищити якість вироблених з використанням ЕС рішень і рекомендацій. Результати роботи алгоритму розпізнавання ситуацій в повітряному просторі при тому, що одна складова із тестової вибірки невідома, наведена в табл. 4.

Таблиця 4

Коефіцієнти правильного розпізнавання ситуацій СЦН, при тому що одна інформаційна ознака невідома

ФМ1	ФМ2	ФМ3	ФМ4	ФМ5	ФМ6
0,27	0,80	0,00	0,83	0,17	0,83

З таблиці видно, що СЦН з виразами ФМ₁, ФМ₃ та ФМ₅ не здатні функціонувати в умовах невизначеності. Проте ФМ₂, ФМ₄ та ФМ₆ мають достатньо високі показники, а тому потребують подальших досліджень. Таким чином, в табл. 5 наведені результати роботи алгоритму при тому, що дві складові невідомі.

Таблиця 5

Коефіцієнти правильного розпізнавання ситуацій СЦН, при тому що дві інформаційні ознаки невідомі

ФМ1	ФМ2	ФМ3	ФМ4	ФМ5	ФМ6
0,27	0,93	0,00	0,73	0,17	0,90

За даними, наведеними в табл. 5, видно, що показники виразів ФМ₂ та ФМ₆ зросли. Це обумовлено тим, що тестова вибірка, запропонована для проведення експерименту, може неоднозначно ідентифікувати ситуацію.

Виходячи з вищенаведених результатів, на рис. 2 наведена загальна гістограма, де ФМ₁₋₆ ймовірності правильного розпізнавання при всіх відомих змінних ФМ 01-06 ймовірностей правильного розпізнавання при тому, що одна змінна невідома, ФМ001-ФМ006 – ймовірностей правильного розпізнавання при тому, що дві змінні рівні 0.

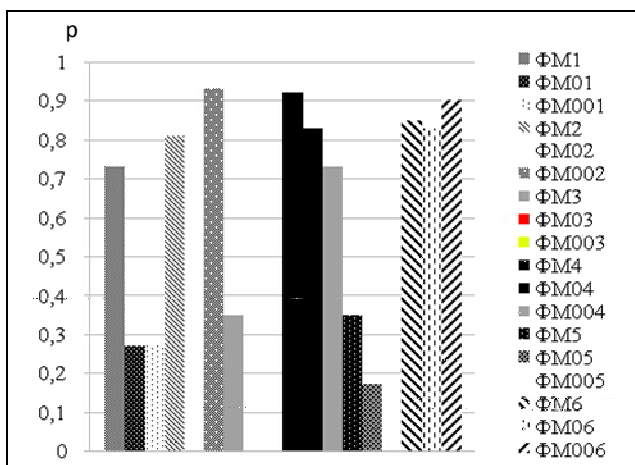


Рис. 2. Результати роботи алгоритму розпізнавання в умовах неповноти

Висновки

Для рішення завдання розпізнавання типу ситуації, що може виникнути в повітряному просторі, необхідне рішення наступних завдань: формалізація знань про закони розподілу значень ознак, що характеризують класи розпізнаваних об'єктів, і формалізація знань про процеси рішення завдання розпізнавання повітряних об'єктів, кожна з яких представляє собою трудомістку відкриту задачу [1, 3, 5]. При класичному підході виникає необхідність вирішення двох зазначених вище завдань. Це тягне за собою додаткові витрати часу і ресурсів. Слід також взяти до уваги відсутність можливості обробки неповних, суперечливих і неточних даних, що призводить до ускладнення процедури обробки таких даних.

Проведений експеримент свідчить, що застосування СЦН із виразами ФМ₂, ФМ₄ та ФМ₆ для вирішення задачі розпізнавання мають приріст ймовірності правильного розпізнавання типу ситуацій порівняно з іншими виразами. Проте слід звернути увагу на більш детальне дослідження ФМ₆.

Таким чином, для вирішення задачі розпізнавання типу ситуацій в ЕС розпізнавання реального часу, більш доцільним є використання СЦН із застосуванням виразів ФМ₄ та ФМ₆.

