

УДК 629.7.072:88.4

О.М. РЕВА¹, С.О. ДМІТРІЄВ², В.А. ШУЛЬГІН³, О.М. ДМІТРІЄВ³, С.В. НЕДБАЙ⁴¹ Кіровоградський національний технічний університет, Кіровоград, Україна² Київський національний авіаційний університет, Україна³ Державна льотна академія України, Кіровоград, Україна⁴ Головний сертифікаційний та навчальний центр цивільної авіації, Україна

АЛГОРИТМІЗАЦІЯ ПРОЦЕДУРИ АГРЕГУВАННЯ НЕЧІТКИХ ОЦІНОК ТОЧНОСТІ ПІЛОТУВАННЯ НА ЛЬОТНИХ ТРЕНАЖЕРАХ

Стаття присвячена вирішенню проблеми адаптації методів нечіткої математики для розробки нечітких моделей, критеріїв і нормативів оцінки точності пілотування повітряних суден льотним складом. Враховуючи, що тільки узагальнена оцінка точності пілотування володіє системною властивістю емерджентності та застосовуючи метод Дюбуа-Прада, розроблена процедура агрегування окремих (частинних, локальних) якісних оцінок техніки пілотування з реалізацією принципу гарантійного підходу. Для визначення ступеню близькості аналітичних функцій належності в розвиток понять Хеммінгова і Евклідова відносних відстаней, введено поняття відносної інтегральної відстані. Розроблений алгоритм формування агрегуюваної загальної оцінки точності пілотування за умови використання в процесі тренажерної підготовки засобів об'єктивного контролю.

Ключові слова: тренажерна підготовка пілотів, рівень професійної підготовленості пілотів, методи теорії якості, теорії вимірювань, теорії нечіткої математики та психології праці, лінгвістична змінна "точність пілотування", функції належності, моделі агрегування оцінок по окремих параметрах польоту.

Постановка проблеми

Аналіз професійної діяльності льотного складу (ЛС) виявив постійні джерела нечіткості і невизначеності нестохастичного характеру. Це несе за собою необхідність доповнення традиційних форм і методів оцінки рівня професійної підготовки ЛС (ППЛС) якісними (нечіткими) критеріями і нормативами. При цьому нормативні документи ІКАО лише декларують такий підхід. Результати ж наукових досліджень в області моделювання нечіткого управління повітряним судном (ПС), що отримані в СНД, на сьогоднішній день знайшли подальший розвиток і застосування фактично переважно в напрямку технічної експлуатації ПС.

Аналіз досліджень і публікацій. Зазначимо, що існуюча на теперішній час в цивільній авіації (ЦА) СНД система управління ППЛС була сформована понад 30 років тому, спирається на статистично-імовірнісні моделі кваліметрії рівнів ПП, була побудована без врахування базових положень теорії вимірів, теорії якості та методів психології праці, неповною мірою враховує різноманіття навіть очікуваних умов експлуатації ПС і не є досконалою. Проблема набуває особливої значущості на сьогоденному етапі переходу вітчизняних авіакомпаній на експлуатацію сучасних ПС з надзвичайно висо-

ким рівнем автоматизації польоту, що фактично приводить до руйнації у ЛС навичок ручного пілотування і є надзвичайно небезпечним для безпеки польотів (БП) при відмові відповідних систем. При цьому дослідження питань застосування нових підходів до вимірів якості експлуатації АТ і професійної діяльності екіпажів ПС (ЕПС), що базуються на методах теорії нечітких множин і лінгвістичних змінних, ми знаходимо, на жаль, лише в обмеженого числа авторів (А.А. Туник, О.М. Рева, В.І. Моржов, В.А. Шульгін (Україна), В.А. Боднер, В.А. Горячев, І.Е. Бурдун (РФ) та деякі інші), що створює певний пробіл у безперервному ланцюзі вдосконалювання процесів експлуатації ПС і формуванні надійності професійного пілота.

Постановка завдання. Мета статті полягає у розробці автоматизованих технологій та процедур визначення агрегуюваної оцінки точності пілотування пілотів на тренажері з використанням засобів об'єктивного контролю і методів нечіткої математики.

