

*Т.Ю. Довбня, к.геогр.н., ст. преподаватель, НУГЗУ,  
А.М. Резниченко, к.т.н., преподаватель, НУГЗУ,  
В.М. Стрелец, к.т.н., доцент, НУГЗУ*

**ОБОСНОВАНИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО РАСЧЕТУ  
КОЭФФИЦИЕНТА КОНКОРДАЦИИ В ПРОЦЕССЕ  
ЭКСПЕРТНОГО ОЦЕНИВАНИЯ ВРЕМЕНИ ВЫПОЛНЕНИЯ  
ОПЕРАЦИЙ БОЕВОГО РАЗВЕРТЫВАНИЯ  
ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ**  
(представлено д-ром филос. Сцакал Б.)

Сформулирована задача упрощенного определения уровня согласованности экспертов применительно к оценке времени выполнения отдельных операций боевого развертывания пожарных автомобилей и получен расчётный коэффициент конкордации для группы экспертов от четырех до восьми человек.

**Ключевые слова:** коэффициент конкордации, экспертная оценка, корреляция.

**Постановка проблемы.** В [1] отмечено, что для оценки основных параметров распределения 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 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 сравнивают с допустимым значением коэффициента конкордации  $W_{\text{дпт}}$ . 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 и ее решение.** Исходя из этого, была сформулирована задача упрощенного определения уровня согласованности экспертов применительно к оценке времени выполнения отдельных операций боевого развертывания пожарных автомобилей.

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 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 величины  $S$  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 (табл. 1) позволили оценить наличие неслучайной согласованности экспертов, используя критерий  $\chi^2$  [5]. Учитывая то, что [4]

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

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

$$W_{\text{доп}} \geq \frac{\chi_{\text{табл}}^2}{2 \cdot 1}, \quad (6)$$

где табличные значения  $\chi_{\text{табл}}^2$  [5] 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	1,000	0,563	0,250	0,063	1,151	0,749	0,576	0,346
5	1,000	0,640	0,360	0,160	0,921	0,599	0,461	0,277
6	1,000	0,694	0,444	0,250	0,768	0,499	0,384	0,231
7	1,000	0,735	0,510	0,327	0,658	0,428	0,329	0,198
8	1,000	0,766	0,563	0,391	0,576	0,374	0,288	0,173

Анализ полученных результатов (табл. 1 и рис. 1) показывает, что расчетный коэффициент конкордации больше допустимого в случае

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

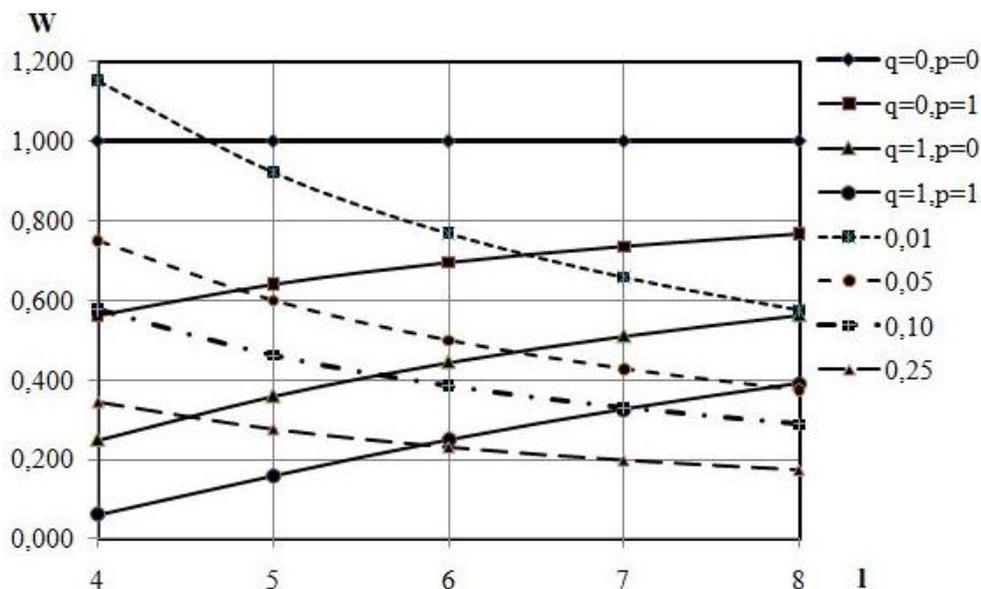


Рис. 1. Зависимость коэффициента конкордации от количества экспертов в группе (q – количество противоречивых оценок; p – количество оценок без уточнения места наиболее вероятного времени выполнения операции)

**Вывод.** 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-ой 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  $\tilde{t}_j$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. Стрелец В.М. Раскрытие закономерностей выполнения основных операций боевого развертывания пожарных автомобилей / В.М. Стрелец // Системи озброєння і військова техніка. – Харків. – 2015. – Вип. 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.: Статистика, 1975. – 214 с.

5. Митропольский А.К. Техника статистических вычислений – Главная редакция физико-математической литературы издательства "Наука", 1971. – 576 с.

Т.Ю. Довбня, А.М. Резніченко, В.М. Стрілець

**Обґрунтування пропозицій щодо розрахунку коефіцієнта конкордації в процесі експертного оцінювання часу виконання операцій бойового розгортання пожежних автомобілів**

Сформульовано задачу спрощеного визначення рівня узгодженості експертів стосовно оцінки часу виконання окремих операцій бойового розгортання пожежних автомобілів і отримано розрахунковий коефіцієнт конкордації для групи експертів від чотирьох до восьми чоловік.

**Ключові слова:** коефіцієнт конкордації, експертна оцінка, кореляція.

T.Y. Dovbnya, A.M. Reznichenko, V.M. Strelec

**Ationale for proposals calculating the coefficient of concordance during expert estimation of time of the operation fire attack fire truck**

The problem of the simplified definition of coherence with regard to the assessment of experts runtime separate operations combat deployment of fire trucks and received a settlement of concordance coefficient for the group of experts from four to eight people.

**Keywords:** coefficient of concordance, expert evaluation, correlation.