

А. Н. РЕВА¹, Ш. Ш. НАСИРОВ², Б. М. МИРЗОЕВ²

¹ *Национальный авиационный университет, Киев, Украина;*

² *Главный центр Единой системы управления воздушным движением
Госпредприятия AZANS, Баку, Азербайджанская Республика*

ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРУППОВЫХ СИСТЕМ ПРЕДПОЧТЕНИЙ ДИСПЕТЧЕРОВ НА ОПАСНОСТИ ХАРАКТЕРНЫХ ОШИБОК, СОВЕРШАЕМЫХ В ПРОЦЕССЕ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

Проблема человеческого фактора должна решаться и путём идентификации, квалиметрии и профилактики ошибочных действий диспетчерского персонала.

Представлены две схемы, объясняющие структуру квалиметрии человеческого фактора и взаимодействие составляющих концепции безопасности полётов ИКАО, где главный акцент делается на отношение авиационного персонала к опасным действиям или условиям, который выявляется путём квалиметрии характеристик процессов принятия решений: отношение к риску (основные доминанты и нечёткие оценки), уровни притязаний, опасные качества, системы предпочтений.

Системы предпочтений рассматриваются как упорядоченные характеристики и показатели профессиональной деятельности, которые субъективно сравниваются с позиций влияния на безопасность полётов. С учётом рекомендаций ИКАО, ЕВРОКОНТРОЛЯ, статистики авиационных происшествий сформирован спектр из $n=21$ характерных ошибок. Показано, что процедуры сбора экспертной информации об опасности ошибок способствуют их распознаванию, запоминанию и избеганию: диспетчеры, прошедшие тестирование по предложенной методике перед тренажёрной подготовкой, допустили в ее процессе на треть меньше ошибок.

Реализованы два критерия оценки групповых систем предпочтений: уровень согласованности мнений (известный коэффициент конкордации Кендалла) и строгость ранжирования, определяемая наличием «связанных» рангов, для чего введён специальный показатель. Обосновано, что данный показатель должен определяться как для выборки респондентов, так и для групповой системы предпочтений, построенной с помощью выбранного метода агрегации индивидуальных мнений. Проведен сравнительный анализ эффективности комплекса стратегий принятия решений при построении групповой системы предпочтений $m=65$ диспетчеров: суммирования и усреднения рангов, классических критериев (Вальда, Севиджа, Байеса-Лапласа, оптимального предвидения. С помощью медианы Кемени проведена непараметрическая оптимизация групповой системы предпочтений и доказано, что она наиболее близка ко всем результатам, полученным другими методами и стратегиями.

Ключевые слова: *безопасность полётов; опасность ошибок авиадиспетчеров; системы предпочтений; методы построения; классические критерии принятия решений; медиана Кемени; непараметрическая оптимизация*

Введение

Авиационные операторы (АО) «переднего края» (авиадиспетчеры (А/Д), члены лётного экипажа), обладают уникальной способностью активно вмешиваться в устранение различных отказов возникающих в сложной полиэнергетической целеустремлённой организационной и активной системе управления (СПЦОАСУ) «лётный экипаж – воздушное судно (ВС) – окружающая среда – орган управления воздушным движением (УВД)», значительно повышая тем самым безопасность полётов (БП) [1]. Причём речь идёт и об уникальных отказах, возникновение которых может даже не преду-

сматриваться нормативными документами, когда для их устранения АО переходят в режим «синхронного генератора», в котором, используя накопленный опыт и эвристическое мышление, продуцируют новые знания и умения [2]. Однако, хотя современный уровень БП несравнимо выше, чем он был десятилетия назад, прежде всего, за счёт существенного повышения надёжности технической части указанной СПЦОАСУ, роль человеческого фактора (ЧФ) в авиационных происшествиях (АП) носит преимущественно негативный характер и объясняет первопричину не менее $\frac{2}{3}$ – $\frac{3}{4}$ от их числа [3].

Считаем, что изложенное является одной из причин, по которой Национальный Совет по Без-

опасности на Транспорте США (NTSB) указал на «особенную важность исследований и квалитметрии закономерностей отношения авиационных операторов к опасным действиям или условиям во время принятия решений». Что реализовано авторами на рис. 1, 2, поясняющих и суть системно-информационной квалитметрии ЧФ в гражданской авиации (ГА), и взаимодействие составляющих текущей парадигмы концепции БП ИКАО, что способствует решению «треугольника рисков» в хорошо физически измеряемых и понятных показателях и характеристиках профессиональной деятельности АО [4-7].

На рис. 1, 2 особо важными являются показатели ЧФ, связанные с вопросами принятия решений (ПР), поскольку профессиональная деятельность АО

«переднего края» традиционно рассматривается как непрерывная цепь решений, вырабатываемых и реализуемых в явных и неявных формах и под действием разнообразных факторов (внутренних / внешних объективных / субъективных), особенно рисков стохастической и нестохастической природы [1].

Укажем, что на сегодня исследование ЧФ именно с предлагаемых позиций (блоки h) – i) на рис. 1 и дублирующие их блоки 32-36 на рис. 2) проводится небольшой группой учёных и специалистов Азербайджана, Казахстана и Украины под руководством проф. А. Н. Ревы. При этом блоки j) и l) на рис. 1 и дублирующие их блоки 35, 36 на рис. 2 недостаточно исследованы, что создаёт, на наш взгляд, ряд «слабых звеньев» в непрерывной цепи