Нечітка модель агрегування якісних оцінок точності пілотування

Враховуючи практику оцінювання рівня ППЛС, для агрегування оцінок точності пілотування

(ТП) по окремих параметрах та елементах польоту, нами пропонується модель агрегування, умовно названа "планування по вузькому місцю" [1, 2] з можливістю незначної компенсації оцінки, визначеної за допомогою адитивної функції агрегування. Компенсація, на наш погляд, повинна являти собою перевищення показника "по вузькому місцю" на один ранг мінімальної окремої оцінки ТП. Якщо мінімальна окрема оцінка дорівнює щонайгіршій оцінці на шкалі, за якою відбувається вимірювання, то загальна оцінка приймається рівною цій щонайгіршій оцінці. На шкалі, що запропонована (табл. 1), такою оцінкою є оцінка "надзвичайно низька точність пілотування". При цьому з огляду на те, що якісні оцінки описуються за допомогою функцій належності (ФН) [3 – 7], адитивна загальна оцінка по ТП визначається так:

$$\mu_{\Sigma} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{n=1}^N \mu_{in}, \quad (1)$$

де N – загальна кількість окремих оцінок ТП;

μ_{in} – функція належності i -ї оцінки по n -му параметру.

Таблиця 1

Якісна шкала оцінок точності пілотування

Оцінка, $\tilde{R}_i$	Якісна оцінка
$\tilde{R}_7$	Незвичайно висока точність пілотування
$\tilde{R}_6$	Дуже висока точність пілотування
$\tilde{R}_5$	Висока точність пілотування
$\tilde{R}_4$	Середня точність пілотування
$\tilde{R}_3$	Низька точність пілотування
$\tilde{R}_2$	Дуже низька точність пілотування
$\tilde{R}_1$	Незвичайно низька точність пілотування

Розв'язання (1) зручно здійснити за методом Дюбуа - Прада [4, 5, 8].

В теорії нечітких множин для оцінки ступеня близькості ФН, побудованих по дискретних значеннях, використовується відносна лінійна відстань Хеммінгу або відносна евклідова відстань [4].

У зв'язку з тим, що ФН описані за допомогою аналітичних виразів, уявляється можливим використовувати більш точний показник – відносну інтегральну відстань [9]:

$$g(\tilde{R}_i, \tilde{R}_{\Sigma}) = \frac{\int_{x_{\min}}^{x_{\max}} |\mu_{\tilde{R}_i}(x) - \mu_{\tilde{R}_{\Sigma}}(x)| dx}{\int_{S_i} \mu_{\tilde{R}_i}(x) + \int_{S_{\Sigma}} \mu_{\tilde{R}_{\Sigma}}(x)}, \quad (2)$$

де $x_{\min} = \min_x [S_i \cup S_{\Sigma}]$; $x_{\max} = \max_x [S_i \cup S_{\Sigma}]$;

S_i, S_{Σ} – носії нечітких чисел $\tilde{R}_i$ і $\tilde{R}_{\Sigma}$.

Оскільки загальна оцінка володіє системною властивістю емерджентності, її чисельне значення визначається за правилом:

$$\text{Загальна оцінка} = \begin{cases} \tilde{R}_i, & \text{якщо } \tilde{R}_{\min} = \tilde{R}_1; \\ \tilde{R}_{\min}, & \text{якщо} \\ g(\tilde{R}_{\min+1}, \tilde{R}_{\Sigma}) \geq g(\tilde{R}_{\Sigma}, \tilde{R}_{\min+1}); \\ \tilde{R}_{\min+1}, & \text{якщо} \\ g(\tilde{R}_{\Sigma}, \tilde{R}_{\min}) > g(\tilde{R}_{\min+1}, \tilde{R}_{\Sigma}), \end{cases} \quad (3)$$

де $\tilde{R}_{\min}$ – мінімальна оцінка з комбінації окремих оцінок ТП;

$\tilde{R}_{\min+1}$ – оцінка на один ранг вище за мінімальну оцінку ТП.

