

**В. Камишин,**

Директор Інституту обдарованої дитини НАПН України,

канд. техн. н., лауреат Державної премії УРСР та України,

## **ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНОЇ ГОТОВНОСТІ АВІАДИСПЕТЧЕРІВ У ПРОЦЕСІ ПОБУДОВИ ГРУПОВОЇ СИСТЕМИ ПЕРЕВАГ НА МНОЖИНІ ХАРАКТЕРНИХ ПОМИЛОК**

**Анотації:** Враховуючи сучасні концепції ІКАО щодо контролю чинників загроз і помилок, вирішено питання формування проактивної готовності авіадиспетчерів до розпізнавання характерних помилок у процесі управління повітряним рухом шляхом побудови індивідуальних і групових систем переваг на множині  $n=21$  цих помилок. Застосовуючи 210 разів попарне порівняння помилок і такий спосіб виявлення систем переваг, як частина сумарної інтенсивності, формуються індивідуальні уявлення випробуваних щодо небезпеки помилок і відповідні ранжування. Залучення авіадиспетчерів до побудови групової системи переваг і застосування для цього медіани Кемені сприяло ще більшому формуванню цих уявлень. Встановлено, що особи, які пройшли тестування до початку тренажерної підготовки, припустилися під час тренувань на 34 % менше помилок, ніж інші респонденти.

**Ключові слова:** людський чинник і безпека польотів, спектр характерних помилок авіадиспетчерів, індивідуальні та групові переваги, медіана Кемені, формування професійної готовності до розпізнавання загроз.

**В. Камишин**

## **ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ГОТОВНОСТИ АВИДИСПЕТЧЕРОВ В ПРОЦЕССЕ ПОСТРОЕНИЯ ГРУППОВОЙ СИСТЕМЫ ПРЕИМУЩЕСТВ НА МНОЖЕСТВЕ ХАРАКТЕРНЫХ ОШИБОК**

**Аннотации :** Учитывая современные концепции ИКАО по контролю факторов угроз и по - ошибок , решен вопрос формирования проактивной готовности авиадиспетчеров к раз - узнавание характерных ошибок в процессе управления воздушным движением путем по - строения индивидуальных и групповых систем преимуществ на множестве  $n = 21$  этих ошибок . По - стосовуючы 210 раз попарное сравнение ошибок и такой способ выявления систем преимуществ , как часть суммарной интенсивности , формируются индивидуальные представления вы - испытаний по опасности ошибок и соответствующие ранжирования. Привлечение авиадиспет - черив к построению групповой системы предпочтений и применения для этого медианы Кемені способствовало еще большему формированию этих представлений. Установлено , что лица ,

которые прошли тестирование в начале тренажерной подготовки , допустили во время тренировок на 34 % меньше ошибок , чем другие респонденты .

**Ключевые слова :** человеческий фактор и безопасность полетов , спектр характерных ошибок авиадиспетчеров , индивидуальные и групповые предпочтения , медиана Кемени , формирования профессиональной готовности к распознаванию угроз .

**V. Kamishin**

**FORMING OF PROFESSIONAL READINESS OF AIR TRAFFIC CONTROLLERS IN THE PROCESS OF BUILDING GROUP OF BENEFITS ON THE SET OF CHARACTERISTIC ERROR**

**Annotations :** Given the current ICAO concept of control factors and threats in dear, settled the question of forming a proactive willingness to develop air traffic controllers - specific recognition errors in the management of air traffic through the structure in individual and group preferences on the set of  $n = 21$  of these errors. Over - stosovuyuchy 210 times pairwise comparison errors and thus detection of benefits as part of the total intensity , forming individual trials you an idea of the danger of errors and the corresponding ranking. Involvement aviadyspet - cheriv to build a group of benefits and application for the median Kemeni contributed even more to the formation of these perceptions. It is established that the person tested prior to simulator training made a during exercise at 34% less errors than other respondents.

**Keywords :** human factors and aviation security , air traffic controllers spectrum characteristic errors , individual and group preferences , the median Kemeni formation of professional readiness to recognize threats.

**Постановка проблеми.** Уже тривалий час у міжнародній авіаційній спільноті однозначно визнано, що помилка людини є або головним чинником, або таким, що зазвичай сприяє абсолютній більшості авіаційних пригод (АП) [1]. Також зазначається, що досить часто цих помилок припускається абсолютно нормальний, здоровий, достатньо кваліфікований і досвідчений персонал, який має у своєму розпорядженні необхідне і надійне устаткування для здійснення професійних функцій. Ось чому правильне розуміння того, чому «нормальні» люди роблять помилки, є важливим елементом врахування людського чинника (ЛЧ) в цивільній авіації (ЦА). Іншими словами, для підвищення безпеки польотів (БП) необхідно досягти адекватного розуміння експлуатаційних і технологічних контекстів, що призводять до здійснення помилок [2; 3].

Варто зазначити, що вказане «розуміння» було б актуально активно формувати, виявляючи ставлення, насамперед, авіаційних операторів (АО) «переднього краю» (авіадиспетчерів (А/Д), пілотів) як осіб, які своєю профе-

сійною діяльністю несуть основний тягар відповідальності за забезпечення БП [1-6], до відповідних помилок, тобто виявляючи їхні системи переваг (СП). При цьому, згідно [7-11], під СП будемо розуміти впорядкування досліджуваних альтернатив від найбільш до найменш небезпечних помилок.

