

Контроль космічного та повітряного простору

УДК 623.765:681.513.6

doi: 10.26906/SUNZ.2018.6.025

М. А. Павленко¹, С. Г. Шило¹, І. О. Борозенець¹, О. М. Дмитрієв²¹ Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, Україна² Кіровоградська льотна академія національного авіаційного університету, Кропивницький, Україна

ПРОЦЕДУРА ОЦІНКИ СТУПЕНЯ НЕБЕЗПЕКИ СИТУАЦІЇ ОБСТАНОВКИ ДЛЯ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В АСУ ПОВІТРЯНИМ РУХОМ

В роботі запропоновано апарат формалізації знань щодо оцінки ступеня небезпеки ситуації обстановки для системи підтримки прийняття рішень в автоматизованих системах управління повітряним рухом, з урахуванням сучасних досягнень розробки та впровадження систем підтримки прийняття рішень в складних організаційно-технічних системах. Удосконалення ситуаційного аналізу обстановки для управління процесом інформаційної підтримки прийняття рішень оператором автоматизованих систем управління повітряним рухом передбачає підвищення рівня автоматизації і інтелектуалізацію низки задач до яких відносяться оцінка ступеню небезпеки ситуації обстановки, яка складається в зоні відповідальності органу управління; для розв'язання поставленого завдання щодо формалізації знань про ступень небезпеки обстановки, в якості базового обрано апарат теорії нечітких множин, а саме застосовано метод обробки результатів експертизи, що дозволяє перейти до бінарних відношень строгої переваги та до ядра нечіткого відношення строгої переваги; проведено експертизу для формування множини небезпечних факторів, які треба виявити. Результати даного дослідження дозволять особі, що приймає рішення у першу чергу враховувати значення визначених чинників, які найбільш суттєво впливають на ступень складності обстановки при підготовці прийняття рішень по управлінню повітряним рухом.

Ключові слова: управління повітряним рухом, автоматизація, прийняття рішень, оцінка обстановки, ступень небезпеки ситуації, прийняття рішень умовах ризику та невизначеності, теорія нечітких множин.

Вступ

Постановка задачі. В основі практичного механізму концепції управління безпекою польотів лежить цілеспрямований пошук факторів, що викликають настання авіаційних подій, з метою захисту від їх впливу. Виявлення небезпечних факторів може бути реалізовано в формі регулярного контролю, збору, обробки та накопичення інформації про фактори, що викликали авіаційні інциденти, які в підсумку не призвели до настання важких наслідків [1, 2].

Незважаючи на те, що для більшості аварійних факторів застосовується концепція "людина – машина – навколишнє середовище", значна кількість авіаційних подій та інцидентів пояснюється помилками фахівців служби руху, тобто людським фактором. У свою чергу, такі помилки найчастіше є наслідком недоліків у самій системі обслуговування повітряного руху (недоліки в організації роботи диспетчерських змін, конструктивні недоліки обладнання, недостатній рівень професійної підготовки та недосконалість нормативних документів, недостатня якість інформації для сприйняття) [3]. У зв'язку з цим необхідно виявити початкову ланку ланцюга, що може в майбутньому призвести до авіаційного події чи інциденту.

Необхідність розвитку та удосконалення компонентів процесу безпосереднього управління повітряним рухом (УПР) з використанням автоматизованих систем викликана вимогою підтримки показників їх ефективного функціонування в умовах постійної потреби використання повітряного простору

при обмеженнях за обсягом і якістю виробництва аеронавігаційних послуг. Слід також враховувати різноманіття оперативних ситуацій в польоті, що вимагають максимального використання наявних ресурсів. Також важливим є забезпечення належного рівня безпеки польотів в періоди відхилення стану автоматизованої системи управління повітряним рухом (АС УПР) від планованого або функціонування з гранично допустимими показниками. Такі умови визначають параметри інформаційного середовища, що становить відомості для особи, яка приймає рішення (ОПР) - диспетчера УПР (оператора АС УПР), можливості якого, в свою чергу, зумовлені наявними техніко-методологічного засобами.