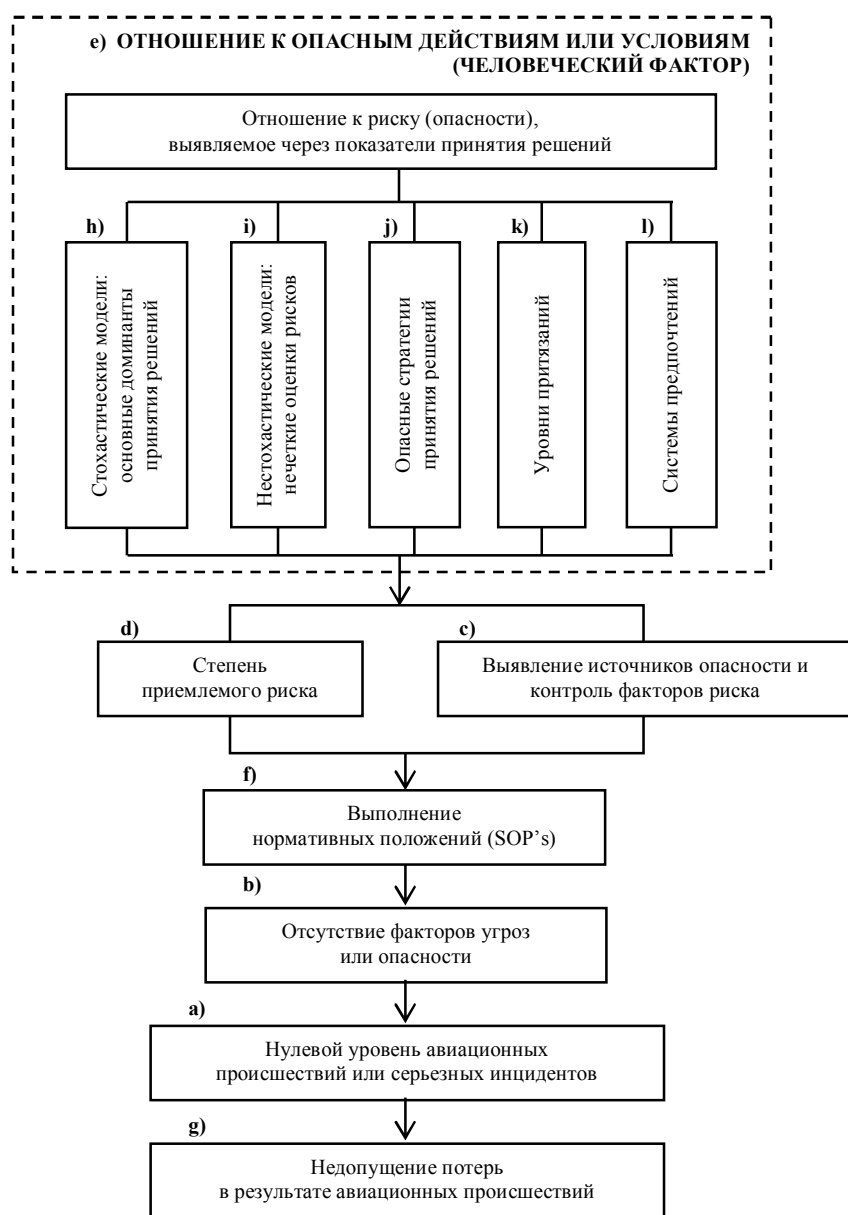


Рис. 1. Представление взаимодействия составляющих концепции безопасности ИКАО с позиций проявления человеческого фактора в процессе принятия решений: блоки а) – f) – составляющие концепции

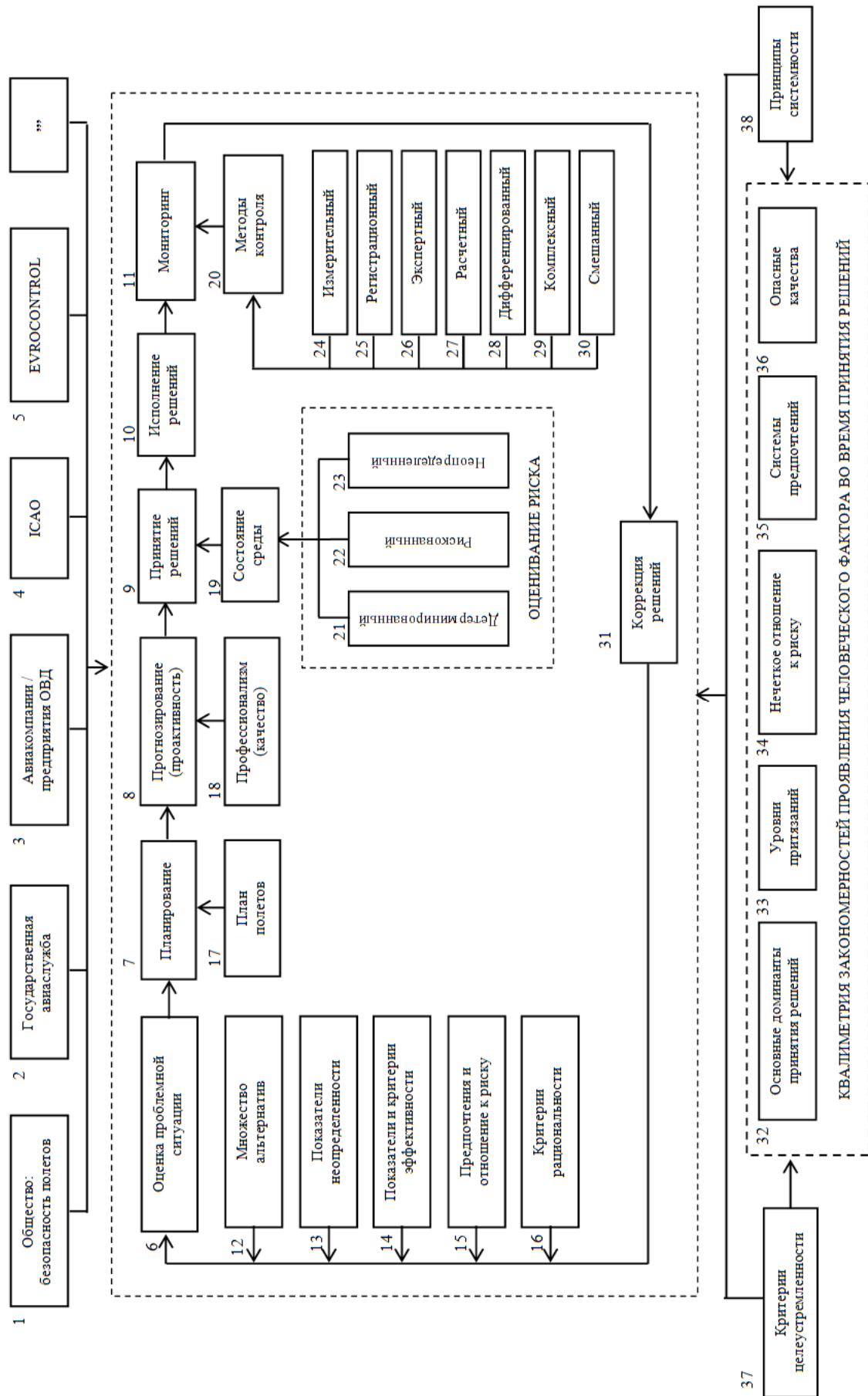


Рис. 2. Структурная модель системно-информационной квалиметрии профессиональной деятельности авиационных операторов «переднего края»

изучения ЧФ и соответствующей профилактики АП.

