

УДК 656.7.08.614.8

Ш.Ш. НАСИРОВ

*Головний центр єдиної системи управління повітряним рухом
Азербайджанської Республіки*

**ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ВАЖЛИВОСТІ ХАРАКТЕРНИХ ПОМИЛОК
АВІАДИСПЕТЧЕРІВ В ПРОЦЕСІ УПРАВЛІННЯ ПОВІТРЯНИМ РУХОМ**

Враховуючи вплив авіадиспетчерів на безпеку польотів, сформований перелік з $n=21$ їх характерних помилок, що можуть виникнути в процесі безпосереднього управління повітряним рухом. Отримана статистично вірогідна система переваг авіадиспетчерів на множині зазначених помилок, яка відображає тенденцію в думках авіадиспетчерів щодо їх значущості. Оскільки система переваг вказує виключно на взаємне ранжирування помилок, тобто дає тільки якісне уявлення і не вказує на скільки, чи у скільки разів одна помилка є більш важливішою перед іншою, застосований математичний апарат методу розстановки пріоритетів для встановлення коефіцієнтів ваги помилок, спираючись саме на їх ранги.

Ключові слова: безпека польотів, людський чинник при управлінні повітряним рухом, значущість характерних помилок, системи переваг авіадиспетчерів, метод розстановки пріоритетів, коефіцієнти ваги помилок.

Постановка проблеми

Враховуючи вплив людського чинника (ЛЧ) на безпеку функціонування авіаційної транспортної системи (АТС) [1 – 3], можна сформулювати два стратегічних напрями зниження кількості авіаційних пригод (АП) [4]. Перший з них пов'язаний з вдосконаленням авіаційної техніки (АТ) і радіотехнічних засобів (РТЗ) управління повітряним рухом (УПР). Дійсно, безперервний науково-технічний прогрес (НТП) в цивільній авіації (ЦА) привів до перманентної тенденції зростання надійності АТ. Скажімо, за 30-річний період показники відношення кількості відмов до часу роботи в повітрі збільшилися практично в 10-15 разів [5]. Однак наведене не призвело, на жаль, до суттєвого зниження кількості АП і інцидентів, особливо за ЛЧ. Тому більш привабливим з точки зору забезпечення БП слід вважати другий напрям, що пов'язаний з вдосконаленням відбору і професійної підготовки авіаційних операторів (авіадиспетчерів (А/Д), пілотів), покращенню умов їх діяльності. Саме тому все більшу актуальність набуває дослідження помилок у професійній діяльності авіаційних операторів, особливо в особливих випадках (ОВ) польоту задля проактивного їх попередження і виявлення перелігених (тобто таких, що що таять небезпеку) ситуацій.

Аналіз досліджень і публікацій

У праці [6] був проведений детальний аналіз сучасного стану урахування впливу помилок А/Д на

БП при обслуговуванні повітряного руху (ОПР), внаслідок чого був сформований такий їх перелік (табл. 1), що найбільш повно і всебічно стосовно відомих переліків враховує сучасні реалії автоматизації робочих місць А/Д, а також АП і інциденти, що відбулись в системі ОПР внаслідок прояви помилок.

Застосовуючи метод попарного порівняння та такий спосіб виявлення систем переваг, як частина сумарної інтенсивності, було проведено пілотне опитування $m = 35$ А/Д – співробітників Єдиної системи управління повітряним рухом Азербайджанської Республіки. Шляхом застосування такої стратегії групових рішень як підсумовування та усереднення рангів, а також методів теорії розпізнавання образів для виявлення маргінальних думок опитуваних була отримана статистично узгоджена і вірогідна групова система переваг, яка дає уявлення про узагальнені тенденції ставлення А/Д до досліджуваних помилок.

Постановка завдання

Групова система переваг А/Д, про яку йдеться, визначена у шкалі впорядкування, тому вказує тільки на порівнянню якісну (рангову) значущість помилок і не дає можливості встановити на скільки чи у скільки разів одна помилка є більш вагомою (важливою, значущою) перед іншою з точки зору негативного впливу на БП. З аналізу наукових джерел [7 – 11] витікає, що зручним засобом для цього є застосування коефіцієнтів ваги помилок, які встановлюються виключно експертним шляхом. Враховуючи, що людському мисленню властиві саме по-

рівняні якісні, а не кількісні оцінки [12, 13], було б доцільно застосовувати саме їх при встановленні шуканих коефіцієнтів ваги. Тому **метою статті** є визначення коефіцієнтів ваги характерних помилок А/Д під час ОПР, спираючись на їх статистично узгоджену групову систему переваг.