При прийнятті рішень ОПР в проблемних ситуаціях, що характеризуються високою динамічністю, складністю, невизначеністю і слабкою структурованістю необхідна висока ступінь інтелектуалізації управлінських рішень, що неможливо без впровадження та розвитку СППР у складі АС УПР [4, 5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз сучасних досліджень в галузі автоматизації управління складними організаційно-технічними системами, в тому числі систем управління повітряним рухом [6, 7], свідчить про те, що для систем підтримки прийняття рішень, які реалізовані в автоматизованих системах управління повітряним рухом, до теперішнього часу остаточно невирішеними є проблеми формалізації завдань оцінки ступеню небезпеки ситуації обстановки (СО) в умовах ризику та при наявності невизначеності інформації [8, 9].

Фактор складності і невизначеності інформації, використовуваної для прийняття рішення в різних ситуаціях функціональної діяльності операторів АС УПР, вказує на актуальність досліджень процесів прийняття рішень.

Це, в першу чергу, стосується проблеми адекватної оцінки ОПР загальної обстановки, що складається в зоні відповідальності органу управління АС УПР, а також її складових – кожної поточної ситуації обстановки [4, 6–8].

Методи опису та аналізу наявної в завданні невизначеності істотно впливають на ефективність пошуку оптимальних рішень. В даний час кількісні методи прийняття рішень (максимізація очікуваної корисності, мінімаксна теорія, методи максимальної правдоподібності, теорія ігор, і інші) допомагають вибирати найкращі з множини можливих рішень лише в умовах одного конкретного виду невизначеності або в умовах повної визначеності [9, 10]. Велика частина існуючих методів для полегшення кількісного дослідження, в рамках конкретних задач прийняття рішень, базується на край спрощених моделях дійсності і мають жорсткі обмеження, що зменшує цінність результатів досліджень і часто призводить до невірних рішень на практиці.

Найбільш поширеним аксіоматичним підходом до оцінки функції корисності є підхід Неймана-Моргенштерна [11], при якому з аксіом переваги на множині альтернатив з відомими ймовірностями результатів виводиться функція корисності. Розвитком цього підходу є запропонована Севіджем система аксіом [12], в якій ймовірності разом з функцією корисності виводяться з системи переваг.

Спроби застосування будь-якого конкретного математичного апарату (інтервального аналізу, статистичних методів, теорії ігор, детермінованих моделей і т.д.) для прийняття рішень в умовах невизначеності дозволяє адекватно відобразити в моделі лише окремі види даних і призводить до безповоротної втрати інформації інших типів. Так, наприклад, при наявності детермінованих моделей не враховується накопичена статистика про імовірнісні розподіли для деяких параметрів, і проводиться заміна цих розподілів відповідними середніми значеннями.

Крім того, в цьому випадку проявляється гострий дефіцит в інформації конкретного типу (наприклад, у функціях розподілу ймовірностей).

Наявність в системі одночасно різних видів невизначеності робить необхідним використання для прийняття рішень теорії нечітких множин, яка дозволяє адекватно враховувати наявні види невизначеності. Застосування нечітких множин дозволяє провести також узгодження різних нечітких рішень при наявності нечітких цілей, обмежень, коефіцієнтів, початкових і граничних умов. Теорія нечітких множин дає можливість проводити обчислення не з одним точковим значенням, а з характеристичною функцією і дозволяє отримувати в результаті обчислень нечітку величину, для якої з максимуму значення функції може бути отримана точкова оцінка [13, 14].

Мета і завдання даного дослідження. В існуючих методах розпізнавання ситуацій, що склада-

ються в зоні відповідальності АС УПР недостатньо вирішені питання щодо виявлення ступеня небезпеки ситуацій обстановки, які складаються, в першу чергу, у повітряному просторі, що в підсумку може призводити до виникнення потенційно конфліктних ситуацій, льотних пригод та авіаційних катастроф. З метою удосконалення ситуаційного аналізу обстановки для управління процесом інформаційної підтримки прийняття рішень оператором АС УПР слід удосконалити вирішення таких часткових завдань:

- розробити апарат формалізації знань про завдання виявлення позаштатних ситуацій в повітряному просторі з урахуванням ступеня небезпеки ситуації що складається;

- визначити фактори, що найбільш суттєво впливають на ступень складності обстановки;

- провести експертизу для формування множини небезпечних факторів, які треба виявити;

- оцінити ступінь небезпеки ситуацій, що складаються в межах зони відповідальності органу управління АС УПР.