Агрегування оцінок точності пілотування за допомогою програмного забезпечення при використанні засобів об'єктивного контролю на тренажері

Розглянемо ФН оцінок ТП з рангами $\tilde{R}_{\min}$, $\tilde{R}_{\min+1}$, а також ФН загальної адитивної оцінки ТП для випадку, коли $\tilde{R}_{\min} \neq 1$ (рис. 1).

В загальному випадку значення m_{Σ} ФН загальної адитивної оцінки ТП визначається за формулою:

$$m_{\Sigma} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=2}^6 m_{\tilde{R}_i} n_i, \quad (4)$$

де $m_{\tilde{R}_i}$ – значення m ФН оцінки i -го рангу;

n_i – кількість окремих оцінок i -го рангу.

Права гілка визначається величиною $\sigma \in [m_{\Sigma}, 1]$:

$$\sigma_R = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=2}^7 \sigma_{\tilde{R}_i} n_i, \quad (5)$$

де $\sigma_{\tilde{R}_i}$ – значення σ ФН оцінки i -го рангу.

Ліва гілка описується величинами:

$$\sigma_{L_1} \in [0, x_{L_1}], \quad \sigma_{L_2} \in [x_{L_1}, x_{L_2}], \quad \sigma_{L_3} \in [x_{L_2}, m_{\Sigma}]$$

і m_{L_1}, m_{L_2} :

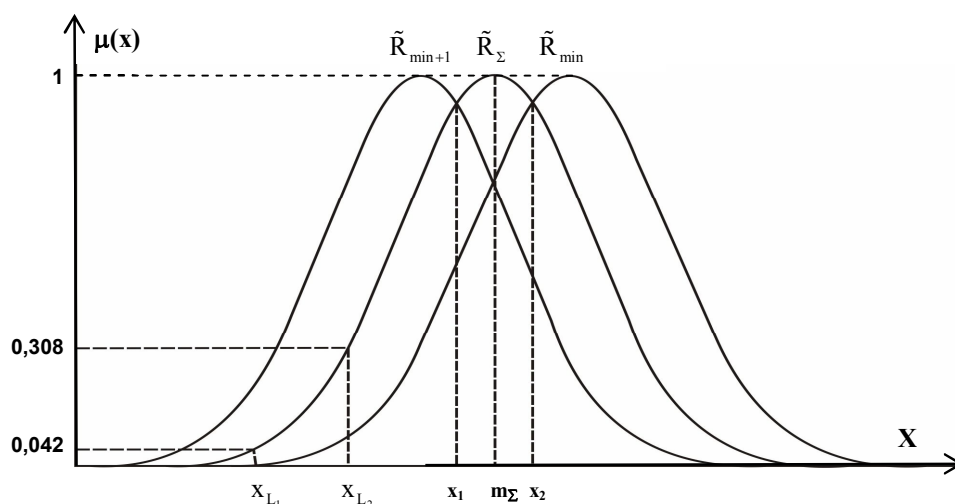
$$\sigma_{L_1} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=2}^4 \sigma_{\tilde{R}_i} n_i, \quad (6)$$

$$\sigma_{L_2} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=2}^5 \sigma_{\tilde{R}_i} n_i, \quad (7)$$

$$\sigma_{L_3} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=2}^6 \sigma_{\tilde{R}_i} n_i, \quad (8)$$

$$m_{L_1} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=2}^4 \sigma_{\tilde{R}_i} n_i, \quad (9)$$

$$m_{L_2} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=2}^5 \sigma_{\tilde{R}_i} n_i. \quad (10)$$

Рис. 1. Характерні точки функцій належності $\tilde{R}_{\min+1}$, $\tilde{R}_{\Sigma}$ і $\tilde{R}_{\min}$

Значення координат x_{L1} , x_{L2} визначаються за формулами:

$$x_{L1} = \frac{m_{L1}\sigma_{L2} - m_{L2}\sigma_{L1}}{\sigma_{L2} - \sigma_{L1}}, \quad (11)$$

$$x_{L2} = \frac{m_{L2}\sigma_{L3} - m_{\Sigma}\sigma_{L2}}{\sigma_{L3} - \sigma_{L2}}. \quad (12)$$