Таблиця 1

Характерні помилки авіадиспетчерів в процесі безпосереднього управління повітряним рухом

П _i	Зміст помилки
П ₁	Порушення фразеології радіообміну
П ₂	Неузгодженість входу повітряного судна в зону суміжного управління повітряним рухом
П ₃	Порушення побіжних часових інтервалів
П ₄	Порушення зустрічних часових інтервалів
П ₅	Порушення інтервалів між повітряними судами, які знаходяться на курсах, що перетинаються
П ₆	Бездресна передача повідомлень авіадиспетчером
П ₇	Помилка у визначенні позивного повітряного судна
П ₈	Помилка в ідентифікації повітряного судна
П ₉	Помилкове використання диспетчерського графіку
П ₁₀	Відсутність на стріпі позначки авіадиспетчера про передачу управління суміжному диспетчерському пункту
П ₁₁	Відсутність на стріпі позначки диспетчера щодо узгодження входу повітряного судна в зону управління повітряним рухом суміжного диспетчерського пункту
П ₁₂	Порушення авіадиспетчером узгодженого географічного рубежу передачі управління повітряним рухом
П ₁₃	Порушення авіадиспетчером узгодженого часового рубежу передачі управління повітряним рухом
П ₁₄	Недбалість в нанесенні на стріп літерно-цифрової інформації (можливість двоякої інтерпретації)
П ₁₅	Неекономічне управління повітряним рухом
П ₁₆	Порушення процедури прийому і здачі чергування
П ₁₇	Не відображення на стріпі виданих команд щодо зміни висоти або напрямку польоту
П ₁₈	Спроба керувати повітряним судном після спрацювання на ньому системи TCAS режими resolution advice
П ₁₉	Помилки вводу інформації про повітряне судно в автоматизовану систему
П ₂₀	Порушення технології праці при особливих випадках у польоті
П ₂₁	Порушення в використанні повітряного простору

Застосування методу розстановки пріоритетів для визначення коефіцієнтів ваги помилок авіадиспетчерів

Якщо деякий j-й А/Д може приписати кожній i-тій помилці деяку C_{ij} цінність (значущість, важливість), то сумарна цінність усіх помилок для нього складе величину:

$$C_j^{\Sigma} = \sum_{i=1}^{n=21} C_{ij}. \quad (1)$$

Далі нескладно визначити коефіцієнт ваги кожної помилки таким чином:

$$\alpha_{ij} = \frac{C_{ij}}{C_j^{\Sigma}}. \quad (2)$$

Якщо до опитування залучені m А/Д, то, узагальнюючи їх думки, нескладно отримати групові оцінки коефіцієнтів важливості помилок:

$$\alpha_i = \frac{\sum_{j=1}^m \alpha_{ij}}{m}. \quad (3)$$

Коефіцієнти α_{ij} , α_i мають властивість однорідності і «зваженості» у тому розумінні, що:

$$\begin{cases} 0 \leq \alpha_{ij} \leq 1, & \sum_{i=1}^{n=21} \alpha_{ij} = 1; \\ 0 \leq \alpha_i \leq 1, & \sum_{j=1}^m \alpha_{ij} = 1 \end{cases}. \quad (4)$$

Таким чином, виникає питання визначення цінності помилок, спираючись на системи переваг А/Д.

Зазначимо, що під час проведення пілотних досліджень ставлення А/Д до важливості та значущості характерних помилок в їх професійній діяльності (m = 35) автором було встановлено, що ти з них, хто випадково опитувався безпосередньо перед проходженням тренажерної підготовки, в процесі самої підготовки мали в середньому на 37% менше помилок, ніж інші, хто такого опитування не проходив [6]. Тому дослідження було продовжене і список опитуваних склав вже m = 50 А/Д.

Застосовуючи ті самі методи і процедури формування індивідуальних систем переваг і виявлення статистично-маргінальних думок, зазначена вибірка випробуваних була редукована до m = 36 осіб, для яких агрегована групова система переваг буде такою:

$$\begin{aligned} &P_5 \succ_g P_4 \succ_g P_{18} \succ_g P_{20} \succ_g P_3 \succ_g P_{21} \succ_g \\ &\succ_g P_2 \succ_g P_{13} \succ_g P_8 \succ_g P_{17} \succ_g P_{12} \succ_g P_7 \succ_g \\ &\succ_g P_{19} \succ_g P_{16} \succ_g P_1 \succ_g P_{11} \succ_g P_6 \succ_g P_{10} \succ_g \\ &\succ_g P_9 \succ_g P_{14} \succ_g P_{15}, \end{aligned} \quad (5)$$

де $\succ_g$ – позначка переваги однієї помилки перед іншою у груповій системі переваг.

Групова система переваг (5) є узгодженою, тому що отримане емпіричне значення коефіцієнту конкордації за Кендалом, який і визначає міру цієї узгодженості дорівнює величині W = 0,67 і є статистично вірогідним, тому що виконується умова:

$$\chi_{\text{факт.}}^2 = 481,353 \gg \chi_{\alpha=1\%; k=20}^2 = 40.$$

Спираючись на статистично узгоджену систему переваг (5), нескладно визначитися з цінністю кожної помилки таким чином [14]:

$$C_i = 1 - \frac{R_i - 1}{n}, \quad (6)$$

де R_i – ранг i-тої помилки у груповій системі переваг (5).

Однак, застосування зазначеного методу для визначення спочатку цінностей, а потім і коефіцієнтів ваги помилок недоцільно, тому що з формули (6) витікає лінійна залежність цінностей, а, отже, і коефіцієнтів ваги від відповідного рангу. Тому і цінності, і коефіцієнти ваги помилок, обчислені методом, що базується на їх рангах є досить грубими.