Системы предпочтений (СП) могут выявляться либо через основные доминанты ПР (ОДПР), либо через уровни притязаний (УП) АО при проактивном решении ими открытых и закрытых задач ПР (ЗПР), связанных с нарушениями стандартных эксплуатационных процедур (SOP's). Однако, на сегодняшний день соответствующая методология ещё не разработана. С другой стороны, с учётом данных работ [8-10] СП – это ещё и любая форма упорядочения (ранжирования) показателей и характеристик профессиональной деятельности АО. Но тут следует решить вопрос однородности признака, по которому сравниваются соответствующие показатели. Например, таким признаком может быть влияние на БП.

1. Постановка задачи

Таким образом, с учётом вышеизложенного, СП могут быть определены и по отношению А/Д к опасности совершаемых ими ошибок, характерный перечень которых был составлен с учётом рекомендаций ICAO, региональной и мировой статистики АП в аэронавигационных системах (АНС), а также опыта практического УВД двух соавторов – профессиональных А/Д (табл. 1).

Спектр характерных ошибок в табл. 1 является широким и позволяет полно и всесторонне анализировать деятельность А/Д, например, с помощью аппарата фреймов [11-13], применение которых дало позитивный результат в практике профессиональной подготовки (ПП) А/Д – сотрудников АНС Азербайджана [14; 15]. Однако, рекомендации ICAO по анализу нежелательных событий в ГА касаются и оценки их опасности, и частоты возникновения [16]. Поэтому представляет явный интерес выявление индивидуальных СП (ИСП) А/Д в виде ранжированного ряда характерных ошибок. Уже пилотные исследования показали практическую и проактивную их значимость: испытуемые, эксплицировавшие по предложенной методике своё мнение об опасности характерных ошибок до тренажёрной подготовки, допускали в её процессе на треть меньше ошибок, нежели А/Д, соответствующим опросом не охваченные. Ведь действительно, применение такого способа выявления ИСП, как парное сравнение ошибок и определение доли суммарной интенсивности опасности каждой из них, требовало от испытуемых провести 210 парных сравнений, что сформировало у них навыки запоминания, распознавания, а, следовательно, и избегания ошибок во время тренировок.

Не меньший интерес и практическую ценность для учёта влияния ЧФ на БП в АНС представляет выявление групповых СП (ГСП), которые также должны быть положены в основу профилактической

работы по предотвращению их ошибок. И поскольку речь идёт о применении разных стратегий (методов, технологий, процедур) групповых решений [8], то может быть получен ряд ГСП, имеющих разную адекватность и эффективность.

Таблица 1

Характерные ошибки, допускаемые диспетчерами при выполнении профессиональных обязанностей

O _i	Характер ошибки
O ₁	Нарушение фразеологии радиообмена
O ₂	Несогласованность входа в зону смежного управления воздушным движением
O ₃	Нарушение попутных временных интервалов
O ₄	Нарушение встречных часовых интервалов
O ₅	Нарушение интервалов между воздушными судами, находящимися на пересекающихся курсах
O ₆	Безадресная передача уведомлений авиадиспетчером
O ₇	Ошибка в определении позывного воздушного судна
O ₈	Ошибка в идентификации воздушного судна
O ₉	Ошибочное использование диспетчерского графика
O ₁₀	Отсутствие на стрипе отметки диспетчера про передачу управления смежному диспетчерскому пункту
O ₁₁	Отсутствие на стрипе отметки диспетчера про согласование входа воздушного судна в зону управления воздушным движением смежного диспетчерского пункта
O ₁₂	Нарушение диспетчером согласованного географического рубежа передачи управления воздушным движением
O ₁₃	Нарушение диспетчером согласованного временного рубежа передачи управления воздушным движением
O ₁₄	Халатность в нанесении на стрип литерно-цифровой информации (возможность двойной интерпретации)
O ₁₅	Неэкономичное управление воздушным движением
O ₁₆	Нарушение процедуры приёма и сдачи дежурства
O ₁₇	Не отображение на стрипе команд о смене высоты или направления полёта
O ₁₈	Попытка управлять воздушным судном после срабатывания на нем системы TCAS в режиме resolution advice
O ₁₉	Ошибка введения информации о воздушном судне в автоматизированную систему
O ₂₀	Нарушение технологии работы в особых случаях полёта
O ₂₁	Нарушение использования воздушного пространства

Итак, учитывая результаты ряда наших предварительных исследований, **целью** данной публикации является обоснование выбора наиболее эффективной стратегии (метода, технологии, процедуры), для построения ГСП, выражающей отношение А/Д к опасности ошибок, допускаемым в процессе УВД.

2. Выявление наиболее эффективной стратегии построения групповой системы предпочтений

Укажем, что в ГСП будут объединяться ИСП $m=65$ А/Д – сотрудников АНС Азербайджана. Для этого мы предварительно ориентируемся на применение и анализ эффективности таких стратегий групповых решений [8]: а) простого большинства; б) суммирования и усреднения рангов; в) базирующихся на классических критериях ПР (Вальда, Севиджа, Байеса_Лапласа); д) оптимального предвидения. При этом для избегания опасений испытуемых возможного социального наказания за «неправильный ответ», нами сознательно не применялась стратегия простого большинства.

Применяя стратегию суммирования и усреднения рангов, а также разработанный алгоритм многошаговой процедуры выявления и отсеивания маргинальных мнений экспертов [17], из исходной выборки испытуемых было выделено ИСП $m_A=42$ А/Д, агрегация которых привела к следующей ГСП на опасности характерных ошибок из табл. 1:

$$\begin{aligned} O_{18} > O_5 > O_4 > O_{20} > O_3 > O_{21} > O_2 > \\ > O_{13} > O_8 > O_{17} > O_7 > O_{12} > O_{16} > O_{19} > \\ > O_1 > O_{14} > O_6 > O_{11} > O_9 > O_{10} > O_{15}, \end{aligned} \quad (1)$$

где $>$ – обозначение предпочтения для группы m_A опасности одной ошибки перед другой.