Таким чином в результаті даного дослідження необхідно розробити метод оцінки ступеня небезпеки ситуації обстановки, що дозволяє обирати елементарні властивості та ознаки для подальшої обробки, з урахуванням динамічності, складності, невизначеності і розмитості вихідних даних та при їх слабкій структурованості. В підсумку це має сприяти підвищенню обґрунтованості рішень ОПР в автоматизованих системах управління повітряним рухом.

Основна частина

В АСУ реального часу, як правило, неможливо виділити елементарні властивості і ознаки, які однозначно визначають ступінь небезпеки ситуації. У цьому випадку доцільно порівнювати кожну пару ситуацій, використовуючи метод парних порівнянь [15-17].

Суть цього підходу полягає в попарному зіставленні факторів, що впливають на ситуацію, за спеціальною шкалою. Для систем з двійковими структурами до дослідження факторів підходять як до "кванту дії, яку задумано", що істотно спрощує аналіз [17].

Результати попарних порівнянь представляють у вигляді матриці $X = x_{ij}$, де x_{ij} означає відношення ваг відповідних факторів. Тому обов'язково повинна виконуватися умова антисиметричності, тобто $x_{ij} = 1/x_{ji}$.

Таким чином, для оцінки ступеня небезпеки СО пропонується порівнювати кожну пару факторів методом прямої розстановки.

Виникає завдання формування з наявної множини визначеної множини небезпечних факторів –

$$M = \{m_j\}, j = \overline{1, k}, \text{ де } m_j - \text{ елемент множини чинників, які необхідно враховувати для своєчасного реагування ОПР при зміні СО. Для формування множини небезпечних факторів, які треба виявити, доцільне проведення експертизи. Її результати доцільно представляти у вигляді нечітких відносин}$$

переваг [16, 17]. Тобто використовується схема експертизи, в якій експерти висловлюють свої судження про важливість елементів у вигляді нечітких бінарних відносин нестрокої переваги елемента m_{j^*} до елемента $m_{j^{**}}$, ($j^*, j^{**} = \overline{1, k}$). В свою чергу обробка результатів експертизи дозволяє перейти до бінарних відношень строгої переваги та до ядра нечіткого відношення строгої переваги, аргументи функції приналежності якого трактуються як рівні недетермінованих елементів множини. При порівнянні елементів експерт має вказати сумарну інтенсивність переваги, що припадає на обидва елемента та розподіляється між ними, та яка зазвичай дорівнює одиниці.

Якщо M є універсальна (звичайна) множина елементів, то суб'єктивна думка кожного l -го експерту, $l = \overline{1, L}$ являє собою функцію приналежності виду $\mu_{\tilde{R}_\geq}^{(l)}(m', m'')$, $m', m'' \in M$ нечіткої підмножини \tilde{R}_\geq бінарних відносин нестрокої переваги.

Відповідно до [15], нечітким відношенням $\tilde{R}(m', m'')$ на звичайній множині M називають нечітку підмножину прямого декартового добутку розмірності $M \times M$, який характеризується функцією приналежності: $\mu_{\tilde{R}} : M \times M \rightarrow [0, 1]$, а значення $\mu_{\tilde{R}_\geq}(m', m'')$ приймається як суб'єктивна міра відносини $(m', m'') \in \tilde{R}$. Кожен l -й експерт керується тим, що значення функції приналежності $\mu_{\tilde{R}}(m', m'')$ для кожної пари порівнюваних елементів означає ступінь виконання переваги: "елемент m' не гірше" елемента m'' ". Виходячи з того, що нечітке відношення нестрокої переваги володіє властивістю рефлексивності, то справедливо ствердження $\mu_{\tilde{R}}(m', m'') = 1$. Якщо $\mu_{\tilde{R}}(m', m'') = 0$, то це означає, що або $\mu_{\tilde{R}}(m'', m') > 0$, тобто елемент m'' "не гірше" елемента m' , або $\mu_{\tilde{R}}(m'', m') = 0$, тобто елемент m'' і m' не можна порівнювати між собою. При попарному порівнянні експерти мають враховувати виконання умови нормування, з чого слідує, що $\mu_{\tilde{R}_\geq}(m', m'') = 1 - \mu_{\tilde{R}_\geq}(m'', m')$. Кожен експерт має суб'єктивне судження про нечітке бінарне відношення нестрокої переваги елементів множини, яке представляється функцією приналежності:

$$\mu_{\tilde{R}_\geq}^{(l)} = \left\| \mu_{\tilde{R}_\geq}^{(l)}(m', m'') \right\|, m', m'' \in \tilde{R}, l = \overline{1, L}. \quad (1)$$

З урахуванням встановлених ваг експертів K_l , $l = \overline{1, L}$, матриці $\mu_{\tilde{R}_\geq}^{(l)}$ усереднюються як

$$\mu_{\tilde{R}_\geq}(m', m'') = \frac{\sum_{l=1}^L K_l \mu_{\tilde{R}_\geq}^{(l)}(m', m'')}{\sum_{l=1}^L K_l}. \quad (2)$$

Процедура обробки результатів експертизи полягає в наступному. Матриця значень функції приналежності нечіткого бінарного відношення нестро-

гої переваги $\left\| \mu_{\tilde{R}_\geq}^{(1)}(m', m'') \right\|$ для співвідношення

$$\mu_{\tilde{R}_\geq} = \begin{cases} \mu_{\tilde{R}_\geq}(m', m'') - \mu_{\tilde{R}_\geq}(m'', m'), \\ \text{якщо } \mu_{\tilde{R}_\geq}(m', m'') \geq \mu_{\tilde{R}_\geq}(m'', m'); \\ 0, \text{ якщо } \mu_{\tilde{R}_\geq}(m', m'') < \mu_{\tilde{R}_\geq}(m'', m') \end{cases} \quad (3)$$

має перетворитися в матрицю $\mu_{\tilde{R}_\geq} = \left\| \mu_{\tilde{R}_\geq}(m', m'') \right\|$, що включає значення функції приналежності нечіткого бінарного відношення строгої переваги.

Формування множини переважно доцільних елементів $M_f \subset M$ пов'язано з необхідністю звуження множини M , що стає можливим при визначенні міри недетермінованості його елементів. Елемент $m^{(q)} \in M$ є недетермінованим по відношенню строгої переваги, якщо серед інших елементів множини M не існує жодного такого $m \in M$, який був би строго переважним $m^{(q)}$, а підмножина недетермінованих елементів $\{m^{(q)}\}$ складає ядро нечіткого відношення строгої переваги на M , тобто:

$$M_{\tilde{R}_\geq} = \left\{ m^{(q)} / \exists m \in M : m \succ m^{(q)}; \forall m, m^{(q)} \in M \right\}. \quad (4)$$

Ядро множини має функцію приналежності, яка з урахуванням (4), визначається як:

$$\mu_{M_{\tilde{R}_\geq}}(m) = \min_{m' \in M} (1 - \mu_{\tilde{R}_\geq}(m', m'')), \forall m', m'' \in M. \quad (5)$$

Значимість компонент функції приналежності ядра нечіткого відношення строгої переваги дозволяє впорядкувати елементи множини за рівнями недетермінованості.

Отримані за результатами обробки (5) значення компонент функції приналежності ядра нечіткого відношення строгої переваги $\mu_{M_{\tilde{R}_\geq}}(m)$ на універсальній множині M дозволяють упорядкувати елементи множини $\{m_j\}$, $j = \overline{1, k}$ за рівнями їх недетермінованості. З множини M виділяють підмножину $M^* \in M$ до якої входять найбільш небезпечні фактори, що впливають на ситуацію обстановки. Якщо $\mu_{M_{\tilde{R}_\geq}}(m) \geq 0,5$, то множина чинників має вигляд:

$$M^{*(\alpha)} = \{m_j^{(\alpha)} / \mu_{M_{\tilde{R}_\geq}} \geq \alpha : m_j^{(\alpha)} \in M_{\tilde{R}_\geq}, j = \overline{1, k}\}.$$