З аналізу наукових джерел [15 – 18] витікає, що з зазначеною метою слід застосовувати метод розстановки пріоритетів, відомий також як «задача про лідера» [19, 20]. Розглянемо цей метод детальніше, одночасно адаптуючи його положення до мети дослідження.

При застосуванні методу розстановки пріоритетів кожна помилка $\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_{21}$ для наочності уявляється вершиною графа, котрий відповідає результатам їх порівняльного аналізу за ступенем важливості для А/Д. Якщо помилка Π_i має перевагу над помилкою Π_j ($\Pi_i > \Pi_j$), на графі існує дуга ij і навпаки, якщо $\Pi_i < \Pi_j$, на графі існує дуга ji . Ситуації, коли помилки адекватні за важливістю $\Pi_i \approx \Pi_j$, чого, до речі не спостерігається у груповій системі переваг (5), відповідають дуги ij і ji . Внаслідок переважаності відповідного графу розстановки пріоритетів А/Д на множині досліджуваних помилок у цій публікації він не подається.

Далі будується матриця $C = \|c_{ij}\|$:

$$C = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1j} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2j} & \dots & c_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ c_{i1} & c_{i2} & \dots & c_{ij} & \dots & c_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & c_{nj} & \dots & c_{nn} \end{pmatrix}. \quad (7)$$

При цьому

$$c_{ij} = \begin{cases} 2, & \text{якщо помилка } \Pi_i \text{ важливіша за } \Pi_j; \\ M_i > M_j; \\ 0, & \text{якщо, навпаки, } \Pi_i < \Pi_j; \\ 1, & \text{якщо помилки } \Pi_i \text{ і } \Pi_j \text{ адекватні за} \\ & \text{важливістю: } \Pi_i \approx \Pi_j. \end{cases} \quad (8)$$

Вводиться поняття ітерованої “цінності” порядку k помилки Π_i . Ітерована “цінність” першого порядку помилки Π_i позначається як $C_i(1)$ і обчислюється як сума балів цієї помилки. При цьому не враховується “цінність” інших помилок:

$$C_i(1) = \sum_{j=1}^n c_{ij}. \quad (9)$$

Розподіл балів серед всіх n помилок задається вектором:

$$C(1) = [C_1(1), C_2(1), \dots, C_i(1), \dots, C_n(1)]. \quad (10)$$

На другій ітерації за “цінність” помилки приймається ітерована “цінність” першого порядку. Ітерована “цінність” другого порядку обчислюється з врахуванням “цінностей” інших помилок:

$$C_i(2) = \sum_{j=1}^n c_{ij} C_j(1). \quad (11)$$

Вона подається таким вектором:

$$C(2) = [C_1(2), C_2(2), \dots, C_i(2), \dots, C_n(2)]. \quad (12)$$

Подальші ітерації здійснюються аналогічно:

$$P(k) = A \cdot P(k-1). \quad (13)$$

При цьому:

$$P(0) = [1, 1, \dots, 1]. \quad (14)$$

Отже, процес обчислення полягає в послідовному застосуванні перетворення, яке задається матрицею C , до початкового вектора $C(0)$.

Позначимо через $\alpha_i(k)$ нормовану ітеровану “вагу” k -го порядку i -тої помилки, який й має сенс коефіцієнта “ваги”:

$$\alpha_i(k) = \frac{C_i(k)}{\sum_{i=1}^n C_i(k)}; \quad (15)$$

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i(k) = 1. \quad (16)$$

В загальному вигляді процес обчислення нормованої ітерованої “ваги” мотивів можна подати у виді такої формули [20]:

$$\alpha(k) = \frac{1}{\lambda(k)} C \cdot \alpha(k-1), \quad (17)$$

де $\lambda(k) = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n c_{ij} \alpha_i(k-1)$ – сума компонент вектора $C \cdot C(k-1)$; $k = 1, 2, \dots$

тотра $C \cdot C(k-1)$; $k = 1, 2, \dots$

Якщо матриця C така, що не розкладається, то розглянута процедура згідно з теоремою Перрона-Фробеніуса [19 – 21] приводить в граничному значенні до максимального особистого числа $\lambda = \lim_{k \rightarrow \infty} \lambda(k)$ матриці C з відповідним особистим вектором:

$$C = \lim_{k \rightarrow \infty} C(k). \quad (18)$$

Отже, процес обчислення нормованої ітерованої “ваги” помилок є таким, що сходиться. При цьому зазначимо, що здійснення процесу обчислення за формулою (17) відрізняється від простого підсумовування балів тим, що дозволяє врахувати побічні (непрямі) переваги помилок в діяльності А/Д.