Выявлено, что ГСП вида (1) является согласованной, поскольку вычисленный коэффициент конкордации (согласия) Кендалла имеет величину $W=0,713>0,7$, что и удовлетворяет ограничению на его нижнее значение [18]. С другой стороны, его значение статистически достоверно на высоком для экспертных процедур уровне значимости $\alpha = 1\%$:

$$\chi^2 = 595,709 >> \chi^2_{1\%; k=20} = 40,00,$$

что указывает на действительную согласованность мнений экспертов-А/Д в ГСП (1).

Отметим также отсутствие в ГСП вида (1) «связанных» рангов, что свидетельствует о полном различении группы в целом опасности ошибок.

Применение стратегий, базирующихся на классических критериях ПР, позволило получить следующие ГСП [19; 20]:

– с помощью «пессимистического» критерия Вальда – «осторожная»:

$$\begin{aligned} O_4 >_{\bar{w}} O_{18} >_{\bar{w}} O_5 >_{\bar{w}} O_{20} >_{\bar{w}} O_3 >_{\bar{w}} O_2 >_{\bar{w}} O_{21} >_{\bar{w}} \\ >_{\bar{w}} O_7 >_{\bar{w}} O_{12} >_{\bar{w}} O_{13} >_{\bar{w}} O_{11} >_{\bar{w}} O_{10} >_{\bar{w}} O_8 >_{\bar{w}} O_{17} >_{\bar{w}} \\ >_{\bar{w}} O_{19} >_{\bar{w}} O_1 >_{\bar{w}} O_6 >_{\bar{w}} O_9 >_{\bar{w}} O_{14} >_{\bar{w}} O_{15} >_{\bar{w}} O_{16}, \end{aligned} \quad (2)$$

где $>_{\bar{w}}, \approx_{\bar{w}}$ – обозначение предпочтения и адекватно-

сти опасности ошибок в ГСП, полученной с помощью критерия Вальда для группы m_A ;

«Осторожность» ГСП (2) проявляется в отличие от ГСП (1) в том, что она имеет «связанные» ранги, поэтому упорядочение ошибок нестрогое.

– с помощью «демократического» критерия Севиджа, который минимизирует отклонения от некоторого среднegrupпового мнения как большинства, так и меньшинства её членов:

$$\begin{aligned} O_4 >_S O_{18} >_S O_5 >_S O_{20} >_S O_2 >_S O_{21} >_S O_7 >_S \\ >_S O_{12} >_S O_{13} >_S O_8 >_S O_{11} >_S O_3 >_S O_{10} >_S O_{14} >_S \\ >_S O_{17} >_S O_9 >_S O_1 >_S O_6 >_S O_{15} >_S O_{16} >_S O_{19}, \end{aligned} \quad (3)$$

где $>_S, \approx_S$ – обозначение предпочтения и адекватно-

сти опасности ошибок в ГСП, полученной с помощью критерия Севиджа для группы m_A .

При этом в ГСП вида (2) также встречаем «связанные» ранги, указывающие на неразличимость исследуемых ошибок по опасности.

– с помощью «рискованного» критерия Байеса-Лапласа была получена ГСП, аналогичная (1), поскольку и в данный критерий, и в стратегию суммирования и усреднения рангов положен один и тот же подход выявления опасности ошибок.

Для сравнительного анализа степени распознавания ошибок по опасности в ГСП (1) – (3) был введён специальный нормированный показатель [20]:

$$R^* = \frac{R}{R_{\max}} = \frac{\sum_i (r_i^3 - r_i)}{n^3 - n}, \quad (4)$$

где r_i – показатель, определяющий влияние количества неразличимых ошибок в ГСП;

$R_{\max}$ – показатель максимальной неразличимости, когда все исследуемые ошибки считаются одинаковыми по опасности;

$n=21$ – количество ранжируемых ошибок.

Показатель R^* изменяется в пределах $R^* = [0, 1]$. И если все ошибки различимы и строго упорядочены, как, например, в ГСП вида (1), в которой отсутствуют «связанные» ранги, то $R^*=0$. Если же все исследуемые ошибки неразличимы по опасности и имеют одинаковую значимость ($O_1 \approx O_2 \approx \dots \approx O_{21}$), то тогда показатель неопределённости имеет максимальное значение $R^*=1$, поскольку $R=R_{\max}$.

В соответствии с выражением (4) полученные значения показателя R^* составляют [20]: для вида ГСП (2) $R^* = 2,76 \cdot 10^{-2}$, для ГСП вида (3) – почти на 15% меньше $R^*_S = 2,34 \cdot 10^{-2}$, что указывает на несколько большую эффективность критерия Севиджа с позиций распознавания опасности ошибок.

Таблица 2

Сравнение медианы Кемени с групповыми системами предпочтений, полученными с помощью классических критериев принятия решений (группа m_A)

Критерии принятия решений	Значения коэффициента ранговой корреляции Спирмена R _s			
	Вальда	Севиджа	Байеса - Лапласа	Медиана Кемени
Вальда	—	0,9029	0,8461	0,8695
Севиджа		—	0,7909	0,8455
Байеса - Лапласа			—	0,9958
Медиана Кемени				—
ПРИМЕЧАНИЕ: минимальное статистически достоверное значение коэффициента ранговой корреляции Спирмена составляет величину R _s =0,5487 для уровня значимости α=1%				

как большинства, так и меньшинства членов группы. О и чем свидетельствует высокое значение коэффициента ранговой корреляции Спирмена между ГСП (2) и (3): $R_S^{W-S} = 0,9029$. Однако, эмпирическая медиана Кемени вида (6) предпочтительнее ГСП, полученной с помощью критерия Байеса-Лапласа вида (1), поскольку $R_S^{\text{med-W}} = 0,8695 > R_S^{W-B-L} = 0,8461$.

С другой стороны, медиана имеет более высокую связь с ГСП, полученной с помощью «демократичного» оптимизационного критерия Севиджа, поскольку: $R_S^{\text{med-S}} = 0,8455 > R_S^{S-B-L} = 0,8461$.

Медианы Кемени (6) почти абсолютное совпадение и ГСП, полученной с помощью критерия Байеса-Лапласа вида (1): $R_S^{\text{med-B-L}} = 0,9958$. Выявленное минимальное расхождение между ГСП (1) и (6) составляет всего 0,42 %, что с учётом вышеизложенного позволяет утверждать об оптимизационном характере медианы. Вследствие этого считаем корректным принять что полученная медиана Кемени является также согласованной, как и ГСП вида (1).

Таким образом представляется возможным сделать обобщённый вывод, что полученная медиана Кемени вида (6) действительно имеет непараметрический оптимизационный характер, поэтому её следует принять как окончательную ГСП, выявляющую согласованное отношение группы экспертов-А/Д к опасности ошибок, допускаемых в процессе УВД.