Вказаний підхід є цілком доцільним і справедливим, оскільки, з одного боку, переваги – це обов’язковий і головний чинник у процедурі прийняття рішення (ПР), тим більше, що, з іншого боку, професійна діяльність АО зазвичай уявляється як безперервний ланцюг рішень, що виробляються і реалізуються в явних і неявних формах і в умовах впливу різноманітних чинників, особливо ризиків і небезпек.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Оскільки зниження частоти і тяжкості наслідків впливу ЛЧ є дійсно величезним потенціалом у справі підвищення БП, то надзвичайно цікавим у ракурсі вивчення впливу помилок АО на функціонування ЦА є досвід провідних авіакомпаній і наукових установ, що був узагальнений ІСАО у працях [1; 2; 3; 6 та ін.]. Серед них варто виділити метод управління помилками, що був запропонований професором Техаського університету, доктором Робертом Хельмрайхом (рис. 1).

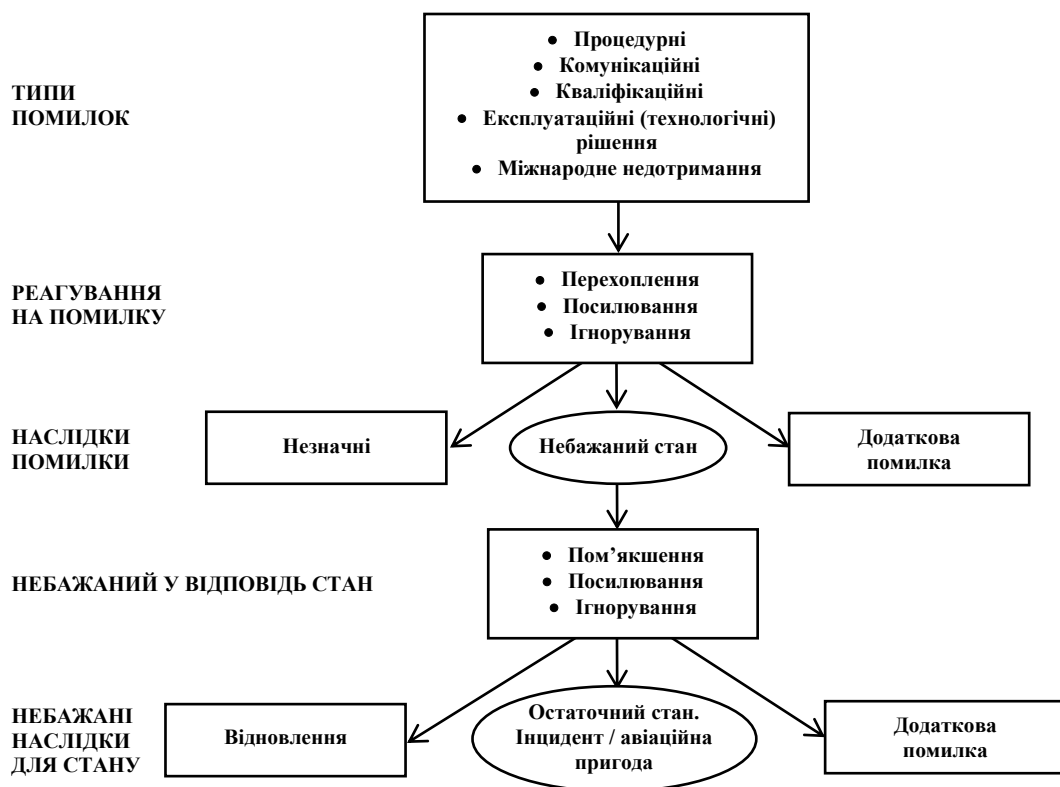


Рис. 1. Модель управління помилками авіаційних операторів (Р. Хельмрайх)

Модель починається з допущення помилки. Помилки можуть бути процедурними, комунікаційними, кваліфікаційними, а також неправильними

експлуатаційними рішеннями та навіть навмисними порушеннями авіаційних правил або експлуатаційних процедур авіакомпанії. Реакцією на помилку може бути її перехоплення (тобто її нейтралізація шляхом виправлення), посилення, навмисне або ненавмисне її ігнорування. Результат цього початкового реагування може бути незначним, здатним створити або посилити небезпечні, небажані умови, або навіть призвести до додаткової помилки.

Якщо ж небезпечні або небажані умови, у яких діють АО, не усунуті, то льотний екіпаж (чи А/Д) може зробити кроки з пом'якшення ситуації (наприклад, шляхом скорочення або знищення помилки), посилити її наслідки або ж продовжувати її ігнорувати. Можливими результатами таких дій можуть бути успішне позбавлення від помилки, продовження існування небезпечних умов, що можуть призвести до інцидентів або АП, а також допущення подальших помилок, що відтворюють новий цикл їх виправлення.

Однак, ефективне управління помилками має починатися з їх ідентифікації в процесі професійної підготовки (ПП), тобто завчасного формування в АО сталих навичок та умінь розпізнавання, уявлення небезпеки конкретної помилки та подальшого її запобігання, що є однією з провідних концепцій ІКАО [8]. Враховуючи відповідні рекомендації цієї міжнародної організації, а також світову та регіональну статистику інцидентів і АП в аеронавігаційних системах, був сформований спектр з  $n = 21$  характерних помилок А/Д (табл. 1) [9; 11-13], який відрізняється від відомих [3; 14; 15] тим, що більш повно та всебічно характеризує неправильну діяльність при управлінні повітряним рухом (УПР).

Методика опитування передбачала застосування попарного порівняння, а також такого способу виявлення СП, як частини сумарної інтенсивності [8; 16]. Опитуванням були послідовно охоплені спочатку  $m = 65$  А/Д.