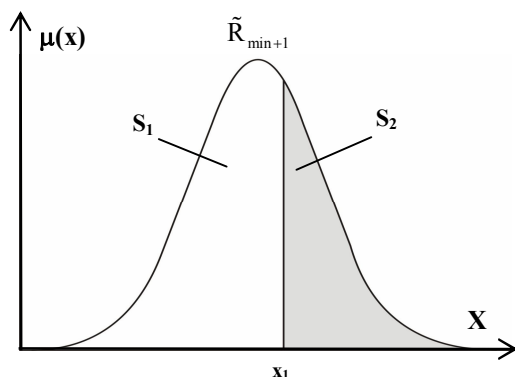
Координата точки x_1 відповідає перетину ФН $\mu_{\tilde{R}_{\min+1}}$ і $\mu_{\tilde{R}_{\Sigma}}$:

$$x_1 = \frac{m_{\tilde{R}_{\min+1}}\sigma_{L3} + m_{\Sigma}\sigma_{\tilde{R}_{\min+1}}}{\sigma_{\tilde{R}_{\min+1}} + \sigma_{L3}}. \quad (13)$$

Точка перетину ФН $\mu_{\tilde{R}_{\Sigma}}$ і $\mu_{\tilde{R}_{\min}}$ має координату x_2 :

$$x_2 = \frac{m_{\Sigma}\sigma_{\tilde{R}_{\min}} + m_{\tilde{R}_{\min}}\sigma_{\tilde{R}}}{\sigma_{\tilde{R}} + \sigma_{\tilde{R}_{\min}}}. \quad (14)$$

Для визначення відносних інтегральних відстаней $g(\tilde{R}_{\min+1}, \tilde{R}_{\Sigma})$ і $g(\tilde{R}_{\Sigma}, \tilde{R}_{\min})$ заздалегідь розраховуються площі S_i , $i = \overline{1, 10}$. Зокрема, площі S_1 і S_2 (рис. 2):

Рис. 2. Графічне зображення площ S_1 і S_2

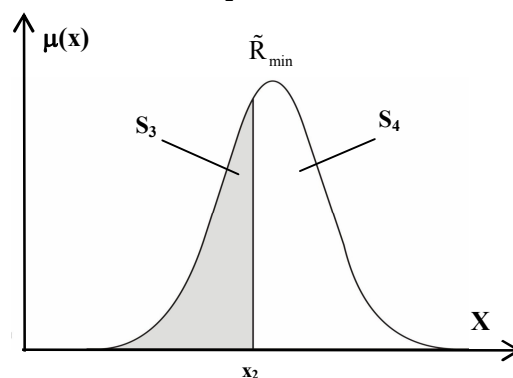
$$S_1 = \int_0^{x_1} \mu_{\tilde{R}_{\min+1}}(x) \cdot dx, \quad (15)$$

$$S_2 = \int_{x_1}^1 \mu_{\tilde{R}_{\min+1}}(x) \cdot dx. \quad (16)$$

Площі S_3 і S_4 (рис. 3):

$$S_3 = \int_0^{x_2} \mu_{\tilde{R}_{\min}}(x) \cdot dx, \quad (17)$$

$$S_4 = \int_{x_2}^1 \mu_{\tilde{R}_{\min}}(x) \cdot dx. \quad (18)$$

Рис. 3. Графічне зображення площ S_3 і S_4

Площі S_5 , S_6 , S_7 , S_8 , S_9 , S_{10} (рис. 4):