Выводы

Обобщая полученные и представленные в данной статье новые научные результаты по оцениванию сравнительной эффективности стратегий, методов, процедур построения ГСП на опасности спектра характерных ошибок, допускаемых при УВД, укажем на такие наиболее важные положения.

1. Предложены структурная модель системно-информационной квалитетности профессиональной деятельности АО, направленная на выявление закономерностей проявления ЧФ во время ПР и модель взаимодействия составляющих концепции БП, в которых акцент делается на отношении АО к без-

опасным действиям или условиям. Обе модели направлены на выявление и измерение проактивных показателей ПР, что способствует формированию у А/Д представления о правильном отношении к опасным действиям или условиям при УВД.

2. Опираясь на рекомендации ИСАО, региональную и мировую статистику АП в АНС, сформирован широкий спектр из $n=21$ характерных ошибок А/Д, что позволяет полно и всесторонне оценивать ошибочные действия А/Д.

3. Проведен сравнительный анализ ГСП, построенных с помощью стратегий групповых решений (суммирования и усреднения рангов, базирующиеся на классических критериях ПР (Вальда, Севиджа, Байеса-Лапласа). Выявлено, что наименее рискованную с точки зрения распознаваемости опасности ошибок ГСП обеспечивает критерий Вальда, наиболее рискованную – критерий Байеса-Лапласа, дублирующий ГСП, построенную путём суммирования и усреднения рангов.

4. Введён количественный нормированный показатель степени распознавания опасности ошибок, в основу которого положен метод учёта связанных рангов. Показана разница между степенью (риском, неопределённостью) распознавания опасности ошибок в выборке и в ГСП. Выявлено, что исходная неопределённость распознавания опасности ошибок в группе $R_{m_A}^* = 0,57 \cdot 10^{-2}$ может ухудшаться в 4,8 раз и улучшаться – до абсолютного показателя 0 в зависимости от специфики применяемого классического критерия ПР и строгости ранжирования ошибок в ИСП или ГСП.

5. Установлено, что медиана Кемени действительно осуществляет непараметрической оптимизацию ГСП. Она имеет преимущество перед статистически достоверной и согласованной на высоком уровне значимости $\alpha = 1\%$ ГСП, полученной с помощью стратегии ПР «суммирование и усреднение рангов». Выявлено большую связь медианы с ГСП, полученной с помощью критерия Вальда ($R_S^{\text{med-W}} = 0,8695 > R_S^{W-B-L} = 0,8461$), и Севиджа ($R_S^{\text{med-S}} = 0,8455 > R_S^{S-B-L} = 0,8461$). При этом ис-

ключительно высокая связь с результатами применения критерия Байеса-Лапласа ($R_S^{\text{med-B-L}} = 0,9958$) подтверждает оптимизационный характер медианы. Поэтому медиана Кемени была принята как конечная эмпирическая ГСП в отношении к опасности характерных ошибок.

6. Обосновано, что в качестве конечной ГСП следует принять ранжирование ошибок по опасности, выявленное путём непараметрической оптимизации с помощью медианы Кемени.

7. Таким образом, представляется возможным сделать обобщённый вывод, что цель данной работы достигнута. Дальнейшие исследования ЧФ в АНС следует проводить в следующих направлениях (не ранжируя):

- разработка методологии проактивного выявления СП АО через ОДПР и УП АО в процессе решения ими открытых и закрытых ЗПР;

- применение нейронных сетей для анализа ошибок А/Д и совершенствования процессов их ПП;

Литература

1. Рева, А. Н. Человеческий фактор и безопасность полетов: (Проактивное исследование влияния) [Текст] : монография / А. Н. Рева, К. М. Тумьшев, А. А. Бекмухамбетов ; науч. ред. А. Н. Рева, К. М. Тумьшев. – Алматы, 2006. – 242 с.

2. Рева, О. М. Проблеми формування у пілота навичок долаття наслідків відмов авіаційної техніки в режимі синхронного генератора [Текст] / О. М. Рева, С. О. Дмитрієв, О. М. Дмитрієв // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*, 2009. – № 2 (59). – С. 97-102.

3. Human factor in the system of civil aviation security measures : Doc. ICAO 9808 – AN / 765. – Montreal, Canada, 2002.

4. Актуальные направления разработки проактивных моделей решения «треугольника рисков» ИКАО [Текст] / А. Н. Рева, Ш. Ш. Насиров, Б. М. Мирзоев и др. // *Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування : IV Всеукр. наук.-практ. конф. – Херсон, 9-11 жовтня 2013 р. – Херсон : ХДМА, 2013. – С. 334-338.*

5. Рева, О. М. Урахування людського чинника у проактивному розв'язанні «трикутника ризиків» ІКАО [Текст] / О. М. Рева, С. П. Борсук // *Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINNT-2014) : зб. м-лів VI Міжнар. наук.-практ. конф. – Херсон, 27-29 травня 2014 р. – Херсон : ХДМА, 2014. – С. 82-85.*

6. Ставлення авіаційних операторів «переднього краю» до небезпечних дій або умов професійної діяльності – головний чинник забезпечення безпеки польотів [Текст] / О. М. Рева, С. П. Борсук, Ш. Ш. Насиров та ін. // *Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2015)*

: м-ли VII Міжнар. наук.-практ. конф., Херсон, 24-26 травня 2016 р. – Херсон : ХДМА, 2016. – С. 90-97.

7. Теоретичне обґрунтування системно-інформаційної кваліметрії людського чинника в аеронавігаційних системах [Текст] / О. М. Рева, С. П. Борсук, Ш. Ш. Насиров та ін. // *Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування СЕУТОО-2017: матеріали VIII Міжнар. наук.-практ. конф., – Херсон, 28-29 вересня 2017 року, – Херсон : ХДМА, 2017. – С. 127-132.*

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

9. 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.

10. Насиров, Ш. Ш. Пілотне визначення систем переваг авіадиспетчерів Азербайджану на характерних помилках в процесі управління повітряним рухом [Текст] / Ш. Ш. Насиров // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. – 2010. – № 7 (74). – С. 124-134.

11. Minsky, M. Minsky's frame system theory [Text] / M. Minsky // *Theoretical Issues in Natural Language Processing*. Cambridge (Mass.), 1975.