Безумовно, наступним кроком має стати розробка науково-методичних рекомендацій з організації особистісно-орієнтованої тренажерної підготовки А/Д, що враховує їх переваги на помилкових діях. У контексті цієї статті ми орієнтовані на виявлення групової СП (ГСП), яка у загальному випадку вважається більш об'єктивною і досконалою, аніж будь-яка індивідуальна [7; 16]. Зазвичай ГСП будується шляхом застосування такої стратегії групових рішень, як підсумовування та усереднення рангів [7-9; 16 та ін.]. Однак останнім часом з'явилися дослідження, результати яких доводять, що у гуманістичних системах (за визначенням Л. Заде [17]) можливе застосування з зазначеною метою ще і класичних критеріїв ПР [7; 8; 16; 18 та ін.]. До того ж, критерій Байєса-Лапласа фактично дублює зазначену стратегію підсумовування та усереднення рангів, а критерій Севиджа взагалі вважається «демократичним», тому що мінімізує відхилення у думках як умовної «більшості» опитуваних, так і умовної «меншості», яку з різних причин досить часто називають «маргінальною» [19].

Потрібно наголосити, що найголовніше питання, яке виникає під час побудови ГСП, стосується визначення ступеня її узгодженості. На теперішній час найбільш розповсюдженими є три методи, що пов'язані з визначенням [8; 9; 13; 16; 19-25 та ін.]:

Таблиця 1

Характерні помилки авіадиспетчерів у процесі  
безпосереднього управління повітряним рухом

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

– коефіцієнта рангової кореляції Спірмена для усієї сукупності (у на-

$$N = \frac{n(n-1)}{2} = \frac{21(21-1)}{2} = 210$$

шому випадку попарних порівнянь індивідуальних СП (ІСП). І якщо кожне обчислене значення коефіцієнта буде статистично вірогідним на прийнятому рівні значущості  $\alpha$  і при визначеному числі ступенів свободи  $k = n - 2 = 19$ , то ГСП варто вважати узгодженою;

– коефіцієнтів варіації думок за кожною альтернативою-помилкою, що впорядковуються. І якщо значення кожного з  $n = 21$  коефіцієнтів буде менше за критеріально встановлену величину то закон розподілу думок буде

$$v_i \leq 33\%,$$

Таблиця 2

Індивідуальні та групові системи переваг авіадиспетчерів на множині характерних помилок при управлінні повітряним рухом (фрагмент)

$P_i$	Індивідуальні системи переваг												Групові системи переваг, що утворюються	
	$A/D_1$	$A/D_2$	$A/D_3$	$A/D_4$	$A/D_5$	$A/D_6$	$A/D_7$	$A/D_8$	$A/D_9$	...	$A/D_{64}$	$A/D_5$	Підсумовування рангів	Медіаною Кемені
1	2	3	4	5	6	7	8	9		..	6	66	67	68
$P_1$	19	21	21	16	13,5	13	19	15,5		...	2	10,5	15	15
$P_2$	8	8	11,5	4	8	9	9,5	9		..	1	7,5	7	8
$P_3$	4	4	8,5	21	5,5	2,5	17,5	20		...	4	3,5	5	5
$P_4$	4	2	4	8	1	2,5	7,5	2,5		..	2	2	3	3
$P_5$	4	3	2	5	2,5	2,5	2	2,5		...	2	1	2	2
$P_6$	20	19	18	14	18	19	5	5,5		..	1	10,5	19	18,5
$P_7$	12,5	6,5	6	11	11	16	5	5,5		...	9	12	11	11
$P_8$	10	5	3	13	12	17,5	11,5	7		..	1	7,5	10	10
$P_9$	12,5	19	19,5	10	19	21	9,5	13,5		...	1	14	18	17
$P_{10}$	16	13	10	18	17	17,5	13,5	19		..	1	18,5	20	18,5
$P_{11}$	15	19	19,5	16	13,5	15	3	17,5		...	1	16	16	16
$P_{12}$	9	10	7	6,5	10	11	7,5	12		..	1	18,5	12	12



$\Pi_{I_3}$	6	11,5	11,5	6,5	7	10	15	11		...	13	18,5	8	7
$\Pi_{I_4}$	17	17	17	19,5	20	7	11,5	17,5		..	20		17	20
$\Pi_{I_5}$	21	11,5	13	12	21	20	21	21		...	21	21	21	21
$\Pi_{I_6}$	18	16	16	19,5	5,5	8	17,5	8		..	10	15	14	14
$\Pi_{I_7}$	11	15	15	9	9	12	5	10		...	8	6	9	9
$\Pi_{I_8}$	1	1	1	1	2,5	2,5	20	1		...	5,5	5	1	1
$\Pi_{I_9}$	14	14	14	16	16	14	16	15,5		..	18,5		13	13
$\Pi_{I_{20}}$	2	6,5	5	3	4	5	1	4		...	5,5	3,5	4	4
$\Pi_{I_{21}}$	7	9	8,5	2	15	6	13,5	13,5		..	7	9	6	6

вважатися гаусівським, а самі думки – узгодженими і за кожною з альтернатив, що впорядковуються, і за усією їх сукупністю в цілому;

– коефіцієнта множинної рангової кореляції – коефіцієнта конкордації за Кендаллом. І якщо його емпіричне значення буде статистично вірогідним на прийнятому рівні значущості  $\alpha$  і при визначеному числі ступенів свободи  $k = n - 1 = 20$ , то робиться висновок про узгодженість групової системи переваг.

