УДК 519.254
DOI: 10.26102/2310-6018/2022.36.1.022

Стохастическая фильтрация в пространстве мнений экспертов

С.А. Гречаный, С.Е. Кривобокова

Воронежский институт МВД России, Воронеж,
Российская Федерация
svetlanafedyaeva20@gmail.com

Резюме. В настоящее время, при комплектовании набора технических средств охраны возникает множество затруднений, связанных с финансовой составляющей, влияющей на защищенность объекта. Для решения задач защищенности объекта, а следовательно надежности отдельных приборов охраны, рекомендуется привлечь экспертов. При этом мнения экспертов не всегда могут быть безошибочными. В данном исследовании предлагается провести стохастический анализ и фильтрацию пространства мнений экспертов с целью выявления условного тренда (устоявшегося мнения) каждого эксперта. Ведущим методом в исследовании данной проблемы является анализ условных временных рядов (проверка гипотезы об отсутствии тренда с помощью метода медианы в последовательности оценок эксперта), позволяющий определить валидность данного метода, а также произвести проверку каждого эксперта на объективность выставленных оценок. В статье представлен пошаговый алгоритм работы с эмпирическими данными, вычислены средние отклонения от линии тренда, рассмотрены два метода проверки нулевой гипотезы – метод медианы и метод Фостера-Стюарта. Материалы статьи могут применяться в различных сферах выставления средней оценки, так как алгоритм проверки нулевой гипотезы носит универсальный характер.

Ключевые слова: короткий условный временной ряд, стохастическая фильтрация, метод наименьших квадратов, уравнение регрессии, метод медианы, метод Фостера-Стюарта, среднее квадратичное отклонение.

Для цитирования: Гречаный С.А., Кривобокова С.Е. Стохастическая фильтрации в пространстве мнений экспертов. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии.* 2022;10(1). Доступно по: https://moitvivt.ru/ru/journal/pdf?id=1121 DOI: 10.26102/2310-6018/2022.36.1.022

Stochastic filtering in the space of expert opinions

S.A. Grechanyi, S.E. Krivobokova

Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation,
Voronezh, Russian Federation
svetlanafedyaeva20@gmail.com

Abstract: Currently, there are many difficulties associated with the financial aspect that affects the security of the facility when assembling a set of technical security equipment. To solve the problems of the facility safety, and therefore the reliability of individual security devices, it is recommended to involve experts. At the same time, experts' opinions may not always be infallible. In this study, it is proposed to carry out a stochastic analysis and filtering of the expert opinion space in order to identify a conditional trend (established opinion) of each expert. The main method of researching this issue is the analysis of conditional time series (testing the hypothesis of the trend absence by means of the median method in the sequence of expert assessments), which makes it possible to determine the validity of the method, as well as to ensure experts' objectivity of assessments. The article presents a step-by-

© Гречаный С.А., Кривобокова С.Е., 2022

step operation algorithm for empirical data, calculates the average deviations from the trend line, considers two methods for testing the null hypothesis – the median method and Foster–Stewart method. The materials of the article can be applied in various areas of setting the average score since the algorithm for testing the null hypothesis is universal in nature.

Keywords: conditional short time series, stochastic filtering, least square method, regression equation, median method, Foster–Stewart method, standard deviation.

For citation: Grechanyi S.A., Krivobokova S.E. Stochastic filtering in the space of expert opinions. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2022;10(1). Available from: https://moitvivt.ru/ru/journal/pdf?id=1121 DOI: 10.26102/2310-6018/2022.36.1.022 (In Russ).

Введение

В настоящее время в охранной практике присутствует значительное множество технических средств и систем безопасности различной стоимости и различного производителя. Фирмы-производители предоставляют огромный выбор технических средств охраны (ТСО), обладающих схожими параметрами. При этом, стоимость и надежность данного оборудования может значительно отличаться. В связи с этим возникает задача формирования оптимального по цене комплекта ТСО (приборов) с сохранением достаточно высокого уровня надежности [1]. В данном исследовании будем использовать термин – уровень желательности, который включает в себя понятие надежности, а также мнения экспертов. Привлечение экспертов является неотъемлемой частью для решения вышеуказанной задачи. Таким образом образуется два пространства: пространство мнений экспертов и пространство поиска комплекта ТСО.

Эксперты могут сообщить такие качественные параметры как защита от помех, электромагнитная совместимость, устойчивость к климатическим и механическим воздействиям и т. д. Но не всегда мнения (оценки) экспертов являются безошибочными. Поэтому первоначальной задачей является анализ и фильтрация пространства мнений экспертов для сокращения размерности этого пространства.

Первоначально размерность пространства можно считать равной числу экспертов или групп экспертов, сформированных по определенному признаку. Уменьшение размерности пространства связано с задачей предоставить лицу, принимающему решение, визуальный двумерный график множества Парето с целью возможности выбора различных стратегий [2].