12. Rieger, C. The commonsense algorithm as a basis for computer models of human memory, inference, belief and contextual language comprehension [Text] / C. Rieger // *Computer Science Technical report. Series. University of Maryland*, 1975. – № 373.

13. Котик, М. А. Ошибки управления [Текст] / М. А. Котик, А. М. Емельянов. – Таллинн : Валгус, 1985. – 390 с.

14. Фреймовий підхід до аналізу помилок авіадиспетчерів [Текст] / Ю. Ю. Бірюков, П. Ш. Мухтаров, Ш. Ш. Насиров та ін. // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. – 2009. – № 7 (64). – С. 182-187.

15. Фрейми інтелектуальної системи аналізу помилок авіадиспетчерів [Текст] / О. М. Рева, А. М. Невиніцин, Ш. Ш. Насиров та ін. // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. – 2011. – № 6 (83). – С. 102-110.

16. Safety Management Manual (SMM) [Text] : DOC ICAO 9859 – AN/474. – Montreal, Canada, 2013.

17. Насиров, Ш. Ш. Багатокрокова процедура виявлення статистично-узгодженої системи переваг авіадиспетчерів на множині характерних помилок їх діяльності [Текст] / Ш. Ш. Насиров // *Комунальне господарство міст : науково-технічний зб. – Х. : ХНАМГ, 2012. – Вип. 105. – С. 461-475.*

18. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений: Теория, синтез, эффективность [Текст] / В. А. Тарасов, Б. М. Герасимов, И. А. Левин та ін. – К. : МАКИС, 2007. – 336 с.

19. Теоретические модели групповых систем предпочтений авиадиспетчеров, базирующиеся на

класических критериях принятия решений [Текст] / А. Н. Рева, В. В. Камышин, Ш. Ш. Насиров та ін. // *Elmi təsətiələr : Jurnal Milli Aviasiya Akademiyasinin*, (Bakı, iyul – sentyabr 2012). – Bakı, 2012. – T. 14, № 3. – С. 37–45.

20. Эмпирические модели оценки риска-неопределенности групповых систем предпочтений авиадиспетчеров [Текст] / А. Н. Рева, Б. М. Мирзоев, Ш. Ш. Насиров та ін. // *Elmi təsətiələr : Jurnal Milli Aviasiya Akademiyasinin* – Bakı, iyul – sentyabr 2012. – T. 14, № 3. – С. 46–60.

21. Рева, О. М. Стратегія оптимального передбачення у визначенні ставлення авіадиспетчерів до небезпек характерних помилок [Текст] / О. М. Рева, Ш. Ш. Насіров, В. О. Липчанський // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. – 2017. – № 8 (143). – С. 126-138.

22. Заде, Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений [Текст] : пер. с англ. / Л. Заде ; под ред. Н. Н. Моисеева, С. А. Орловского. – М. : Мир, 1976. – 165 с.

23. Орлов, А. И. Организационно-экономическое моделирование. Экспертные оценки [Текст] : учеб. в 3-х ч. / А. И. Орлов. – М. : Изд-во МТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. – Ч. 2 : Экспертные оценки. – 2011. – 486 с.

24. Рева, О. М. Медіана Кемені як групова система переваг авіадиспетчерів на множині характерних помилок [Текст] / О. М. Рева, В. В. Камышин, Ш. Ш. Насиров // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. – 2012. – № 4 (91). – С. 106-115.

References

1. Reva, A. N., Tumishev, K. M., Bekmuhambetov A. A. *Chelovecheskiy faktor i bezopasnost poletov : (Proaktivnoe issledovanie vliyaniya): monografiya* [Human factor and safety : Proactive impact research : monograph]. Almaty, 2006. 242 p.

2. Reva, O. M., Dmitriyev, S. O., Dmytriiev, O. M. Problemy formuvannya u pilota navychok dolannia naslidkiv vidmov aviatsiinoi tekhniki v rezhymy sinkhronnoho heneratora [Problems of forming pilots' skills of overcoming the consequences of the aviation equipment failure in the synchronous generator mode]. *Aviacijno-kosmicna tehnika i tehnologia - Aerospace technic and technology*, 2009, no. 2 (59), pp. 97-102.

3. *Human factor in the system of civil aviation security measures : Doc. ICAO 9808 – AN / 765*. Monreal, Kanada, 2002.

4. Reva, A. N., Vdovychenlo, V. I., Borsuk, S. P., Shtulgin, V. A., Mirzoev, B. M., Mukhtarov, P. Sh., Nasirov, Sh. Sh. Aktualnye napravleniya razrabotki proaktivnyh modeley resheniya «treugolnika riskov» ICAO [Actual directions of developing proactive models for solving the «risk triangle» ICAO]. *Materialy 4 Vseukrainskoi naukovno-tekhnichnoi konferentsii «Suchasni enerhetychni ustanovky na transporti,*

tekhnologii ta obladnannia dlia yikh obsluhovuvannia» [Proc. 4th Conference «Modern power plants in transport, technologies and equipment for their servicing»]. Kherson, Kherson State Marine Academy Publ., 2013, pp. 334-338. (In Ukraine)

5. Reva, O. M., Borsuk, S. P. Urakhuvannia liudskoho chynnyka u proaktyvnomu rozv'iazanni «trykutnyka ryzykiv» ICAO [Taking into account the human factor in the proactive solving of the «risk triangle» ICAO». *Zbirka materialiv 6 Mizhnarodnoi naukovopraktychnoi konferentsii «Suchasni informatsiini ta innovatsiini tekhnologii na transporti (MINTT-2014)»* [Proc. 6th International scientific-practical conference «Modern information and innovative technologies in transport MINTT-2014»]. Kherson, Kherson State Marine Academy Publ., 2014, pp. 82-85. (In Ukraine)

6. Reva, O. M., Borsuk, S. P., Shtulgin, V. A., Mirzoev, B. M., Mukhtarov, P. Sh., Nasirov, Sh. Sh. Stavlennia aviatsiinykh operatoriv «perednoho kraiu» do nebezpechnykh dii abo umov profesiinoi diialnosti – holovnyi chynnyk zabezpechennia bezpeky polotiv [The attitude of the "front edge" aviation operators to dangerous actions or conditions of professional activity - the main factor of flights safety]. *Materiali 8 Mizhnarodnoi naukovopraktychnoi konferentsii «Suchasni informatsiini ta innovatsiini tekhnologii na transporti (MINTT-2016)»* [Proc. 8th International scientific-practical conference «Modern information and innovative technologies in transport MINTT-2015»]. Kherson, Kherson State Marine Academy Publ., 2016, pp. 90-97. (In Ukraine).