Для нашого конкретного випадку, проілюстрованого даними графі 67 табл. 2, отримане емпіричне значення коефіцієнта конкордації дорівнює величині  $W = 0,529$  і є статистично вірогідним, оскільки виконується умова:

$$\chi_{емп.}^2 = 687,416 >> \chi_{\alpha=1\%;, n-1=20}^2 = 40,00$$

І

Варто зауважити наступне. При виявленні ступеня узгодженості думок за допомогою коефіцієнта конкордації Кендалла перевіряється нульова гіпотеза, згідно з якою ранжування незалежні й рівномірно розподілені на множині усіх ранжувань. Якщо ця гіпотеза приймається, то звісно, ні про яку узгодженість думок експертів говорити не можна; а якщо відхиляється – то теж не можна. Наприклад, може бути два (або більше) центри, навколо яких групуються відповіді експертів. У нашому випадку йдеться, скажімо, про вплив на певні групи А/Д досвідченіших представників інструкторського складу, які проводять з ними відповідні тренування і мають, хоча і близькі, але неоднакові думки щодо безпеки помилок. Нульова гіпотеза нібито відхиляється.

ся. Але хіба можна говорити про узгодженість?

Необхідно зауважити, що, з одного боку, велика кількість альтернатив, що впорядковуються, і велика кількість А/Д, які були залучені до випробувань, суттєвим чином вплинули на варіативність думок, що й позначилося на абсолютній величині коефіцієнта конкордації, критеріальне значення якого має дорівнювати величині [25]:

$$W \geq 0,7...0,8 \quad (1)$$

З іншого боку, виникає важливе запитання: яким саме має бути групове ранжування, коли доведено, що думки експертів узгоджені?

**Постановка завдання досліджень.** У методах визначення ГСП та ступеня її узгодженості, що були розглянуті, спостерігається поширена помилка, яка полягає в тому, що відповіді експертів прагнуть розглядати як числа. Саме тому дослідники займаються «оцифруванням» їхніх думок, приписуючи їм числові значення - бали, які потім обробляють за допомогою методів прикладної статистики як результати звичайних фізико-технічних вимірювань. І оскільки відповіді А/Д в процедурах експертного опитування, що були їм запропоновані, - не числа, а такі об'єкти нечислової природи, як градації якісних ознак, ранжування, розбиття, результати парних порівнянь, нечіткі переваги і т. ін., то для їх аналізу виявляються корисними методи статистики об'єктів нечислової природи. Це є цілком закономірним, оскільки людина міркує не числами і перехід від прийнятності до неприйнятності якогось об'єкта чи явища відбувається не стрибкоподібно, а повільно [8; 17].

Таким чином, метою статті є знаходження остаточної ГСП шляхом непараметричного вирішення оптимізаційної задачі мінімізації сумарної відстані від А/Д-кандидата в «середні» до думок всіх інших експертів. Знайдену у такий спосіб «середню» думку називають «медіаною Кемені» [11; 26; 27].

**Виявлення медіани Кемені як групової системи переваг авіадиспетчерів на множині характерних помилок.** Обчислення медіани Кемені - завдання цілочисельного програмування. Для її знаходження використовуються різні алгоритми дискретної математики, зокрема такі, що засновані на методі гілок і границь. Також застосовують алгоритми, що спираються на ідеї випадкового пошуку, оскільки для кожного бінарного відношення нескладно знайти множину його сусідів. Однак, як витікає з аналізу праць [11; 20; 21; 23; 26; 27], стосовно цілей досліджень цієї статті найбільш прийнятним є евристичний алгоритм знаходження медіани Кемені. При цьому, для побудови медіани Кемені були застосовані ІСП тих самих  $m = 65$  А/Д, що покладені в основу системи ранжування помилок (табл. 2, графа 67).

Під час опитування експерти здійснювали попарне порівняння усіх



$n = 21$  помилок, що досліджуються (табл. 1), яким при обробці надавалися такі порівняльні оцінки ступеня їх небезпеки:

$$P_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } \Pi_i \succ \Pi_j \\ -1, & \text{якщо } \Pi_i \prec \Pi_j \\ 0, & \text{якщо } \Pi_i \approx \Pi_j \end{cases} . \quad (2)$$

Наведене сприяло отриманню 65-ти індивідуальних матриць попарних порівнянь, побудова яких є тривіальною, тому не подана в цій статті.

Далі від матриць попарних порівнянь переходимо до матриці втрат. Для її побудови визначається відстань від довільного ранжування до множини всіх інших ранжувань:

$$d_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{якщо } P_{ij} = 1 \\ 1, & \text{якщо } P_{ij} = 0 \\ 2, & \text{якщо } P_{ij} = -1 \end{cases} . \quad (3)$$

Зразок формування індивідуальної матриці втрат, отриманої згідно з виразом (3), подано у табл. 3.

Таблиця 3

Зразок формування індивідуальної матриці втрат за даними опитування  
авіадиспетчера № 1

$\Pi_i$	$\Pi_1$	$\Pi_2$	$\Pi_3$	$\Pi_4$	$\Pi_5$	$\Pi_6$	$\Pi_7$	$\Pi_8$	$\Pi_9$	$\Pi_{10}$	$\Pi_{11}$	$\Pi_{12}$	$\Pi_{13}$	$\Pi_{14}$	$\Pi_{15}$	$\Pi_{16}$	$\Pi_{17}$	$\Pi_{18}$	$\Pi_{19}$	$\Pi_{20}$	$\Pi_{21}$
$\Pi_1$	0	2	2	2	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2	2	2	2
$\Pi_2$	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	2	2
$\Pi_3$	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0
$\Pi_4$	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0
$\Pi_5$	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0
$\Pi_6$	2	2	2	2	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2	2	2	2
$\Pi_7$	0	2	2	2	2	0	0	2	1	0	0	2	2	0	0	0	2	2	0	2	2
$\Pi_8$	0	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	2	0	2	2
$\Pi_9$	0	2	2	2	2	0	1	2	0	0	0	2	2	0	0	0	2	2	0	2	2
$\Pi_{10}$	0	2	2	2	2	0	2	2	2	0	2	2	2	0	0	0	2	2	2	2	2
$\Pi_{11}$	0	2	2	2	2	0	2	2	2	0	0	2	2	0	0	0	2	2	2	2	2
$\Pi_{12}$	0	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	2	2
$\Pi_{13}$	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0