$$S_5 = \int_{m_{\Sigma}}^{x_2} \mu_{\tilde{R}}(x) \cdot dx, \quad (19)$$

$$S_6 = \int_{x_2}^1 \mu_{\tilde{R}}(x) \cdot dx, \quad (20)$$

$$S_7 = \int_0^{x_{L1}} \mu_{L1}(x) \cdot dx, \quad (21)$$

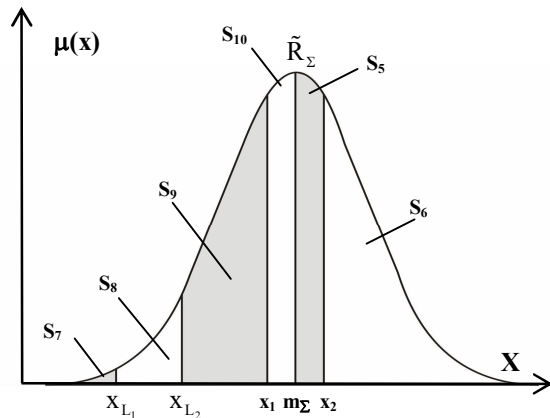


Рис. 4. Графічне зображення площ $S_5, S_6, S_7, S_8, S_9, S_{10}$

$$S_8 = \int_{x_{L1}}^{x_{L2}} \mu_{L2}(x) \cdot dx, \quad (22)$$

$$S_9 = \int_{x_{L2}}^{x_1} \mu_{L3}(x) \cdot dx, \quad (23)$$

$$S_{10} = \int_{x_1}^{m_{\Sigma}} \mu_{L3}(x) \cdot dx. \quad (24)$$

Відносні інтегральні відстані:

$$g(\tilde{R}_{\min+1}, \tilde{R}_{\Sigma}) = \frac{S_1 - S_7 - S_8 - S_9 + S_{10} + S_5 + S_6 - S_2}{S_1 + S_2 + S_5 + S_6 + S_7 + S_8 + S_9 + S_{10}} \quad (25)$$

$$g(\tilde{R}_{\Sigma}, \tilde{R}_{\min}) = \frac{S_7 + S_8 + S_9 + S_{10} + S_5 - S_3 + S_4 - S_6}{S_3 + S_4 + S_5 + S_6 + S_7 + S_8 + S_9 + S_{10}}. \quad (26)$$

З наведеного витікає такий підхід визначення інтегральної (агрегованої, узагальненої) оцінки ТП:

$$\text{Загальна оцінка} = \begin{cases} \tilde{R}_{\min+1}, & \text{якщо} \\ g(\tilde{R}_{\min+1}, \tilde{R}_{\Sigma}) < g(\tilde{R}_{\Sigma}, \tilde{R}_{\min}); \\ \tilde{R}_{\min}, & \text{якщо} \\ g(\tilde{R}_{\min+1}, \tilde{R}_{\Sigma}) \geq g(\tilde{R}_{\Sigma}, \tilde{R}_{\min}). \end{cases} \quad (27)$$

Всі розрахунки доцільно проводити з урахуванням помилки I роду, тобто набір окремих оцінок, отриманих за політ, заздалегідь замінити набором, який враховує середньостатистичну кількість оцінок i-го рангу, помилково прийнятих за оцінки рангу (i+1).

Враховуючи вищесказане, нами був побудований такий алгоритм визначення загальної оцінки ТП, який може бути реалізований в програмному забезпеченні Microsoft Excel:

1. Визначити ранг мінімальної окремої оцінки:

$$\tilde{R}_{\min} = \min_i \tilde{R}_i.$$

2. Перевірити умову: $\langle \tilde{R}_{\min} = \tilde{R}_1 \rangle$.

2.1. Якщо $R_{\min} \neq \tilde{R}_1$ – перейти до п. 3.

2.2. Якщо $\tilde{R}_{\min} = \tilde{R}_1$ – то привласнити значення: Загальна оцінка $= \tilde{R}_1$.

3. Вибрати величини $m_{\tilde{R}_{\min}}$, $\sigma_{\tilde{R}_{\min}}$, $m_{\tilde{R}_{\min+1}}$, $\sigma_{\tilde{R}_{\min+1}}$.

4. Привласнити значення лічильника $i = \tilde{R}_{\min}$.

