

УДК 331.101

А.Н. Рева<sup>1</sup>, В.М. Стрелец<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Национальный авиационный университет, Киев*

<sup>2</sup> *Национальный университет гражданской защиты Украины, Харьков*

## УПРОЩЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОГЛАСОВАННОСТИ ЭКСПЕРТОВ, ОЦЕНИВАЮЩИХ ВРЕМЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЕРАЦИЙ БОЕВОГО РАЗВЕРТЫВАНИЯ ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ВООРУЖЕНИЯ

*Показано, что для обеспечения неслучайной согласованности экспертов, оценивающих параметры  $\beta$ -распределения времени выполнения отдельных операций боевого развертывания пожарных автомобилей, допускается одна оценка без уточнения места нахождения наиболее вероятного времени выполнения операции при количестве экспертов не менее пяти. При семи и более экспертах допускается одна такая оценка, а при восьми – она может быть дополнена одной оценкой без уточнения места нахождения наиболее вероятного времени выполнения операции.*

**Ключевые слова:** экспертная оценка, согласованность экспертов, коэффициент конкордации.

### Введение

**Постановка проблемы.** В [1] отмечено, что для оценки основных параметров, характеризующих  $\beta$ -распределение времени выполнения операции боевого развертывания пожарно-технического вооружения, можно использовать информацию только о граничных значениях времени ее выполнения, а также уровне подготовленности личного состава боевых расчетов пожарных автомобилей. Показателем, который характеризует подготовленность спасателей, является скошенность распределения.

Однако анализ результатов экспертной оценки времени выполнения отдельных операций, составляющих технологические процессы, которые связаны с использованием насосно-рукавной станции [2], показал, что имеют место случаи, когда оценки наиболее вероятного времени выполнения операции  $\tilde{t}_j$  у отдельных экспертов резко отличаются от таких же оценок других специалистов.

**Анализ последних достижений и публикаций** показал, что в этом случае необходимо предварительно оценить согласованность экспертов в привлеченной группе [3].

Для этого вычисляется коэффициент конкордации  $W$ , то есть общий коэффициент ранговой корреляции для группы, состоящей из  $l$  экспертов [4], который сравнивается с допустимым значением коэффициента конкордации  $W_{\text{доп}}$ . Последний определяется в соответствии с числом степеней свободы  $\nu$  и выбранным уровнем значимости  $\alpha$ , используя критерий  $\chi^2$  [5], т.е. для каждой рассматриваемой операции боевого развертывания,

прежде чем сделать вывод о скошенности, необходимо провести достаточно громоздкие предварительные вычисления.

**Постановка задачи.** Исходя из этого, была сформулирована задача упрощенного определения уровня согласованности экспертов применительно к оценке времени выполнения отдельных операций боевого развертывания пожарных автомобилей.

### Основная часть

Для этого, приняв в соответствии с результатами [1] количество рангов  $n = 3$ , экспертные оценки в кодированных переменных наиболее вероятного времени выполнения операции  $\tilde{x}_j$  после кодировки были проранжированы следующим образом.

Если  $\tilde{x}_j < 0,5$ , то результаты, имеющие меньшее время, имеют ранг  $v_1 = 1$ , результаты вблизи середины диапазона –  $v_2 = 2$ , а результаты во второй половине диапазона –  $v_3 = 3$ .

В противном случае

$$(\tilde{x}_j > 0,5): v_1 = 3; v_2 = 2; v_3 = 1.$$

Когда же эксперт затрудняется в определении  $\tilde{t}_j$  и устанавливает ее в середине диапазона ( $\tilde{x}_j \approx 0,5$ ), принимается  $v_1 = v_2 = v_3 = 2$ .

Таким образом, условие ранжировки может быть записано как

$$\{v_1, v_2, v_3\} = \begin{cases} \{1, 2, 3\}, & \text{если } \bar{x}_j < 0.5; \\ \{3, 2, 1\}, & \text{если } \bar{x}_j > 0.5; \\ \{2, 2, 2\}, & \text{если } \bar{x}_j \approx 0.5. \end{cases} \quad (1)$$

Кроме того, принимаются следующие обозначения:

q – количество противоречивых оценок, то есть тех, в которых отличается место наиболее вероятного времени выполнения операции по сравнению с местом, которое указывает основная группа экспертов;

p – количество оценок, в которых эксперты затруднились указать место наиболее вероятного времени выполнения операции (в случае, когда все эксперты в качестве наиболее вероятного результата указывают середину диапазона, считается q = p = 0).