В практичному аспекті для АС УПР множина чинників, що впливають на ступінь безпеки ситуації обстановки, наприклад може мати такий вигляд:

$M = \{\text{горизонтальний політ; політ по траєкторіях змінного профілю (набір висоти або зниження); відхилення повітряного судна (ПС) від маршруту польоту (або встановленої схеми); зближення повітряних суден; перетин зайнятого попутного / зустрічного ешелону із застосуванням поздовжнього і / або бокового ешелонування; польоти в особливих умовах; виникнення особливих випадків в польоті; політ на запасний аеродром}\}.$

В результаті проведення експертизи отримано значення функції приналежності нечіткого бінарного відношення нестрокої і строгої переваги, що на-

ведені в табл. 1. Згідно з виразом (5) $\mu_{M_{\tilde{R}_>}}(m)$ для прикладу, що розглядається буде мати такий вигляд:

$\mu_{M_{\tilde{R}_>}}(m) = \|$ 1/горизонтальний політ; 0,8/політ по траєкторіях змінного профілю (набір висоти або зниження); 0,8/відхилення повітряного судна (ПС) від маршруту польоту (або встановленої схеми); 0,6/зближення повітряних суден; 0,4/перетин зайнятого попутного / зустрічного ешелону із застосуванням поздовжнього і / або бокового ешелонування; 0,4/польоти в особливих умовах; 0,3/виникнення особливих випадків в польоті; 0,3/політ на запасний аеродром $\|$.

Матрицю для строгої переваги параметрів для такої ситуації наведено в табл. 2.

Для випадку, коли рівень недетермінованості параметрів встановлено на рівні $\alpha > 0,3$, звужена множина небезпечних факторів, що впливають на ступінь небезпеки ситуації обстановки, буде мати наступний вигляд, а елементи будуть розташовуватися в порядку зменшення їх важливості:

$\mu_{M_{\tilde{R}_>}}(m) = \|$ 1/горизонтальний політ; 0,8/політ по траєкторіях змінного профілю (набір висоти або зниження); 0,8/відхилення повітряного судна (ПС) від маршруту польоту (або встановленої схеми); 0,6/зближення повітряних суден; 0,4/перетин зайнятого попутного / зустрічного ешелону із застосуванням поздовжнього і / або бокового ешелонування; 0,4/польоти в особливих умовах $\|$.

Таблиця 1 – Функції приналежності нечіткого відношення нестрокої переваги небезпечних факторів в АС УПР

	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6	α_7	α_8	α_9	α_{10}	α_{11}	α_{12}	α_{13}	α_{14}	α_{15}	α_{16}
$\mu_{M_{\tilde{R}_>}}(m) =$	1	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
α_1	0,4	1	0,7	0,4	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9
α_2	0,3	0,3	1	0,3	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9
α_3	0,4	0,6	0,7	1	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
α_4	0,4	0,3	0,4	0,3	1	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,9	0,9	0,9
α_5	0,4	0,3	0,4	0,3	0,5	1	0,5	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,9	0,9	0,9
α_6	0,2	0,3	0,4	0,3	0,4	0,5	1	0,6	0,5	0,6	0,7	0,7	0,7	0,9	0,9	0,9
α_7	0,2	0,2	0,3	0,2	0,4	0,4	0,4	1	0,5	0,6	0,7	0,7	0,7	0,9	0,9	0,9
α_8	0,2	0,2	0,3	0,2	0,4	0,4	0,4	0,5	1	0,5	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9
α_9	0,2	0,2	0,3	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	1	0,7	0,7	0,7	0,9	0,9	0,9
α_{10}	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	1	0,5
α_{15}	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,5	1
α_{16}	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,5	1

Таблиця 2 – Функції приналежності нечіткого відношення строгої переваги параметрів (приклад)