Розглянемо процес обчислення нормованої ітерованої “ваги” характерних помилок А/Д. З системи переваг (5) витікають такі результати парної порівняльної значущості та важливості помилок:

$$\Pi_1 < \Pi_2 \quad \Pi_1 < \Pi_3 \quad \Pi_1 < \Pi_4 \quad \Pi_1 < \Pi_5$$

$\Pi_1 > \Pi_6$	$\Pi_1 < \Pi_7$	$\Pi_1 < \Pi_8$	$\Pi_1 > \Pi_9$	$\Pi_{12} < \Pi_{13}$	$\Pi_{12} > \Pi_{14}$	$\Pi_{12} > \Pi_{15}$	$\Pi_{12} > \Pi_{16}$
$\Pi_1 > \Pi_{10}$	$\Pi_1 > \Pi_{11}$	$\Pi_1 < \Pi_{12}$	$\Pi_1 < \Pi_{13}$	$\Pi_{12} < \Pi_{17}$	$\Pi_{12} < \Pi_{18}$	$\Pi_{12} > \Pi_{19}$	$\Pi_{12} < \Pi_{20}$
$\Pi_1 > \Pi_{14}$	$\Pi_1 < \Pi_{15}$	$\Pi_1 < \Pi_{16}$	$\Pi_1 < \Pi_{17}$	$\Pi_{12} < \Pi_{21}$			
$\Pi_1 < \Pi_{18}$	$\Pi_1 < \Pi_{19}$	$\Pi_1 < \Pi_{20}$	$\Pi_1 < \Pi_{21}$	$\Pi_{13} > \Pi_{14}$	$\Pi_{13} > \Pi_{15}$	$\Pi_{13} > \Pi_{16}$	$\Pi_{13} > \Pi_{17}$
$\Pi_2 < \Pi_3$	$\Pi_2 < \Pi_4$	$\Pi_2 < \Pi_5$	$\Pi_2 > \Pi_6$	$\Pi_{13} < \Pi_{18}$	$\Pi_{13} > \Pi_{19}$	$\Pi_{13} < \Pi_{20}$	$\Pi_{13} < \Pi_{21}$
$\Pi_2 > \Pi_7$	$\Pi_2 > \Pi_8$	$\Pi_2 > \Pi_9$	$\Pi_2 > \Pi_{10}$	$\Pi_{14} > \Pi_{15}$	$\Pi_{14} < \Pi_{16}$	$\Pi_{14} < \Pi_{17}$	$\Pi_{14} < \Pi_{18}$
$\Pi_2 > \Pi_{11}$	$\Pi_2 > \Pi_{12}$	$\Pi_2 > \Pi_{13}$	$\Pi_2 > \Pi_{14}$	$\Pi_{14} < \Pi_{19}$	$\Pi_{14} < \Pi_{20}$	$\Pi_{14} < \Pi_{21}$	
$\Pi_2 > \Pi_{15}$	$\Pi_2 > \Pi_{16}$	$\Pi_2 > \Pi_{17}$	$\Pi_2 < \Pi_{18}$	$\Pi_{15} < \Pi_{16}$	$\Pi_{15} < \Pi_{17}$	$\Pi_{15} < \Pi_{18}$	$\Pi_{15} < \Pi_{19}$
$\Pi_2 > \Pi_{19}$	$\Pi_2 < \Pi_{20}$	$\Pi_2 < \Pi_{21}$		$\Pi_{15} < \Pi_{20}$	$\Pi_{15} < \Pi_{21}$		
$\Pi_3 < \Pi_4$	$\Pi_3 < \Pi_5$	$\Pi_3 > \Pi_6$	$\Pi_3 > \Pi_7$	$\Pi_{16} < \Pi_{17}$	$\Pi_{16} < \Pi_{18}$	$\Pi_{16} < \Pi_{19}$	$\Pi_{16} < \Pi_{20}$
$\Pi_3 > \Pi_8$	$\Pi_3 > \Pi_9$	$\Pi_3 > \Pi_{10}$	$\Pi_3 > \Pi_{11}$	$\Pi_{16} < \Pi_{21}$			
$\Pi_3 > \Pi_{12}$	$\Pi_3 > \Pi_{13}$	$\Pi_3 > \Pi_{14}$	$\Pi_3 > \Pi_{15}$	$\Pi_{17} < \Pi_{18}$	$\Pi_{17} > \Pi_{19}$	$\Pi_{17} < \Pi_{20}$	$\Pi_{17} < \Pi_{21}$
$\Pi_3 > \Pi_{16}$	$\Pi_3 > \Pi_{17}$	$\Pi_3 < \Pi_{18}$	$\Pi_3 > \Pi_{19}$	$\Pi_{18} > \Pi_{19}$	$\Pi_{18} > \Pi_{20}$	$\Pi_{18} > \Pi_{21}$	
$\Pi_3 < \Pi_{20}$	$\Pi_3 > \Pi_{21}$			$\Pi_{19} < \Pi_{20}$	$\Pi_{19} < \Pi_{21}$		
$\Pi_4 < \Pi_5$	$\Pi_4 > \Pi_6$	$\Pi_4 > \Pi_7$	$\Pi_4 > \Pi_8$				
$\Pi_4 > \Pi_9$	$\Pi_4 > \Pi_{10}$	$\Pi_4 > \Pi_{11}$	$\Pi_4 > \Pi_{12}$	$\Pi_{20} > \Pi_{21}$			
$\Pi_4 > \Pi_{13}$	$\Pi_4 > \Pi_{14}$	$\Pi_4 > \Pi_{15}$	$\Pi_4 > \Pi_{16}$				
$\Pi_4 > \Pi_{17}$	$\Pi_4 > \Pi_{18}$	$\Pi_4 > \Pi_{19}$	$\Pi_4 > \Pi_{20}$				
$\Pi_4 > \Pi_{21}$							
$\Pi_5 > \Pi_6$	$\Pi_5 > \Pi_7$	$\Pi_5 > \Pi_8$	$\Pi_5 > \Pi_9$	Враховуючи (8) складемо квадратну матрицю суміжності помилок А/Д (табл. 2).			