5. Визначити середньостатистичну кількість оцінок i-го рангу помилково але прийнятих за оцінки рангу (i + 1): $\Delta n = \frac{\alpha_{\text{пом},i} n_i}{1 - \alpha_{\text{пом},i}}$.

6. Порівняти Δn і n_{i+1} .

6.1. Якщо $\Delta n > n_{i+1}$, то $n_{i+1} = 0$, $n_i = n_i + n_{i+1}$, – слід перейти до п. 7.

6.2. Якщо $\Delta n \leq n_{i+1}$, то $n_{i+1} = n_{i+1} - \Delta n_i$, $n_i = n_i + \Delta n_i$.

7. Перевірити умову: $\langle i = 6 \rangle$.

7.1. Якщо $i = 6$, – то перейти до п. 8.

7.2. Якщо $i \neq 6$, то $i = i + 1$, – перейти до п. 5.

8. Визначити значення m_{Σ} за формулою (4).

9. Порівняти значення m_{Σ} і $m_{\tilde{R}_{\min+1}}$.

9.1. Якщо $m_{\Sigma} > m_{\tilde{R}_{\min+1}}$ – перейти до п. 10.

9.2. Якщо $m_{\Sigma} \leq m_{\tilde{R}_{\min+1}}$ – перейти до п. 33.

10. Перевірити умову: $\langle n_6 = 0 \rangle$.

10.1. Якщо $n_6 = 0$, – то $m_{L1} = m_{\Sigma}$, – перейти до п. 11.

10.2. Якщо $n_6 \neq 0$, – то обчислити m_{L1} за формулою (10).

11. Перевірити умову: $\langle n_5 = 0 \rangle$.

11.1. Якщо $n_5 = 0$, – то $m_{L1} = m_{L2}$, – перейти до п. 12.

11.2. Якщо $n_5 \neq 0$, – то m_{L1} обчислюється за формулою (9).

12. Визначити значення $\sigma_{\tilde{R}}$ за формулою (5).

13. Перевірити умову: $\langle n_7 = 0 \rangle$.

13.1. Якщо $n_7 = 0$, – то $\sigma_{L3} = \sigma_{\tilde{R}}$, – перейти до п. 14.

13.2. Якщо $n_7 \neq 0$, – $\sigma_{L3} = \sigma_{\tilde{R}}$ обчислюється за формулою (8).

14. Перевірити умову: $\langle n_6 = 0 \rangle$.

14.1. Якщо $n_6 = 0$, – то $\sigma_{L2} = \sigma_{L3}$, – перейти до п. 15.

14.2. Якщо $n_6 \neq 0$, то σ_{L2} обчислюється за формулою (7).

15. Перевірити умову: $\langle n_5 = 0 \rangle$.
 - 15.1. Якщо $n_5 = 0$, – то $\sigma_{L_1} = \sigma_{L_2}$, – перейти до п. 16.
 - 15.2. Якщо $n_5 \neq 0$, то m_L обчислюється за формулою (6).
16. Визначити значення x_1 за формулою (13).
17. Визначити значення x_2 за формулою (14).
18. Перевірити умову: $\langle \sigma_{L_2} = \sigma_{L_3} \rangle$.
 - 18.1. Якщо $\sigma_{L_2} = \sigma_{L_3}$, – то $x_{L_2} = x_1$, – перейти до п. 19.
 - 18.2. Якщо $\sigma_{L_2} \neq \sigma_{L_3}$, – то обчислюємо x_{L_2} за формулою (12).
19. Перевірити умову: $\langle \sigma_{L_1} = \sigma_{L_2} \rangle$.
 - 19.1. Якщо $\sigma_{L_1} = \sigma_{L_2}$, – то $x_{L_1} = x_{L_2}$, – перейти до п. 20.
 - 19.2. Якщо $\sigma_{L_1} \neq \sigma_{L_2}$, – то x_{L_1} обчислюється за формулою (11).
20. Визначити значення S_1 за формулою (15).
21. Визначити значення S_2 за формулою (16).
22. Визначити значення S_3 за формулою (17).
23. Визначити значення S_4 за формулою (18).
24. Визначити значення S_5 за формулою (19).
25. Визначити значення S_6 за формулою (20).
26. Визначити значення S_7 за формулою (21).
27. Визначити значення S_8 за формулою (22).
28. Визначити значення S_9 за формулою (29).
29. Визначити значення S_{10} за формулою (30).
30. Визначити значення $g(\tilde{R}_{\min+1}, \tilde{R}_\Sigma)$ за формулою (25).
31. Визначити значення $g(\tilde{R}_\Sigma, \tilde{R}_{\min})$ згідно (26).
32. Перевірити умову:

$$\langle g(\tilde{R}_{\min+1}, \tilde{R}_\Sigma) < g(\tilde{R}_\Sigma, \tilde{R}_{\min}) \rangle.$$
 - 32.1. Якщо $\langle g(\tilde{R}_{\min+1}, \tilde{R}_\Sigma) < g(\tilde{R}_\Sigma, \tilde{R}_{\min}) \rangle$, – то перейти до п. 33.
 - 32.2. Якщо $\langle g(\tilde{R}_{\min+1}, \tilde{R}_\Sigma) \geq g(\tilde{R}_\Sigma, \tilde{R}_{\min}) \rangle$, – то перейти до п. 34.
33. Привласнити значення
Загальна оцінка $= \tilde{R}_{\min+1}$.
34. Привласнити значення
Загальна оцінка $= \tilde{R}_{\min}$.

Висновки

1. Розроблена модель агрегування окремих якісних оцінок ТП, особливість якої в тому, що спо-

чатку визначається оцінка за методом "планування за вузьким місцем", а потім розв'язується питання щодо можливості компенсації, тобто підвищення рангу оцінки за рахунок більш високих окремих оцінок ТП.

2. Для визначення характеристик адитивної функції належності адаптований і використаний метод складання нечітких чисел Дюбуа-Прада.

3. Розроблено процедуру обчислення відносної інтегральної відстані, як показника ступеня подібності ФН.

4. Розроблений алгоритм агрегування, що враховує помилки першого роду, і на його основі, в середовищі Microsoft Excel реалізована відповідна програма, яка може бути використана в засобах об'єктивного контролю встановлених на тренажерах.

5. Подальші дослідження слід проводити як у напрямку розробки методик, технологій і процедур застосування методів нечіткої математики для оцінювання рівня ПП членів ЕПС за іншими показниками їх професійної діяльності (безпомилковість, своєчасність та ін.), так і розробки інтелектуального модулю підтримки рішення інструктора тренажера щодо рівня ППЛС.

Література

1. Надежность и эффективность в технике: Справочник в 10 т. Т.3. Эффективность технических систем / Под общ. ред В.Ф. Уткина, Ю.В. Крючкова. – М.: Машиностроение, 1988. – 328 с.
2. Рева О.М. Однокрокові методи рішення задач з векторним показником ефективності: методич. вказівки з курсу "Основи теорії прийняття рішень" / О.М. Рева. – Кіровоград: ДЛАУ, 1996. – 23 с.
3. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений: пер. с англ. Н.И. Ринго; под ред. Н.Н. Моисеева, С.А. Орловского / Л. Заде. – М.: Мир, 1976. – 165 с.
4. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств: пер. с франц. В.Б. Кузьмина; под ред. С.И. Травкина / А. Кофман. – М.: Радио и связь, 1982. – 432 с.
5. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений / А.К. Борисов, А.В. Алексеев, Г.В. Меркурьева и др. – М.: Радио и связь, 1989. – 304 с.
6. Зайченко Ю.П. Исследование операций: Нечеткая оптимизация / Ю.П. Зайченко. – К.: Вища школа, 1991. – 191 с.
7. Герасимов Б.М. Нечеткие множества в задачах проектирования, управления и обработки информации / Б.М. Герасимов, Г.Г. Грабовский, Н.А. Рюшин. – К.: Техніка, 2002. – 140 с.