Для расчета значения коэффициента конкордации сначала рассчитывается [4] сумма квадратов разностей (отклонений) S по следующей формуле:

$$S = \sum_{i=1}^n \left\{ \sum_{j=1}^l v_{ij} - \frac{1}{2} \cdot l \cdot (n+1) \right\}^2 \quad (2)$$

Кендалл [4] показал, что суммарное квадратичное отклонение от их среднего значения для суммарных рангов факторов при наилучшей согласованности (когда все эксперты дают одинаковые оценки) имеет вид

$$S_{\max} = \frac{1}{12} \cdot n \cdot l^2 \cdot (n^2 - 1), \quad (3)$$

а так как коэффициент конкордации рассматривается как отношение фактически полученной вели-

чины S к ее максимальному значению для данной группы экспертов, то с учетом того, что n=3,

$$W = \frac{S}{S_{\max}} = \frac{12 \cdot S}{l^2 (n^3 - n)} = \frac{S}{2 \cdot l^2} \quad (4)$$

На практике метод непосредственной оценки достаточно часто реализуется на основе оценок от четырех до восьми специалистов. В связи с этим, используя (1) и (2), были рассчитаны значения коэффициентов (3) конкордации W для возможных сочетаний выбора места нахождения наиболее вероятного времени  $\tilde{t}_j$  выполнения j-ой операции группой экспертов.

Полученные значения коэффициентов конкордации (см. табл. 1) позволили оценить наличие неслучайной согласованности экспертов, используя критерий  $\chi^2$  [5]. Учитывая то, что [4]:

$$\chi^2 = (n-1) \cdot l \cdot W = 2 \cdot l \cdot W, \quad (5)$$

допустимое значение коэффициента конкордации  $W_{\text{доп}}$  в рассматриваемой ситуации должно быть

$$W_{\text{доп}} \geq \frac{\chi_{\text{табл}}^2}{2 \cdot l}, \quad (6)$$

где табличные значения  $\chi_{\text{табл}}^2$  [187] определяются числом степеней свободы  $\nu = n - 1 = 2$  соответствующим уровнем значимости  $\alpha$ .

Результаты расчетов приведены в табл. 1 и на рис. 1.

Таблица 1

Коэффициент конкордации W

Количество экспертов	Возможная комбинация				$W_{\text{доп}}$			
	q=0, p=0	q=0, p=1	q=1, p=0	q=1, p=1	$\alpha=0,01$	$\alpha=0,05$	$\alpha=0,1$	$\alpha=0,25$
4	<b>1,000</b>	0,563	0,250	0,063	1,151	<b>0,749</b>	0,576	0,346
5	<b>1,000</b>	<b>0,640</b>	0,360	0,160	0,921	<b>0,599</b>	0,461	0,277
6	<b>1,000</b>	<b>0,694</b>	0,444	0,250	0,768	<b>0,499</b>	0,384	0,231
7	<b>1,000</b>	<b>0,735</b>	<b>0,510</b>	0,327	0,658	<b>0,428</b>	0,329	0,198
8	<b>1,000</b>	<b>0,766</b>	<b>0,563</b>	<b>0,391</b>	0,576	<b>0,374</b>	0,288	0,173

Анализ результатов, приведенных в табл. 1 и на рис. 1, показывает, что расчетный коэффициент конкордации больше допустимого в следующих случаях:

$$W \geq W_{\text{доп}} (\alpha = 0,05), \text{ если } \begin{cases} p = 0, q = 0 \text{ при } l \geq 4; \\ p = 1, q = 0 \text{ при } l \geq 5; \\ p = 0, q = 1 \text{ при } l \geq 7; \\ p = 1, q = 1 \text{ при } l \geq 8. \end{cases} \quad (7)$$

## Выводы

При уровне значимости 0,05 неслучайная согласованность в мнениях экспертов существует как в тех случаях, когда при  $l = 4 \div 8$  все специалисты одинаково указали диапазон, в котором находится место наиболее вероятного времени выполнения j-й операции, так и тогда, когда имеет место одна оценка без уточнения места нахождения  $\tilde{t}_j$  при

$l > 4$  или одна противоречивая оценка при  $l > 6$ . В случае привлечения в экспертную группу 8 специалистов допускается по одной противоречивой

оценке и одной оценке без уточнения места нахождения  $\tilde{t}_j$ .