$\Pi_5 > \Pi_{10}$	$\Pi_5 > \Pi_{11}$	$\Pi_5 > \Pi_{12}$	$\Pi_5 > \Pi_{13}$				
$\Pi_5 > \Pi_{14}$	$\Pi_5 > \Pi_{15}$	$\Pi_5 > \Pi_{16}$	$\Pi_5 > \Pi_{17}$	Обчислення по першій ітерації тривіальне і подано у графах 23, 24 табл. 2. Обчислення по другій ітерації – таке:			
$\Pi_5 > \Pi_{18}$	$\Pi_5 > \Pi_{19}$	$\Pi_5 > \Pi_{20}$	$\Pi_5 > \Pi_{21}$				
$\Pi_6 < \Pi_7$	$\Pi_6 < \Pi_8$	$\Pi_6 > \Pi_9$	$\Pi_6 > \Pi_{10}$	$C_{\Pi_5}(2) = 1 \cdot 41 + 2 \cdot (39 + 37 + 35 + 33 + 31 + 29 + 27 + 25 + 23 + 21 + 19 + 17 + 15 + 13 + 11 + 9 + 7 + 5 + 3 + 1) = 841;$			
$\Pi_6 < \Pi_{11}$	$\Pi_6 < \Pi_{12}$	$\Pi_6 < \Pi_{13}$	$\Pi_6 > \Pi_{14}$				
$\Pi_6 > \Pi_{15}$	$\Pi_6 < \Pi_{16}$	$\Pi_6 < \Pi_{17}$	$\Pi_6 < \Pi_{18}$	$C_{\Pi_4}(2) = 1 \cdot 39 + 2 \cdot (37 + 35 + 33 + 31 + 29 + 27 + 25 + 23 + 21 + 19 + 17 + 15 + 13 + 11 + 9 + 7 + 5 + 3 + 1) = 761;$			
$\Pi_6 < \Pi_{19}$	$\Pi_6 < \Pi_{20}$	$\Pi_6 < \Pi_{21}$					
$\Pi_7 < \Pi_8$	$\Pi_7 > \Pi_9$	$\Pi_7 > \Pi_{10}$	$\Pi_7 > \Pi_{11}$	$C_{\Pi_{18}}(2) = 1 \cdot 37 + 2 \cdot (35 + 33 + 31 + 29 + 27 + 25 + 23 + 21 + 19 + 17 + 15 + 13 + 11 + 9 + 7 + 5 + 3 + 1) = 685;$			
$\Pi_7 < \Pi_{12}$	$\Pi_7 < \Pi_{13}$	$\Pi_7 > \Pi_{14}$	$\Pi_7 > \Pi_{15}$				
$\Pi_7 > \Pi_{16}$	$\Pi_7 < \Pi_{17}$	$\Pi_7 < \Pi_{18}$	$\Pi_7 > \Pi_{19}$	$C_{\Pi_{14}}(2) = 1 \cdot 3 + 2 \cdot 1 = 5;$			
$\Pi_7 < \Pi_{20}$	$\Pi_7 < \Pi_{21}$						
$\Pi_8 > \Pi_9$	$\Pi_8 > \Pi_{10}$	$\Pi_8 > \Pi_{11}$	$\Pi_8 > \Pi_{12}$	$C_{\Pi_{15}}(2) = 1 \cdot 1 = 1.$			
$\Pi_8 < \Pi_{13}$	$\Pi_8 > \Pi_{14}$	$\Pi_8 > \Pi_{15}$	$\Pi_8 > \Pi_{16}$				
$\Pi_8 > \Pi_{17}$	$\Pi_8 < \Pi_{18}$	$\Pi_8 > \Pi_{19}$	$\Pi_8 < \Pi_{20}$	Обчислені таким чином цінності помилок на другій ітерації подані у графі 2 табл. 3. Тоді згідно (15), (17) маємо такі коефіцієнти важливості помилок (графа 4 табл. 3):			
$\Pi_8 < \Pi_{21}$							
$\Pi_9 < \Pi_{10}$	$\Pi_9 < \Pi_{11}$	$\Pi_9 < \Pi_{12}$	$\Pi_9 < \Pi_{13}$	$\alpha_{\Pi_5} = \frac{841}{6181} = 0,1360;$			
$\Pi_9 > \Pi_{14}$	$\Pi_9 > \Pi_{15}$	$\Pi_9 < \Pi_{16}$	$\Pi_9 < \Pi_{17}$				
$\Pi_9 < \Pi_{18}$	$\Pi_9 < \Pi_{19}$	$\Pi_9 < \Pi_{20}$	$\Pi_9 < \Pi_{21}$	$\alpha_{\Pi_{18}} = \frac{685}{6181} = 0,1108;$			
$\Pi_{10} < \Pi_{11}$	$\Pi_{10} < \Pi_{12}$	$\Pi_{10} < \Pi_{13}$	$\Pi_{10} > \Pi_{14}$				
$\Pi_{10} > \Pi_{15}$	$\Pi_{10} < \Pi_{16}$	$\Pi_{10} < \Pi_{17}$	$\Pi_{10} < \Pi_{18}$	$\alpha_{\Pi_{14}} = \frac{5}{6181} = 0,0008;$			
$\Pi_{10} < \Pi_{19}$	$\Pi_{10} < \Pi_{20}$	$\Pi_{10} < \Pi_{21}$					
$\Pi_{11} < \Pi_{12}$	$\Pi_{11} < \Pi_{13}$	$\Pi_{11} > \Pi_{14}$	$\Pi_{11} > \Pi_{15}$	$\alpha_{\Pi_{15}} = \frac{1}{6181} = 0,0002.$			
$\Pi_{11} < \Pi_{16}$	$\Pi_{11} < \Pi_{17}$	$\Pi_{11} < \Pi_{18}$	$\Pi_{11} < \Pi_{19}$				
$\Pi_{11} < \Pi_{20}$	$\Pi_{11} < \Pi_{21}$						