Список літератури

1. Είσιοάεα οδιόαε³ειάαίζ ιάάε³ αεεία-άίγ ιείαε ιιδωάίγ ιάάεε αεείεηδωάίγ ιά³δωγία ιδιηοιδό // Αά³γδά ιάοείαά είτο. Οάδε³αηιεία ό³άάηεάδδ Ια³δωγίεδ Νεε³. ². Είεάάόά, 17-18 εά³οίγ 2013 δ. / Ι.Ε. Είεεβε, Ι.Α. Ιάοβιαίε, Ι.Α. Ιάεάεί, Α.Ι. Αάη³αηίεε, Α.Α. Εάδεεί, Α.Ι. Εάδαία. – Ω.: ΟΩΙΝ, 2013. – Ν. 161.
2. Уотермен Д. Руководство по экспертным системам: пер. с англ.; под ред. В.Л. Стефанюка / Д. Уотермен. – М.: Мир, 1989. – 388 с.
3. Искусственный интеллект. Справочник в 3-х книгах. Книга 2. Модели и методы: Под ред. Д.А. Поспелова. – М.: Радио и связь, 1990. – 304 с.
4. Иванов С.И. Модель представления знаний о типах нарушений правил движения воздушными судами / С.И. Иванов, С.В. Сомов // Збірник наукових праць ХВУ. – Х., 2002. – Вип. 1 (39). – С. 46-50.
5. Павленко М.А. Метод формализации знаний о процессе распознавания ситуаций нарушения правил движения воздушными судами / М.А. Павленко // Системи управління, ιάά³άάδ³ζ³ εάγ³εό. – Ε.: ΑΙ «ΩΙΑ² Ι³Ω», 2012. – Вип. 2(22). – С. 86-92.
6. Васильев В.Н. Распознающие системы: справочник / В.Н. Васильев. – К.: Наукова думка, 1969. – 292 с.
7. Низиенко Б.И. Методика автоматизированного синтеза формализованных описаний знаний для распознавания воздушных объектов / Б.И. Низиенко, О.В. Шевченко, А.В. Александров // Системи обробки інформації. – Х.: ХВУ, 2004. – Вип. 1. – С. 29-35.
8. Οάιδαδ³-αηεεά ιηίαι άάοιιδωεαδωε ιδιόαηία άιδαάιδεε δωάίεε ά ηεποάιδ οιδάάεάίεγ / Α.Α. βδωάε, Α.Ι. Ιδιδίδια, Α.Ι. Νάάεία, Α.Α. Ιεθεί. – Ω.: ΩΑΟ, 1993. – 446 η.
9. Дюбуа Д. Теория возможностей. Приложение к представлению знаний в информатике: пер. с франц.; под ред. С.А. Орловского / Д. Дюбуа, А. Прад. – М.: Радио и связь, 1990. – 287 с.
10. Круглов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика / В.В. Круглов, В.В. Борисов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2001. – 382 с.
11. Ιάεδιείγφδδδδ ε είδεεεάδωάείγία диáδδ: ιά δά. Ι.Ι. Αίηηαά. – Ε: Ιάε. αοίεα, 1991. – 272 η.
12. Ильин В. Боевая авиация зарубежных стран / А. Εγυεί, Ι. Εάεεθεί // Εεεηδωεδιáίηιε ηιδάι³-ιεε. – М.: АСТ Астрель, 2001. – 512 с.

Надійшла до редколегії 13.02.2014

Рецензент: д-р техн. наук М.А. Павленко, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА МЕТОДА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РАСПОЗНАВАНИЯ СИТУАЦИЙ В ВОЗДУШНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

О.Г. Матющенко, М.Ю. Гусак, В.Н. Руденко, А.В. Довбня

В статье рассматриваются вопросы, связанные с исследованием метода формализации знаний о процессе распознавания ситуаций нарушения правил движения воздушными судами для использования полученных результатов при разработке специального математического и программного обеспечения в перспективных комплексах средств автоматизации.

Ключевые слова: СППР, формализация знаний, модель знаний, воздушное движение.

RATIONALE FOR THE METHOD OF SOLVING THE PROBLEM OF RECOGNIZING SITUATIONS IN AIRSPACE

O.G. Matyushchenko, M.Y. Gusak, V.N. Rudenko, A.V. Dovbnia

The questions related to the development of a method of formalizing knowledge about the process of recognizing situations, violations of traffic regulations for the use of aircraft results in the development of special mathematical and software tools automate advanced complexes.

Keywords: DSS, the formalization of knowledge, knowledge model, air traffic.