П <sub>14</sub>	0	2	2	2	2	0	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	2	2	2	2	2
П <sub>15</sub>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2	2	2	2
П <sub>16</sub>	0	2	2	2	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	2	2	2	2	2
П <sub>17</sub>	0	2	2	2	2	0	0	2	0	0	0	2	2	0	0	0	0	2	0	2	2
П <sub>18</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
П <sub>19</sub>	0	2	2	2	2	0	2	2	2	0	0	2	2	0	0	0	2	2	0	2	2
П <sub>20</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
П <sub>21</sub>	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	2	0

Наступним кроком є визначення елементів узагальненої матриці втрат згідно з такою формулою:

$$R_{ij} = \sum_{j=1}^m d_{ij}(P, P_v)$$

(4)

де  $P$  – довільне ранжування, у якому  $p_{ij} = 1$ .

При цьому зрозуміло, що діагональні елементи рефлексивні:

$$R_{1-1} = R_{2-2} = \dots = R_{21-21}.$$

Результати відповідних обчислень утворюють узагальнену матрицю втрат (табл. 4).

Таблиця 4

Узагальнена матриця втрат (перша ітерація)

П <sub>i</sub>	П <sub>1</sub>	П <sub>2</sub>	П <sub>3</sub>	П <sub>4</sub>	П <sub>5</sub>	П <sub>6</sub>	П <sub>7</sub>	П <sub>8</sub>	П <sub>9</sub>	П <sub>10</sub>	П <sub>11</sub>	П <sub>12</sub>	П <sub>13</sub>	П <sub>14</sub>	П <sub>15</sub>	П <sub>16</sub>	П <sub>17</sub>	П <sub>18</sub>	П <sub>19</sub>	П <sub>20</sub>	П <sub>21</sub>	Σ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
П <sub>1</sub>	65	10 5	11 8	12 6	126	54	91	95	57	53	58	90	10 2	68	41	71	92	124	82	12 4	12 2	18 64
П <sub>2</sub>	25	65	10 5	11 6	118	26	56	67	23	18	22	35	66	20	12	43	55	118	36	11 2	86	12 24
П <sub>3</sub>	12	25	65	10 7	99	14	24	29	14	15	17	20	23	15	4	19	25	84	18	73	41	74 3
П <sub>4</sub>	4	14	23	65	71	7	17	16	10	10	9	11	12	11	3	10	18	82	11	47	21	47 2
П <sub>5</sub>	4	12	31	59	65	4	16	14	8	7	6	6	10	8	4	8	16	77	12	49	21	43 7
П <sub>6</sub>	76	10 4	11 6	12 3	126	65	10 9	10 3	68	66	68	91	10 8	63	37	74	10 4	126	86	12 0	12 0	19 53
П <sub>7</sub>	39	74	10	11	114	21	65	72	37	30	34	54	74	32	17	40	73	118	52	11	88	13

			6	3																1		64
$\Pi_8$	35	63	10 1	11 4	116	27	58	65	32	29	38	56	65	30	17	43	67	114	42	10 0	88	13 00
$\Pi_9$	73	10 7	11 6	12 0	122	62	93	98	65	47	58	106	11 2	65	40	77	11 4	123	89	12 0	11 6	19 23
$\Pi_0$	77	11 2	11 5	12 0	123	64	10 0	10 1	83	65	93	110	11 2	65	37	87	11 2	126	96	12 5	12 7	20 50
$\Pi_1$	72	10 8	11 3	12 1	124	62	96	92	72	37	65	98	11 0	63	34	77	10 9	124	81	12 5	11 8	19 01
$\Pi_2$	40	95	11 0	11 9	124	39	76	74	24	20	32	65	95	37	18	55	74	120	50	11 5	11 7	14 99
$\Pi_3$	28	64	10 7	11 8	120	22	56	65	18	18	20	35	65	28	6	42	57	117	36	10 9	10 4	12 35
$\Pi_4$	62	11 0	11 5	11 9	122	67	98	10 0	65	65	67	93	10 2	65	36	70	10 2	126	88	12 2	11 6	19 10
$\Pi_5$	89	11 8	12 6	12 7	126	93	11 3	11 3	90	93	96	112	12 4	94	65	10 3	11 3	126	10 4	12 2	12 5	22 72
$\Pi_6$	59	87	11 1	12 0	122	56	90	87	53	43	53	75	88	60	27	65	93	123	80	11 6	11 4	17 22
$\Pi_7$	38	75	10 5	11 2	114	26	57	63	16	18	21	56	73	28	17	37	65	121	45	11 7	89	12 93
$\Pi_8$	6	12	46	48	53	4	12	16	7	4	6	10	13	4	4	7	9	65	14	38	20	39 8
$\Pi_9$	48	94	11 2	11 9	118	44	78	88	41	34	49	80	94	42	26	50	85	116	65	12 0	11 9	16 22
$\Pi_0$	6	18	57	83	81	10	19	30	10	5	5	15	21	8	8	14	13	92	10	65	28	59 8
$\Pi_2$	8	44	89	10 9	109	10	42	42	14	3	12	13	26	14	5	16	41	110	11	10 2	65	88 5

Видаляючи з табл. 4 усі втрати, що пов'язані з урахуванням помилки  $\Pi_{18}$  (відповідний рядок і графу 19), отримуємо нову, редуковану на один елемент, матрицю втрат (табл. 5), з якої витікає, що мінімум відхилень в думках експертів буде досягнуто за умови, що вже помилка  $\Pi_5$  посяде друге рангове місце у ГСП.