Таблиця 2

Матриця суміжності помилок авіадиспетчерів

Π_i	Помилки авіадиспетчерів Π_i у порядку убавання їх значущості																						1 ітерація	
	Π_5	Π_4	Π_{18}	Π_{20}	Π_3	Π_{21}	Π_2	Π_{13}	Π_8	Π_{17}	Π_{12}	Π_7	Π_{19}	Π_{16}	Π_1	Π_{11}	Π_6	Π_{10}	Π_9	Π_{14}	Π_{15}	$\Sigma^{(1)}$	$\alpha_i^{(1)}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Π_5	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	41	0,0929	
Π_4	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	39	0,0884	
Π_{18}	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	37	0,0839	
Π_{20}	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	35	0,0794	
Π_3	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	33	0,0748	
Π_{21}	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	31	0,0703	
Π_2	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	29	0,0658	
Π_{13}	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	27	0,0612	
Π_8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	25	0,0567	
Π_{17}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	23	0,0522	
Π_{12}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	21	0,0476	
Π_7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	19	0,0431	
Π_{19}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	17	0,0385	
Π_{16}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	15	0,0340	
Π_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	13	0,0295	
Π_{11}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	11	0,0249	
Π_6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	9	0,0204	
Π_{10}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	7	0,0159	
Π_9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	5	0,0114	
Π_{14}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	0,0068	
Π_{15}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0,0023	
Σ																						441	1,0000	

На кожній наступній ітерації значення $C_i(k)$ уточнюються (табл. 3). Дані табл. 3 показують, що у якості остаточних оцінок величин коефіцієнтів важливості помилок, слід взяти такі, що були обчислені на ітерації, передостанній тій, де значення коефіцієнта ваги найменш значущої помилки при прийнятій точності обчислень дорівнює 0. Таким чином, йдеться про другу ітерацію (графи 2, 3 табл. 3).

На рис. 1 подана гістограма коефіцієнтів ваги характерних помилок А/Д, яка дає наочне уявлення про їх кількісну порівняльну важливість.

Висновки

1. Для визначення коефіцієнтів “ваги” характерних помилок А/Д був адаптований та застосований математичний метод розстановки пріоритетів, відомий також як задача „про лідера”. Метод має переваги перед іншими у тім, що,

– по-перше спирається на статистично узгоджену і вірогідну систему переваг А/Д на множині помилок в їх професійній діяльності. Тому одержані за його допомогою коефіцієнти “ваги” у найбільшій мірі вільні від елементів суб’єктивізму, загальнопритаманних будь-яким експертним оцінкам;

– по-друге, спираючись на суворий математичний апарат, дозволяє ще й врахувати побічні (непрямі) переваги помилок діяльності А/Д.

Таблиця 3

Результати обчислень цінностей і коефіцієнтів ваги помилок на 2-й та 3-й ітерації