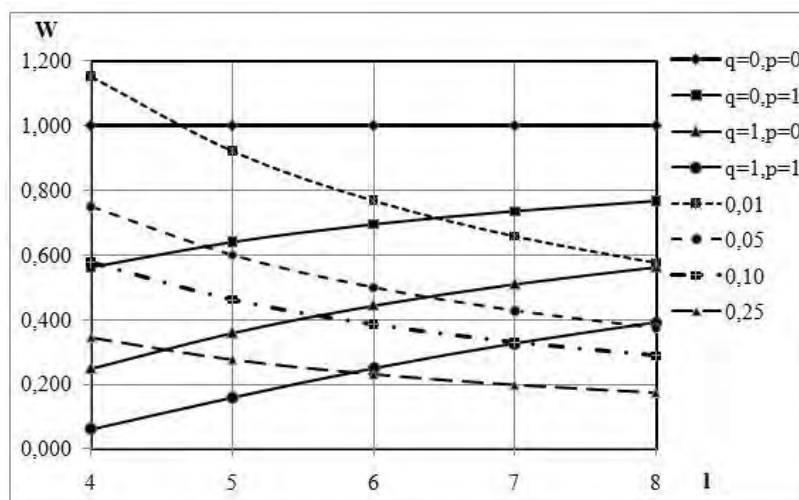


Рис. 1. Зависимость коэффициента конкордации от количества экспертов в группе (q – количество противоречивых оценок; p – количество оценок без уточнения места наиболее вероятного времени выполнения операции)

### Список литературы

1. Стрелец В.М. Раскрытие закономерностей выполнения основных операций боевого развертывания пожарных автомобилей / В.М. Стрелец // Системи озброєння і військова техніка. – Харків. – 2015. – № 2 (42). – С. 173-175.
2. Разработка рекомендаций по повышению эффективности боевого развертывания пожарной техники [Текст]: отчет о НИР (заключ.) / ХИПБ МВД Украины; рук. Чучковский В.Н.; исполн.: Стрелец В.М. [и др.]. – Харьков, 1997. – 75 с. – № ГР 0197U017568.
3. Бешелов С.Д. Математико-статистические методы экспертных оценок / С.Д. Бешелов, Ф.Г. Гурвич. – М.: Статистика, 1974. – 264 с.

4. Кендалл М.Дж. Ранговые корреляции: Пер. с англ. / М.Дж. Кендалл. – М.: Статистика, 1975. – 214 с.
5. Митропольский А.К. Техника статистических вычислений / А.К. Митропольский. – М.: Главная редакция физико-математической литературы издательства "Наука", 1971. – 576 с.

Поступила в редколлегию 21.08.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.В. Росоха, Национальный университет гражданской защиты Украины, Харьков.

### СПРОЩЕНЕ ВИЗНАЧЕННЯ УЗГОДЖЕНОСТІ ЕКСПЕРТІВ, ЯКІ ОЦІНЮЮТЬ ЧАС ВИКОНАННЯ ОПЕРАЦІЙ БОЙОВОГО РОЗГОРТАННЯ ПОЖЕЖНО-ТЕХНІЧНОГО ОЗБРОЄННЯ

О.М. Рева, В.М. Стрелец

Показано, що для забезпечення не випадковою узгодженістю експертів, що оцінюють параметри  $\beta$ -розподілу часу виконання окремих операцій бойового розгортання пожежних автомобілів, допускається одна оцінка без уточнення місця знаходження найбільш ймовірного часу виконання операції при кількості експертів не менше п'яти. При семи і більше експертах допускається одна така оцінка, а при восьми - вона може бути доповнена однією оцінкою без уточнення місця знаходження найбільш ймовірного часу виконання операції.

**Ключові слова:** експертна оцінка, узгодженість експертів, коефіцієнт конкордації.

### A SIMPLIFIED DEFINITION OF CONSISTENCY OF EXPERTS EVALUATING THE EXECUTION OF COMBAT OPERATIONS, DEPLOYMENT OF FIRE AND TECHNICAL EQUIPMENT

O.M. Reva, V.M. Strelec

It is shown that, to ensure consistency nonrandom experts estimate the parameters  $\beta$ -time distribution of certain operations of combat deployment of fire-fighting vehicles, is allowed one evaluation without specifying the location of the most likely time of the operation in the amount of not less than five experts. When seven or more experts may be one such assessment, and in the eight - it can be supplemented by one estimate, without specifying the location of the most likely time of the operation.

**Keywords:** expert assessment, coordination of experts, coefficient of concordance.