Підраховуючи дані узагальнених втрат по рядках табл. 4 і аналізуючи відповідні результати у графі 23, отримуємо, що  $S_{min} = S_{18} = 398$ . Отже, найменше відхилення у думках експертів-А/Д буде досягнуто за умови надання помилці  $\Pi_{18}$  першого рангового місця у ГСП.

## Узагальнена матриця втрат (друга ітерація)

$\Pi_i$	$\Pi_1$	$\Pi_2$	$\Pi_3$	$\Pi_4$	$\Pi_5$	$\Pi_6$	$\Pi_7$	$\Pi_8$	$\Pi_9$	$\Pi_{10}$	$\Pi_{11}$	$\Pi_{12}$	$\Pi_{13}$	$\Pi_{14}$	$\Pi_{15}$	$\Pi_{16}$	$\Pi_{17}$	$\Pi_{19}$	$\Pi_{20}$	$\Pi_{21}$	$\Sigma$
$\Pi_1$	65	10 5	11 8	126	126	54	91	95	57	53	58	90	10 2	68	41	71	92	82	12 4	12 2	18 64
$\Pi_2$	25	65	10 5	116	118	26	56	67	23	18	22	35	66	20	12	43	55	36	11 2	86	12 24
$\Pi_3$	12	25	65	107	99	14	24	29	14	15	17	20	23	15	4	19	25	18	73	41	74 3
$\Pi_4$	4	14	23	65	71	7	17	16	10	10	9	11	12	11	3	10	18	11	47	21	47 2
$\Pi_5$	4	12	31	59	65	4	16	14	8	7	6	6	10	8	4	8	16	12	49	21	43 7
$\Pi_6$	76	10 4	11 6	123	126	65	10 9	103	68	66	68	91	10 8	63	37	74	10 4	86	12 0	12 0	19 53
$\Pi_7$	39	74	10 6	113	114	21	65	72	37	30	34	54	74	32	17	40	73	52	11 1	88	13 64
$\Pi_8$	35	63	10 1	114	116	27	58	65	32	29	38	56	65	30	17	43	67	42	10 0	88	13 00
$\Pi_9$	73	10 7	11 6	120	122	62	93	98	65	47	58	106	11 2	65	40	77	11 4	89	12 0	11 6	19 23
$\Pi_{10}$	77	11 2	11 5	120	123	64	10 0	101	83	65	93	110	11 2	65	37	87	11 2	96	12 5	12 7	20 50
$\Pi_{11}$	72	10 8	11 3	121	124	62	96	92	72	37	65	98	11 0	63	34	77	10 9	81	12 5	11 8	19 01
$\Pi_{12}$	40	95	11 0	119	124	39	76	74	24	20	32	65	95	37	18	55	74	50	11 5	11 7	14 99
$\Pi_{13}$	28	64	10 7	118	120	22	56	65	18	18	20	35	65	28	6	42	57	36	10 9	10 4	12 35
$\Pi_{14}$	62	11 0	11 5	119	122	67	98	100	65	65	67	93	10 2	65	36	70	10 2	88	12 2	11 6	19 10
$\Pi_{15}$	89	11 8	12 6	127	126	93	11 3	113	90	93	96	112	12 4	94	65	10 3	11 3	10 4	12 2	12 5	22 72
$\Pi_{16}$	59	87	11 1	120	122	56	90	87	53	43	53	75	88	60	27	65	93	80	11 6	11 4	17 22
$\Pi_{17}$	38	75	10 5	112	114	26	57	63	16	18	21	56	73	28	17	37	65	45	11 7	89	12 93
$\Pi_{18}$	48	94	11 2	119	118	44	78	88	41	34	49	80	94	42	26	50	85	65	12 0	11 9	16 22
$\Pi_{19}$	6	18	57	83	81	10	19	30	10	5	5	15	21	8	8	14	13	10	65	28	59 8
$\Pi_{20}$	8	44	89	109	109	10	42	42	14	3	12	13	26	14	5	16	41	11	10	65	88

1																	2		5
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	---

Послідовно виконуючи аналогічні дії з редукції вихідної розмірності матриці узагальнених втрат, на кожній новій ітерації знаходимо чергове рангове місце для чергової за небезпекою помилки. Таким чином отримуємо медіану Кемені, що є непараметричним вирішенням оптимізаційної задачі з виявлення ГСП для в цілому узгоджених думок респондентів-А/Д (графа 68 табл. 2).

Порівнюючи СП (табл. 2, графи 67, 68) за допомогою коефіцієнта рангової кореляції Спірмена, отримуємо незвичайно високе його значення  $R_s = 0,9912$ , що свідчить про майже абсолютну їх адекватність. Причому незначні розбіжності в рангах помилок можна вважати випадковістю. Проте в подальших дослідженнях все ж потрібно орієнтуватися на медіану Кемені, оскільки вона знайдена саме як непараметричне вирішення оптимізаційної задачі.

Ще раз повернемося до даних табл. 2, з яких витікає, що в процесі отримання ГСП за допомогою такої стратегії групових рішень, як підсумовування та усереднення рангів, узагальнювалися, у тому числі, і суперечливі думки. Тому, хоча емпіричне значення коефіцієнта множинної рангової кореляції за Кендаллом  $W = 0,529$ , що було обчислене для СП у графі 67 табл. 2, і є статистично вірогідним для числа ступенів свободи  $k = 20$  і на достатньо високому рівні значущості  $\alpha = 1\%$ , але ж не задовольняє умову (1). Ось чому були проведені спеціальні дослідження з виявлення і відокремлення маргінальних думок випробуваних А/Д. З цією метою було застосовано методи теорії розпізнавання образів, що пройшли апробацію під час аналізу експертних оцінок в гуманістичних системах [4; 9; 11-13; 16 та ін.]. Унаслідок реалізації наведеного, остаточно вибірка випробуваних, результати якої будуть розглядатися далі, склала величину  $m = 43$ .