Π_i	$\Sigma^{(2)}$	$\alpha_i^{(2)}$	$\Sigma^{(3)}$	$\alpha_i^{(3)}$
Π_5	841	0,1360	11521	0,1770
Π_4	761	0,1231	9919	0,1523
Π_{18}	685	0,1108	8473	0,1301
Π_{20}	613	0,0991	7175	0,1102
Π_3	545	0,0882	6017	0,0924
Π_{21}	481	0,0778	4991	0,0766
Π_2	421	0,0681	4089	0,0628
Π_{13}	365	0,0591	3303	0,0507
Π_8	313	0,0506	2625	0,0403
Π_{17}	265	0,0429	2047	0,0314
Π_{12}	221	0,0358	1561	0,0240
Π_7	181	0,0293	1159	0,0178
Π_{19}	145	0,0235	833	0,0128
Π_{16}	113	0,0183	575	0,0088
Π_1	85	0,0138	377	0,0058
Π_{11}	61	0,0099	231	0,0035
Π_6	41	0,0066	129	0,0020
Π_{10}	25	0,0040	63	0,0010
Π_9	13	0,0021	25	0,0004
Π_{14}	5	0,0008	7	0,0001
Π_{15}	1	0,0002	1	0,0000
Σ	6181	1	65121	1

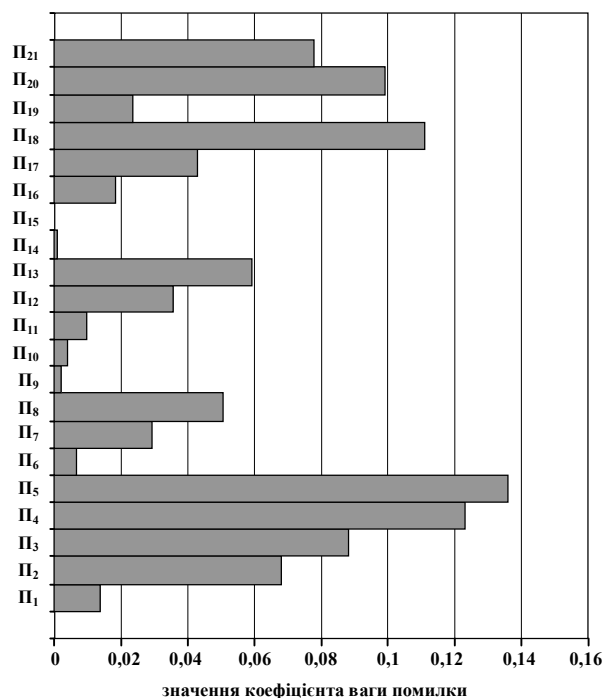


Рис. 1. Гістограма вагових коефіцієнтів характерних помилок авіадиспетчерів в професійній діяльності

2. Отримані коефіцієнти ваги дають чітке уявлення про кількісне співвідношення помилок з точкою зору їх значущості.

3. Подальші дослідження впливу помилок А/Д на БП при ОНР слід проводити у напрямках:

- встановлення етимології виникнення помилок, особливо їх можливого зв'язку з психофізіологічними і психологічними якостями А/Д;
- застосування непараметричних методів побудову групової системи переваг на множині помилок;
- орієнтуючись саме на унікальний особистісний досвід безпосереднього УНР А/Д, слід провести спеціальні дослідження думок статистично-умовних «маргіналів» щодо впливу помилок на БП.

Література

1. Изучение роли человеческого фактора при авиационных происшествиях и инцидентах // Человеческий фактор: сб. м-лов № 7. – Циркуляр ИКАО 240-AN/144. – Монреаль, Канада, 1993. – 76 с.
2. Безпека авіації / В.П. Бабак, В.П. Харченко, В.О. Максимов та ін.; за ред. В.П. Бабака. – К.: Техніка, 2004. – 504 с.
3. Рева О.М. Человеческий фактор и безопасность полетов: (Проактивное исследование влияния): монография / А.Н. Рева, К.М. Тумишев, А.А. Бекмухамбетов; науч. ред. А.Н. Рева, К.М. Тумишев. – Алматы, 2007. – 242 с.

4. Котик М.А. Природа ошибок человека-оператора (на примерах управления транспортными средствами) / М.А. Котик, А.М. Емельянов. – М.: Транспорт, 1993. – 352 с.

5. Пономаренко В.А. Человеческий фактор и безопасность полетов / В.А. Пономаренко // Проблемы безопасности полетов: обзорн. инф. – М.: ВИНТИ, 1993. – Вып. 1. – С. 36-42.

6. Насіров Ш.Ш. Пілотне визначення систем переваг авіадиспетчерів Азербайджану на характерних помилках в процесі управління повітряним рухом / Ш.Ш. Насіров // Авіаційно-космічна техніка і технологія: наук.-техн. ж. – Х.: НАКУ «ХАІ», 2010. – №7. – С. 124-134.

7. Саттес П. Основы теории измерений / П. Саттес, Р. Зинес // Психологические измерения. – М.: Мир, 1967. – С. 9-110.

8. Надежность и эффективность в технике: справочник в 10 т. – Т. 3. Эффективность технических систем / Под общ. ред. В.Ф. Уткина, Ю.В. Крюкова. – М.: Машиностроение, 1988. – 328 с.

9. Перегудов Ф.И. Введение в системный анализ: учеб. пособ. / Ф.И. Перегудов, Ф. П Тарасенко. – М.: Высшая школа, 1989. – 367 с.

10. Рева О.М. Прийняття рішень шляхом виявлення системи пріоритетів (переваг) авіаспеціаліста: методич. вказівки з курсу "Основи теорії прийняття рішень" / О.М. Рева. – Кіровоград: ДЛІАУ, 1997. – 18 с.