7. Reva, O. M., Borsuk, S. P., Nasirov, Sh. Sh., Seleznev, G. M. Teoretychne obgruntuvannia systemno-informatsiinoi kvalimetrii liudskoho chynnyka v aeronavhatsiinykh systemakh [A theoretical grounding of system-informative quality of human factor is in the aeronavigation systems]. *Materiali 8 Mizhnarodnoi naukovopraktychnoi konferentsii «Suchasni enerhetychni ustanovky na transporti, tekhnologii ta obladnannia dlia yikh obsluhovuvannia SEUTTOO-2017»* [Proc. 8th International scientific-practical conference «Modern energy installations on transport, technologies and equipment for their maintenance MEITTEM-2017»]. Kherson, Kherson State Marine Academy Publ., 2017, pp. 127-132. (In Ukraine).

8. Kozeletskiy, Yu. *Psihologicheskaya teoriya resheniy* [Psychological decision theory]. Moscow, Progress Publ., 1979. 504 p.

9. *Nadezhnost i effektivnost v tekhnike : spravochnik v 10 t. T. 3 : Effektivnost tekhnicheskikh sistem* [Reliability and efficiency is in a technique. A reference book is in 10 volumes. V. 3. Efficiency of the technical systems]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1988. 328 p.

10. Nasyrov, Sh. Sh. Pilotne vyznachennia system perevah aviadyspetcheriv Azerbaidzhanu na kharakternykh pomylkakh v protsesi upravlinnia povitriannym rukhom [The pilot definition of the systems of the preferences of Azerbaijan air traffic controllers on characteristic errors in managerial process by an air traffic]. *Aviacijno-kosmicna tehnika i tehnologia - Aero-*

space technic and technology, 2010, no. 7(74), pp. 124-134.

11. Minsky, M. *Minsky's frame system theory. Theoretical Issues in Natural Language Processing. Cambridge (Mass.)*, 1975.

12. Rieger, C. The commonsense algorithm as a basis for computer models of human memory, inference, belief and contextual language comprehension. *Computer Science Technical report. Series*, University of Maryland, 1975, no. 373.

13. Kotik, M. A., Emelyanov, A. M. *Oshibki upravleniya* [Management errors]. Tallinn, Valgus Publ., 1985. 390 p.

14. Biriukov, Yu. Yu., Mukhtarov, P. Sh., Nasyrov, Sh. Sh., Hasanov, I. A. Freimovyi pidkhd do analizu pomylok avia-dyspetcheriv [Framework approach to the analysis of air traffic controllers' mistakes]. *Aviacijno-kosmicna tehnika i tehnologia - Aerospace technic and technology*, 2009, no. 7 (64), pp. 182-187.

15. Reva, O. M., Nevynitsyn, A. M., Nasirov, Sh. Sh., Shulhin, V. A. Freimy intelektualnoi systemy analizu pomylok aviadyspetcheriv [Frames of the intellectual system of the ATC controller's errors analyses]. *Aviacijno-kosmicna tehnika i tehnologia - Aerospace technic and technology*, 2011, no. 6 (83), pp. 102-110.

16. *Safety Management Manual (SMM) : DOC ICAO 9859 – AN/474*. Montreal, Canada, 2013.

17. Nasirov, Sh. Sh. Bahatokrokovaya protsedura vyavleniya statystychno-uzghodzhenoj systemy perevah aviadyspetcheriv na mnozhyni kharakternykh pomylok yikh diialnosti [Multi-step procedure for identifying a statistically-agreed system of preference of air traffic controllers on a set of characteristic errors of their activities]. *Komunalne hospodarstvo mist : naukovo-tekhnichnyi zbirnyk – Communal economy of cities*. Kharkiv, National Academy of Municipal Economy Publ., 2012, vol. 105, pp. 461-475.

18. Tarasov, V. A., Gerasimov, B. M., Levin, I. A., Korneychuk, V. A. *Intellektualnye sistemy podderzhki prinyatiya resheniy : Teoriya, sintez, effektivnost* [Intellectual systems of decision support: Theory, synthesis, efficiency]. Kiev, MAKIS Publ., 2007. 336 p.

19. Reva, A. N., Kamyishin, V. V., Nasirov, Sh. Sh., Alekseev, D. S. Teoreticheskie modeli gruppovykh sistem predpochteniy aviadispatcherov, baziruyuschiesya na klassicheskikh kriteriyah prinyatiya resheniy [Theoretical models of the group systems of preferences of air traffic controllers, being based on the classic criteria of decision making]. *Elmi məcmuələr : Jurnal Milli Aviasiya Akademiyasinin*, Baki, iyul-sentyabr 2012, Baki, 2012, vol. 14, no. 3, pp. 37–45.

20. Reva, A. N., Mirzoev, B. M., Nasirov, Sh. Sh., Nedbay, S. V. Empiricheskie modeli otsenki riska-neopredelennosti gruppovykh sistem predpochteniy aviadispatcherov [Empiric models of risk assessment - uncertainty of the group systems of preferences of air traffic controllers]. *Elmi məcmuələr : Jurnal Milli Aviasiya Akademiyasinin*, Baki, iyul-sentyabr 2012, vol. 14, no. 3, pp. 46–60.

21. Reva, O. M., Nasirov, Sh. Sh., Lypchansky, V. O. Stratehiia optymalnoho peredbachennia u vyznachenni stavlenia aviadyspetcheriv do nebezpek kharakternykh pomylok [Strategy of the optimum foresight in determination of air traffic controller's attitude towards the danger of characteristic errors]. *Aviacijno-kosmicna tehnika i tehnologia - Aerospace technic and technology*, 2017, no. 8 (143), pp. 126-138.

22. Zadeh, L. A. *Ponyatie lingvisticheskoy peremennoy i ego primenenie k prinyatiyu priblizhenykh resheniy* [The concept of linguistic variable and its application to approximate reasoning]. Moscow, Mir Publ., 1976. 165 p.

23. Orlov, A. I. *Organizatsionno-ekonomicheskoe modelirovanie. Chast' 2. Ekspertnyye otsenki* [Organizational and economic modeling. Vol. 2. Expert assessment]. Moscow, Moscow Technical University named after N. E. Bauman Publ., 2011. 486 p.