	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6	α_7	α_8	α_9	α_{10}	α_{11}	α_{12}	α_{13}	α_{14}	α_{15}	α_{16}
$\mu_{M_{\tilde{R}_>}}(m) =$	0	0,2	0,4	0,2	0,2	0,2	0,6	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
α_1	0	0	0,4	0	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8
α_2	0	0	0	0	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8
α_3	0	0,2	0,4	0	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
α_4	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	0,8	0,8	0,8
α_5	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	0,8	0,8	0,8
α_6	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	0,8	0,8	0,8
α_7	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	0,8	0,8	0,8
α_8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0,8
α_{14}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
α_{15}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
α_{16}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Таким чином, зі сформованої таким способом множини факторів, що впливають на ступінь небезпеки ситуації обстановки, з'являється можливість виявити сукупність факторів, які найбільш суттєво впливають на результати оцінювання обстановки. Це в підсумку дозволяє ОПР за необхідності сконцентруватися на отриманні додаткової інформації саме по сукупності даних чинників, та дозволяє в першу чергу враховувати саме їх значення при підготовці прийняття рішень по оцінці обстановки.

Висновки

В результаті проведеного дослідження для розв'язання поставленого завдання щодо формалізації знань про ступень небезпеки обстановки, в якості базового обрано апарат теорії нечітких множин, а саме застосовано метод обробки результатів експертизи, що дозволяє перейти до бінарних відношень

строкої переваги та до ядра нечіткого відношення строгої переваги. Аргументи функції приналежності якого трактуються як рівні недетермінованих елементів множини. При порівнянні елементів експертним шляхом задається сумарна інтенсивність переваги, що припадає на обидва елемента попарних порівнянь для недетермінованих значень ознак ситуації обстановки. Наведені процедури експертного відбору та обробки нечітких даних дозволяють в підсумку отримати кінцеву множину найбільш суттєвих чинників, що найбільш суттєво впливають на ступінь складності обстановки. Це в підсумку дозволяє ОПР першочергово враховувати значення саме цих чинників при підготовці прийняття рішень по управлінню ПР.

Подальшим етапом дослідження є розробка методів подання інформаційних моделей, що враховують складність обстановки в зоні відповідальності органу управління АСУ УПР.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Положення про систему управління безпекою польотів на авіаційному транспорті: затв. наказом Державної авіаційної служби України від 25.11.2005 р. №895. – К.: Державна авіаційна служба України, 2005. – 20 с.
2. Руководство по управлению безопасностью полетов / Doc. ICAO 9859-AN 474. – Монреаль: ICAO, 2013. – 300 с.
3. Аналіз стану безпеки польотів-2017. – К.: Державна авіаційна служба України, 2017. – 32 с.

4. Шмелева Т. Ф. Формализация деятельности человека-оператора авиационной эргатической системы во внештатных ситуациях / Т.Ф. Шмелева, Ю.В. Сикирда // Радиоэлектронні і комп'ютерні системи. – 2010. – №. 5. – С. 296–300.
5. Алдокин И.П. Теория принятия решений / И.П. Алдокин, И.В. Бубенко. – Киев: Наукова думка, 1990. – 156 с.
6. Павленко М. А. Розподіл часу оцінки повітряної обстановки особою, що приймає рішення, в диспетчерській службі єдиної системи управління повітряним рухом / М. А. Павленко, С. Г. Шило, І. О. Борозенець, Ю. І. Полонський // Системи обробки інформації. – 2016. – № 8. – С. 37-39.
7. Шмелева Т. Ф. Формализация деятельности человека-оператора авиационной эргатической системы во внештатных ситуациях / Т.Ф. Шмелева, Ю.В. Сикирда // Радиоэлектронні і комп'ютерні системи. – 2010. – №. 5. – С. 296–300.
8. Сікірда Ю. В. Оцінювання впливу організаційних факторів на безпеку польотів при управлінні повітряним рухом / Т.Ф. Шмелева, Ю.В. Сикирда, Д.О.Ткаченко // Збірник наукових праць ХУПС. – 2017. – №. 3(52). – С. 39-44.
9. Reason J. Managing the risks of organizational accidents. – Routledge. 2016. – 252 p.
10. Тимофеев С. Ю. Методика расчета потенциальных конфликтных ситуаций в автоматизированной системе планирования воздушного движения <https://naukovedenie.ru/pdf/104TVN214.pdf>.
11. Нейман Дж. фон, Моргенштерн О. Теория игр и экономическое поведение. – М.: Наука, 1995. – 480 с.
12. Сироджа И.Б. Квантовые модели и методы искусственного интеллекта для принятия решений и управления. – К.: Наук. думка, 2002. – 490 с.
13. Ruban, I. Redistribution of base stations load in mobile communication networks / I. Ruban, H. Kuchuk, A. Kovalenko // Innovative technologies and scientific solutions for industries. – 2017. – No 1 (1) – P. 75-81. – DOI : <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2017.1.075>.
14. Walter Bich. Evolution of the 'Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement' / Walter Bich, Maurice G. Cox, Peter M. Harris. // Metrologia. – 2006. – № 43. – P. 161-166.
15. Ярушек В.Е., Прохоров В.П., Судаков Б.Н., Мишин А.В. Теоретические основы автоматизации процессов выработки решений в системах управления. – Харьков: ХВУ, 1993. – 446 с.
16. Люгер Дж.Ф. Искусственный интеллект. Стратегии и методы решения сложных проблем. – М., С.-Пб., К., 2003. – 863 с.
17. Bellman R. Decision-making in a fuzzy environment / R. Bellman, L.Zadeh // Management science. - 1970. - V.17, № 4. – P. 141-164.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. І. В. Шостак,
Національний аерокосмічний університет “ХАГ”, Київ
Received (Надійшла) 31.10.2018
Accepted for publication (Прийнята до друку) 28.11.2018