11. Анфилов В.С. Системный анализ в управлении: учеб. пособ. / В.С. Анфилов, А.А. Емельянов, А.А. Кукушкин; под ред. А.А. Емельянова. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 368 с.

12. Козелецкий Ю. Психологическая теория решений / Ю. Козелецкий; пер. с польск. Г.Е. Минца, В.Н. Поруса; под ред. Б.В. Бирюкова. – М.: Прогресс, 1979. – 504 с.

13. Психологія: підручник / Ю.Л. Трофімов, В.В. Рибалка, П.А. Гончарук та ін.; за ред. члена-кореспондента АПН України Ю.Л. Трофімова. – К.: Либідь, 2005. – 560 с.

14. Денисов А.А. Теория больших систем управления: учебн. пособ. / А.А. Денисов, Д.Н. Колесников. – Л.: Энергоиздат, 1981. – 288 с.

15. Беляевський Л.С. Метод розстановки пріоритетів у кількісній оцінці факторів небезпеки в діяльності авіадиспетчера / Л.С. Беляевський, О.Б. Біндас // Вісник Київськ. міжнар. ун-ту цив. авіації. – К.: КМУЦА, 1999. – № 2. – С. 278-284.

16. Рева О.М. Розстановка пріоритетів на множині обставин, що пом'якшують та обтяжують відповідальність / О.М. Рева, Д.Г. Радов // Держава і право: збірник наукових праць Інституту держави та права ім. В.М. Корецького НАНУ (Юридичні і політичні науки). – К.: ІДП, 2001. – № 11. – С. 406-417.

17. Рева О.М. Розстановка пріоритетів на множині окремих показників, що входять в узагальнений показник "Ефективне використання робочої сили" / О.М. Рева, Т.І. Грінка, В.В. Соболенко // Вод-

ний транспорт: зб. наук. пр. – К.: КДАВТ, 2002. – Вип. 3. – С. 133-141.

18. Рева О.М. Моделювання розстановки пріоритетів у визначенні коефіцієнтів важливості мотивів трудової діяльності викладачів / О.М. Рева, І.М. Суворова // Актуальні проблеми економіки: науково-економічний журнал. – К., 2009. – № 9. – С. 243-249.

19. Берж К. Теория графов и ее применения: пер. с франц. / К. Берж. – М.: ИЛ, 1962. – 320 с.

20. Блюмберг В.А. Какое решение лучше? Метод расстановки приоритетов / В.А. Блюмберг, В.Ф. Глуценко. – Л.: Лениздат, 1982. – 160 с.

21. Батищев Д.И. Методы оптимального проектирования: учеб. пособ. для вузов / Д.И. Батищев. – М.: Радио и связь, 1984. – 248 с.

Надійшла до редакції 19.05.2011

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВАЖНОСТИ ХАРАКТЕРНЫХ ОШИБОК АВИАДИСПЕТЧЕРОВ В ПРОЦЕССЕ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

Ш.Ш. Насыров

Учитывая влияние авиадиспетчеров на безопасность полетов, сформирован перечень из $n = 21$ их характерных ошибок, которые могут возникнуть в процессе непосредственного управления воздушным движением. Получена статистически достоверная система предпочтений авиадиспетчеров на множестве указанных ошибок, которая отображает тенденцию мнений авиадиспетчеров относительно их значимости. Поскольку система предпочтений указывает исключительно на взаимное ранжирование ошибок, то есть дает только качественное представление и не указывает на сколько, или во сколько раз одна ошибка является важнее другой, применен математический аппарат метода расстановки приоритетов для установления коэффициентов веса ошибок, опираясь именно на их ранги.

Ключевые слова: безопасность полетов, человеческий фактор при управлении воздушным движением, значимость характерных ошибок, системы предпочтений авиадиспетчеров, метод расстановки приоритетов, коэффициенты веса ошибок.

DETERMINATION OF COEFFICIENTS OF IMPORTANCE OF CHARACTERISTIC ERRORS OF AIR TRAFFIC CONTROLLERS IN THE PROCESS OF AIR TRAFFIC CONTROL

Sh.Sh. Nasyrov

Taking into account influence of air traffic controllers on flight safety, a list is formed from $n = 21$ their characteristic errors that can arise up in the process of direct air traffic control. The statistically reliable system of preferences of air traffic controllers is got basing on the great number of the indicated errors, which represents the tendency of opinions of air traffic controllers in relation to significance of such errors. As a system of preferences specifies exceptionally on the mutual ranging of errors, it gives only quality presentation and does not specify on how many, or in how many times one error is more important than other, the mathematical apparatus of method of placing of priorities is applied for establishment of coefficients of weight of errors, basing exactly on their grades.

Key words: flight safety, human factor in air traffic control, significance of characteristic errors, system of preferences of air traffic controllers, method of placing of priorities, coefficients of weight of errors.

Насыров Шахин Шахвели-огли – начальник диспетчерської зміни Головного центру єдиної системи управління повітряним рухом Азербайджанської Республіки, e-mail: shahin.s@mail.ru.