24. Reva, O. M., Kamyshyn, V. V., Nasyrov, Sh. Sh. Mediana Kemeni yak hrupova systema perevah aviadyspetcheriv na mnozhyni kharakternykh pomylok [Kemeny's median as group system of preferences of air traffic controllers on a set of characteristic errors]. *Aviacijno-kosmicna tehnika i tehnologia - Aerospace technic and technology*, 2012, no. 4 (91), pp. 106-115.

Поступила в редакцию 15.05.2018, рассмотрена на редколлегии 12.12.2018

ЕФЕКТИВНІСТЬ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ГРУПОВИХ СИСТЕМ ПЕРЕВАГ ДИСПЕТЧЕРІВ НА НЕБЕЗПЕЦІ ХАРАКТЕРНИХ ПОМИЛОК, ЗДІЙСНЮВАНИХ В ПРОЦЕСІ УПРАВЛІННЯ ПОВІТРЯНИМ РУХОМ

О. М. Рева, Ш. Ш. Насіров, Б. М. Мирзоев

Проблема людського чинника має вирішуватися і шляхом ідентифікації, кваліметрії і профілактики помилкових дій диспетчерського персоналу.

Подано дві схеми, що пояснюють структуру кваліметрії людського чинника і взаємодію складових концепцій безпеки польотів ІКАО, де головний акцент робиться на ставленні авіаційного персоналу до небезпечних дій або умов, яке виявляється шляхом кваліметрії характеристик процесів прийняття рішень: ставлення до ризику (основні домінанти і нечіткі оцінки), рівні домагань, небезпечні якості, системи переваг.

Системи переваг розглядаються як впорядковані характеристики і показники професійної діяльності, які суб'єктивно порівнюються з позицій впливу на безпеку польотів. З урахуванням рекомендацій ІКАО, ЄВРОКОНТРОЛЮ, статистики авіаційних подій сформований спектр з n=21 характерних помилок. Показа-

но, що процедури збору експертної інформації про небезпеку помилок сприяють їх розпізнаванню, запам'ятовуванню і уникненню: диспетчери, які пройшли тестування по запропонованій методиці перед тренажерною підготовкою, допускали в її процесі на третину менше помилок

Реалізовано два критерії оцінки групових систем переваг: рівень узгодженості думок (відомий коефіцієнт конкордації Кендалла) і строгість ранжирування, визначувана наявністю «зв'язаних» рангів, для якої введений спеціальний показник. Обґрунтовано, що цей показник має визначатися як для вибірки респондентів, так і для групової системи переваг, визначеної вибраним методом агрегації індивідуальних думок. Проведений порівняльний аналіз ефективності комплексу стратегій прийняття рішень при побудові групової системи переваг $m=65$ диспетчерів: підсумовування і усереднювання рангів, класичних критеріїв (Вальда, Севіджа, Байеса-Лапласа, оптимального передбачення. За допомогою медіани Кемені проведена непараметрична оптимізація групової системи переваг і доведено, що вона найбільш близька до всіх результатів, отриманих іншими методами і стратегіями.

Ключові слова: безпека польотів; небезпека помилок авіадиспетчерів; системи переваг; методи побудови; класичні критерії прийняття рішень; медіана Кемені; непараметрична оптимізація

EFFICIENCY OF DETERMINATION METHODS OF CONTROLLERS' PREFERENCES GROUP SYSTEMS BASED ON THE DANGER OF CHARACTERISTIC ERRORS IN THE PROCESS OF AIR TRAFFIC CONTROL

O. M. Reva, Sh. Sh. Nasyrov, B. M. Mirzayev

The human factor problem should be solved by identifying, qualifying and preventing the erroneous actions of the air traffic controllers.

It is presented two schemes explaining the structure of human qualimetry factor and the interaction of the components of the ICAO safety concept, where the main emphasis is on an aviation personnel' attitude to dangerous actions or conditions, which is revealed by the qualimetry of the decision-making processes' characteristics: the attitude towards risk (the main dominants and fuzzy assessments), levels of claims, dangerous qualities and preferences systems.

The preferences systems are considered as ordered characteristics and indicators of professional activity, which are subjectively compared with the positions of influence on flight safety. The spectrum of $n = 21$ characteristic errors was formed considering the recommendations of ICAO, EUROCONTROL and accident statistics. It is determined that procedures of collecting the information of errors danger contribute their recognition, memorization, and avoidance: controllers who passed the test according to the proposed method before training made by one third fewer errors in its process.

Two criteria for assessing group preferences are realized: the level of consensus (known as Kendall's coefficient of concordance) and the severity of the ranking, determined by the presence of "related" ranks, for which a special indicator is introduced.

It is defined that this indicator should be determined both for the sample of respondents and for the preferences group systems of developed with the chosen method of individual opinions' aggregation.

It was performed the comparative analysis of complex decision-making strategies of effectiveness in the construction of a preferences group systems $m = 65$ controllers: sum and averaging of ranks, classical criteria (Wald's, Savage's and Laplace's criterion), optimal prediction, applying the non-parametric optimization of the preferences group systems. The non-parametric optimization of the group system of pre-readings was carried out by Kemeny median and it was proved that it was the closest to all the results obtained by other methods and strategies.

Keywords: flight safety; danger of errors of air traffic controllers; preferences group systems; construction methods; classical decision criteria; Kemeny median; non-parametric optimization.

Рева Алексей Николаевич – д-р техн. наук, проф., зав. каф. организации авиационных перевозок и услуг Национального авиационного университета, Киев, Украина.

Насиров Шахин Шахвели-оглы – руководитель полетов Главного центра Единой системы управления воздушным движением госпредприятия AZANS, Баку, Азербайджанская Республика.

Мирзоев Бала Мушгюль-оглы – доктор философии по технике; начальник Главного центра Единой системы управления воздушным движением госпредприятия AZANS, Баку, Азербайджанская Республика.

Reva Oleksii Mykolaiovych – Doctor of technical sciences, professor; Head of the department organization of air transportation and services at the National Aviation University, Kyiv, e-mail: ran54@meta.ua.

Nasyrov Shahin Shahveli-ogli – Air traffic manager at Main Air Traffic Office of the Integrated ATC System Center of the State Enterprise AZANS, Azerbaijan Republic, e-mail: shahin.s@mail.ru.

Mirzayev Bala Mushgul-ogli – PhD in Engineering, Head of the Main Air Traffic Office of the Integrated ATC System Center of the State Enterprise AZANS, Azerbaijan Republic, e-mail: BalaMirzayev@azans.az.