**Процедура процесса оценки степени опасности ситуаций обстановки
для систем поддержки принятия решений АСУ воздушным движением**

М. А. Павленко, С. Г. Шило, И. А. Борозенець, О. Н. Дмитриев

В работе предложено аппарат формализации знаний по оценке степени опасности ситуации обстановки для систем поддержки принятия решений в автоматизированных системах управления воздушным движением, с учетом современных достижений разработки и внедрения систем поддержки принятия решений в сложных организационно-технических системах. Совершенствование ситуационного анализа обстановки для управления процессом информационной поддержки принятия решений оператором автоматизированных систем управления воздушным движением предусматривает повышение уровня автоматизации и интеллектуализации ряда задач к которым относятся оценка степени опасности ситуации обстановки, которая складывается в зоне ответственности органа управления; для решения поставленной задачи по формализации знаний о степени опасности обстановки, в качестве базового выбран аппарат теории нечетких множеств, а именно применен метод обработки результатов экспертизы, позволяет перейти к бинарным отношений строгой преимущества и к ядру нечеткого отношения строгой преимущества; проведена экспертиза для формирования множества опасных факторов, которые нужно обнаружить. Результаты данного исследования позволят лицу, принимающему решение в первую очередь учитывать значение определенных факторов, которые наиболее существенно влияют на степень сложности обстановки при подготовке принятия решений по управлению воздушным движением.

Ключевые слова: управление воздушным движением, автоматизация, принятие решений, оценка обстановки, степень опасности ситуации, принятия решений условиях риска и неопределенности, теория нечетких множеств.

**The procedure of the process of assessing the degree of the hazards of the situation of the setting
for systems to support the acceptance of ac solutions of the air movement management**

M. Pavlenko, S. Shilo, I. Borosenets, O. Dmitriev

The paper proposed an apparatus for formalizing knowledge of assessing the degree of danger of a situation for a decision support system in automated air traffic control systems, taking into account the current advances in the development and implementation of decision support systems in complex organizational and technical systems. Improving the situational analysis of the situation to control the process of information support for decision-making by the operator of automated air traffic control systems provides for increasing the level of automation and intellectualization of a number of tasks which include assessing the degree of danger of the situation of the situation that develops in the area of responsibility of the management body; to solve the task of formalizing knowledge of the degree of danger of the situation, the apparatus of the theory of fuzzy sets was chosen as the base, namely, the method of processing the results of the examination was used, it allows to go over to binary relations of strict advantage and to the core of fuzzy relation of strict advantage; expertise was carried out to form a variety of hazards that need to be detected. The results of this study will allow the decision maker to primarily take into account the importance of certain factors that most significantly influence the degree of complexity of the situation when preparing decision-making on air traffic control.

Keywords: air traffic control, automation, decision-making, assessment of the situation, degree of danger of the situation, decision-making, conditions of risk and uncertainty, theory of fuzzy sets.