Застосовуючи ту саму стратегію підсумовування та усереднення рангів для цих А/Д була отримана така ГСП:

$$\begin{aligned}
 & \underset{m=43}{P_{18}} \succ \underset{m=43}{P_5} \succ \underset{m=43}{P_4} \succ \underset{m=43}{P_{20}} \succ \underset{m=43}{P_3} \succ \underset{m=43}{P_{21}} \succ \underset{m=43}{P_2} \succ \\
 & \underset{m=43}{P_{13}} \succ \underset{m=43}{P_8} \succ \underset{m=43}{P_{17}} \succ \underset{m=43}{P_7} \succ \underset{m=43}{P_{12}} \succ \underset{m=43}{P_{16}} \succ \underset{m=43}{P_{19}} \succ \\
 & \underset{m=43}{P_1} \succ \underset{m=43}{P_{14}} \succ \underset{m=43}{P_6} \succ \underset{m=43}{P_{11}} \succ \underset{m=43}{P_9} \succ \underset{m=43}{P_{10}} \succ \underset{m=43}{P_{15}}
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

де  $\underset{m=43}{\succ}$  – позначка більшої переваги (небезпеки) однієї помилки над іншою в ГСП, що утворена підсумовуванням і усередненням даних індивідуальних ранжувань  $m = 43$  А/Д, які утворюють остаточно основну групу випробуваних.

[illegible]

Як можна побачити, відкидання маргінальних думок сприяло не лише виходу величини коефіцієнта конкордації на мінімально-достатнє критеріальне значення, але ж і суворому ранжуванню помилок у медіані Кемені (6), де на відміну від попередньої (табл. 2, графа 68) вже немає помилок з так званими «пов'язаними» (однаковими, «мідл») рангами.

Варто зазначити, що випробувані А/Д не просто опитувалися, а й залучалися до обговорення отриманих від них ІСП, їх порівняння з узагальненою ГСП та з медіаною Кемені, що проактивно сприяло успішному формуванню знань, умінь та навичок запам'ятовування і розрізнення характерних помилок у професійній діяльності. Таким чином, під час тренажерних тренувань А/Д, які пройшли опитування до проведення планової тренажерної підготовки, припустилися під час тренувань на 34 % менше помилок, ніж інші випробувані.



## ВИСНОВКИ

1. Підсумовуючи отримані та подані в цій статті нові наукові результати, насамперед вкажемо, що уперше в практиці дослідження СП авіаційних операторів застосована медіана Кемені, яка вирішує задачу непараметричної оптимізації у мінімізації відхилень думок окремих експертів-А/Д щодо значущості (небезпечності) конкретних помилок у професійній діяльності від загальногрупової думки. Ця медіана має незвичайно високий ступінь збігу з узгодженою (коефіцієнт конкордації за Кендаллом  $W = 0,709$  є статистично вірогідним на рівні значущості  $\alpha = 1 \%$ ) ГСП, отриманою за допомогою стратегії підсумовування та усереднення рангів: коефіцієнт рангової кореляції Спірмена має майже абсолютне значення  $R_s = 0,9974$ , однак є більш прийнятною для подальшого застосування тому, що є рішенням саме оптимізаційної задачі.

2. Проведення опитування позитивно вплинуло на професійну готовність випробуваних А/Д, оскільки завчасно сприяло формуванню проактивних знань, умінь та навичок розпізнавання небезпек та помилок. Встановлено, що А/Д, які пройшли опитування до проведення планової тренажерної підготовки, припустили під час тренувань на 34 % менше помилок, аніж інші випробувані.

3. Наступними кроками в подальших дослідженнях помилкових дій А/Д мають стати:

- вдосконалення переліку характерних помилок з урахуванням сучасних світових і регіональних реалій;
- розробка науково-методичних рекомендацій з організації особистісно-орієнтованої тренажерної підготовки, що враховує ІСП.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Изучение роли человеческого фактора при авиационных происшествиях и инцидентах [Текст] // Человеческий фактор: Сборник материалов № 7. - Циркуляр ИКАО 240-AN/144. - Монреаль, Канада, 1993. - 76 с.
2. Основные принципы учета человеческого фактора в руководстве по проведению проверок безопасности полетов [Текст]: Doc. ICAO 9806-AN/763. - Монреаль, Канада, 2002.
3. Контроль факторов угрозы и ошибок (КУО) при управлении воздушным движением [Текст]: Циркуляр ИКАО 314-AN/178. - Монреаль, Канада, 2008.
4. Бабак В. П. Безпека авіації [Текст] / В. П. Бабак, В. П. Харченко, В. О. Максимов та ін.; За ред. В. П. Бабака. - К.: Техніка, 2004. - 504 с.
5. Рева А. Н. Человеческий фактор и безопасность полетов: Проактивное исследование влияния [Текст]: Монография / А. Н. Рева, К. М. Тумышев, А. А. Бекмухамбетов; Науч. ред. А. Н. Рева, К. М. Тумышев. - Алматы, 2007. - 242 с.
6. Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП) [Текст]. - 2-е. изд. - Doc. ICAO AN/474. - Монреаль, Канада, 2009.
7. Козелецкий Ю. Психологическая теория решений [Текст]: Пер. с польск. Г. Е. Минца, В. Н. Поруса / Под ред. Б. В. Бирюкова. - М.: Прогресс, 1979. - 504 с.
8. Надежность и эффективность в технике: Справочник в 10 т. - Т. 3. Эффективность технических систем [Текст] / Под общ. ред. В. Ф. Уткина, Ю. В. Крючкова. - М.: Машиностроение, 1988. - 328 с.
9. Насіров Ш. Ш. Пілотне визначення систем переваг авіадиспетчерів Азербайджану на характерних помилках в процесі управління повітряним рухом [Текст] / Ш. Ш. Насіров // Авіаційно-космічна техніка і технологія: науково-технічний журнал. - Х.: ХАІ, 2010. - № 7. - С. 124-134.
10. Бірюков Ю. Ю. Класичні критерії прийняття рішень у визначенні групових переваг авіадиспетчерів на чинниках безпеки професійної діяльності [Текст] / Ю. Ю. Бірюков // Авіаційно-космічна техніка і технологія: науково-технічний журнал. - Х.: Харківський національний аерокосмічний університет «ХАІ», 2011. - № 9. - С. 189-194.
11. Рева О. М. Медіана Кемені як групова система переваг авіадиспетчерів на множині характерних помилок [Текст] / О. М. Рева, В. В. Камишин, Ш. Ш. Насіров // Авіаційно-космічна техніка і технологія: науково-технічний журнал. - Х.: Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2012. - № 4 (91). - С. 106-115.
12. Насіров Ш. Ш. Визначення коефіцієнтів важливості характерних помилок авіадиспетчерів в процесі управління повітряним рухом [Текст] / Ш. Ш. Насіров // Авіаційно-космічна техніка і технологія: науково-технічний журнал. - Х.: Харківський національний аерокосмічний універси-