8. Дюбуа Д. Теория возможностей. Приложение к представлению знаний в информатике / Д. Дюбуа, А. Прад. – М.: Радио и связь, 1990. – 288 с.
9. Шульгін В.А. Нечітка модель агрегування окремих якісних оцінок техніки пілотування /

В.А. Шульгін // Сучасні наукові дослідження – 2006: М-ли II Міжнар. наук.-практ. конф. – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2006. – Т.34. Психологія і соціологія. – С. 9-13.

Надійшла до редакції 24.12.2009

Рецензент: д-р техн. наук, проф., завідувач кафедри проектування авіаційних двигунів С.В. Спіфанов, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського "ХАІ", Харків.

АЛГОРИТМИЗАЦИЯ ПРОЦЕДУРЫ АГРЕГИРОВАНИЯ НЕЧЕТКИХ ОЦЕНОК ТОЧНОСТИ ПИЛОТИРОВАНИЯ НА ЛЕТНЫХ ТРЕНАЖЕРАХ

А.Н. Рева, С.А. Дмитриев, В.А. Шульгин, О.Н. Дмитриев, С.В. Недбай

Статья посвящена решению проблемы адаптации методов нечеткой математики для разработки нечетких моделей, критериев и нормативов оценки точности пилотирования воздушных судов летным составом. Учитывая, что обобщенная оценка техники пилотирования обладает системным свойством эмерджентности, и применяя метод Дюбуа-Прада, разработана процедура агрегирования отдельных качественных оценок техники пилотирования с реализацией принципа гарантированного подхода. Для определения степени близости аналитических функций принадлежности в развитие понятий Хемминга и Евклида относительных расстояний, введено понятие относительного интегрального расстояния. Разработан алгоритм агрегирования общей оценки точности пилотирования при условии применения в процессе тренажерной подготовки с помощью средств объективного контроля.

Ключевые слова: тренажерная подготовка пилотов, уровень профессиональной подготовки пилотов, методы теории качества, теории измерений, теории нечеткой математики и психологии труда, лингвистическая переменная "точность пилотирования", функции принадлежности, модели агрегирования оценок по отдельным параметрам полета.

DESIGNING PROCEDURE ALGORITHM OF AGGREGATING INDISTINCT ASSESSMENT OF THE ACCURACY OF PILOTING ON FLIGHT SIMULATORS

A.N. Reva, S.A. Dmitriev, V.A. Shulgin, O.N. Dmitriev, S.V. Nedbay

Article is devoted to solving the problem of adaptation methods of indistinct mathematics for the development of indistinct models, criteria and standards for assessing the accuracy of piloting aircraft flight crews. Given that the generalized score piloting technique has a system property of emergence, and applying the method of Dubois-Prada, developed a procedure for aggregation of individual qualitative assessments flying technique with the implementation of the principle of guaranteed approach. To determine the degree of closeness of analytic functions in the development of concepts Hamming and Euclidean relative distances, introduced the concept of relative integral distances. Developed algorithm for aggregating of the total estimates for the accuracy of piloting, subject for uses in process of training preparation by means of means of the objective control.

Key words: pilots' stimulator training, a professional standard, methods of the theory of quality, the theory of measurements, theories of indistinct mathematics and work psychology, a linguistic variable "accuracy of piloting", functions of an accessory, model of aggregation of separate estimations.

Рева Олексій Миколайович – д-р техн. наук, професор, професор кафедри автоматизації виробничих процесів Кіровоградського національного технічного університету, e-mail: ran54@meta.ua.

Дмитрієв Сергій Олексійович – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедрою збереження льотної придатності авіаційної техніки Київського національного авіаційного університету, e-mail: sad@nau.edu.ua.

Шульгін Валерій Анатолійович – канд. техн. наук, декан факультету льотної експлуатації Державної льотної академії України, e-mail: VAShulgin@ukr.net.

Дмитрієв Олег Миколайович – старший викладач кафедри льотної експлуатації Державної льотної академії України, e-mail: Dmitronik1970@rambler.ru.

Недбай Сергій Валерійович – генеральний директор ДП "Головний сертифікаційний та навчальний центр цивільної авіації України", e-mail: s.nedbay@rambler.ru.