тет «ХАІ», 2011. – № 9. – С. 195-201.

13. Насіров Ш. Ш. Багатокрокова процедура виявлення статистично-узгодженої системи переваг авіадиспетчерів на множині характерних помилок їх діяльності / Ш. Ш. Насіров // Комунальне господарство міст: науково-технічний збірник. – Вип. 105. – Х.: ХНАМГ, 2012. – С. 461-475. - (Серія: «Технічні науки і архітектура»).

14. Рева О. М. Людський фактор: помилки авіадиспетчера та безпека польотів [Текст] / О. М. Рева, Г. М. Селезньов, В. П. Колотуша // Проблеми аеронавігації: Тематич. зб. наук. пр. - Вип. II «Удосконалення процесів діяльності та професійної підготовки авіаційних операторів». - Кіровоград: ДЛАУ, 1997. - С. 60-66.

15. Райчев С. Г. Вплив помилок авіадиспетчера на рівень безпеки повітряного руху Болгарии [Текст]: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.13 – «Навігація і управління повітряним рухом» / С. Г. Райчев. – Національний авіаційний університет. - К., 2009. – 18 с.

16. Камишин В. В. Методи системного аналізу у кваліметрії навчально-виховного процесу: Монографія / В. В. Камишин, О. М. Рева. – К.: ТОВ «Інформаційні системи», 2012. – 270 с.

17. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений [Текст]: Пер. с англ. Н. И. Ринго / Под ред. Н. Н. Моисеева, С. А. Орловского. - М.: Мир, 1976. - 165 с.

18. Рева А. Н. Теоретические модели групповых систем предпочтений авиадиспетчеров, базирующиеся на классических критериях принятия решений / А. Н. Рева, В. В. Камышин, Ш. Ш. Насиров, Д. С. Алексеев // Elmi məsələlər: Jurnal Milli Aviasiya Akademiyasinin. - Bakı, iyul – sentyabr 2012. – Cild. 14. – № 3. – С. 37-45.

19. Блумберг В. А. Какое решение лучше? Метод расстановки приоритетов [Текст] / В. А. Блумберг, В. Ф. Глущенко. – Л.: Лениздат, 1982. – 160 с.

20. Бешелев С. Д. Математико-статистические методы экспертных оценок [Текст] / С. Д. Бешелев, Ф. Г. Гурвич. – М.: Статистика, 1980. – 263 с.

21. Литвак Б. Г. Экспертная информация: методы получения и анализа [Текст] / Б. Г. Литвак. – М.: Радио и связь, 1982. – 184 с.

22. Варакин Е. Н. Принятие решений на основе экспертного оценивания [Текст]: Метод. пособ. / Е. Н. Варакин, В. А. Желудов, В. Н. Бганцов, С. С. Ибнеев. - Л.: ВИКИ им. А. Ф. Можайского, 1988. - 88 с.

23. Самохвалов Ю. Я. Экспертное оценивание: Методический аспект [Текст] / Ю. Я. Самохвалов, Е. М. Науменко. – К.: ДУІКТ, 2007. – 362 с.

24. Рева О. М. Комплексна оцінка узгодженості групової системи переваг викладачів на множині характерних рис недисциплінованої поведінки студентів-юристів [Текст] / О. М. Рева, І. В. Добрянський, А. А. Чабак // Наук. записки Кіровоградського державного педагогічного університету ім. В. Винниченка. – Кіровоград: КДПУ, 2004. – Вип. 55. – С. 315-325. - (Серія: «Педагогічні науки»).

25. Тарасов В. А. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений: Теория, синтез, эффективность [Текст] / В. А. Тарасов, Б. М. Герасимов, И. А. Левин, В. А. Корнейчук. – К.: МАКИС, 2007. - 336 с.
26. Кемени Дж. Кибернетическое моделирование: Некоторые приложения [Текст] / Дж. Кемени, Дж. Снелл. - М.: Советское радио, 1972. - 192 с.
27. Орлов А. И. Организационно-экономическое моделирование. Экспертные оценки [Текст]: Учебн. в 3 ч. – М.: Изд-во МТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. – Ч. 2. Экспертные оценки. – 2011. – 486 с.