Отбор наиболее квалифицированных экспертов является многогранной задачей, связанной с возможной потерей значительных денежных средств и неквалифицированной рекламой применения данного комплекта ТСО. Данная задача встречается во многих ситуациях. Простейшим примером является отбрасывание минимальных и максимальных оценок при выставлении среднего балла за выступление фигуриста. Кроме того, реклама и формальный подход к выставлению оценок может значительно исказить задачу нахождения оптимального комплекта ТСО.

Материалы и методы

Экспертам предлагается заполнение определенных анкет, в которых они по 10-бальной системе оценивают свойства, характеризующие желательность применения данного ТСО. Результаты оценок экспертов представлены в Таблице 1.

В связи с тем, что данные показатели связаны с профессиональным личным опытом эксперта, для формализации данных показателей переводим их по алгоритму Харрингтона [3] в обобщенные показатели. В работе [4] шкала желательности Харрингтона имеет 8 диапазонов. Так как в данном исследовании эксперты использовали ограниченное количество оценок, то для перевода их в интегральные показатели достаточно относительно небольшого диапазона шкалы желательности [0,65-0,99]. Наименьшему баллу «4» присвоим значение 0,65, наивысший балл «10» имеет значение 0,99. Остальные значения показателей, соответствующие оценкам экспертов, распределены в диапазоне [0,65-0,99]. В Таблице 2 приведены обобщенные показатели, преобразованные из Таблицы 1.

Таблица 1 – Оценки экспертов 10 технических средств охраны
Table 1 – Expert assessment of 10 units of technical security equipment

Эксперты	ТСО									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	10	8	7	8	5	9	8	10	6	8
2	7	6	6	8	7	7	8	9	7	6
3	7	7	7	8	4	9	9	10	7	6
4	8	8	8	9	6	9	9	8	6	5
5	10	6	9	8	8	9	8	9	7	8
6	7	8	7	7	6	8	10	9	6	5

Таблица 2 – Обобщенные показатели 10 технических средств охраны
Table 2 – Generalized specifications of 10 units of technical security equipment

Эксперты	ТСО									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,99	0,89	0,83	0,89	0,71	0,95	0,89	0,99	0,77	0,89
2	0,83	0,77	0,77	0,89	0,83	0,83	0,89	0,95	0,83	0,77
3	0,83	0,83	0,83	0,89	0,65	0,95	0,95	0,99	0,83	0,77
4	0,89	0,89	0,89	0,95	0,77	0,95	0,95	0,89	0,77	0,71
5	0,99	0,77	0,95	0,89	0,89	0,95	0,89	0,95	0,83	0,89
6	0,83	0,89	0,83	0,83	0,77	0,89	0,99	0,95	0,77	0,71

Для установления порядка в Таблице 2 необходимо вычислить средние значения каждого ТСО по формуле (1):

$$x_i = \sum_{1}^{n} x_{ij} \,, \tag{1}$$

где xij – значение обобщенного показателя i-го ТСО j-го эксперта, n – число экспертов. Далее для упорядочения по возрастанию средних значений создаем Таблицу 3. Введение указанного порядка позволит определенным образом использовать теорию временных рядов для исследования пространства мнений экспертов.

Таблица 3 – Упорядоченные обобщенные показатели
Table 3 – Ordered generalized specifications

Эксперты	ТСО									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,71	0,89	0,77	0,89	0,83	0,89	0,99	0,95	0,89	0,99
2	0,83	0,77	0,83	0,77	0,77	0,89	0,83	0,83	0,89	0,95
3	0,65	0,77	0,83	0,83	0,83	0,89	0,83	0,95	0,95	0,99
4	0,77	0,71	0,77	0,89	0,89	0,95	0,89	0,95	0,95	0,89
5	0,89	0,89	0,83	0,77	0,95	0,89	0,99	0,95	0,89	0,95
6	0,77	0,71	0,77	0,89	0,83	0,83	0,83	0,89	0,99	0,95
Среднее значение	0,77	0,79	0,8	0,84	0,85	0,89	0,894	0,92	0,927	0,953

В полученной Таблице 3 с установленным порядком можно считать, что ТСО 1, имеющий наименьшее значение средней, будем рассматривать «в первую очередь». Затем рассмотрим приборы по порядку, в котором они расположены в Таблице 3.

Можно полагать, что если эксперты – квалифицированные специалисты, то мнения данных экспертов являются устоявшимися предположениями, имеющими определенную тенденцию (условный тренд). Отсутствие условного тренда может означать или необъективность при заполнении анкеты или случайную ошибку при анкетировании. В любом из этих случаев мнение данного эксперта учитываться не будет.

Введение вышеуказанного порядка позволяет оценить рассеивание мнений экспертов от условного линейного тренда [5], вычисления которого производятся по методу наименьших квадратов в программе Excel для последней строчки Таблицы 3. Также с помощью программы находим уравнение условного линейного тренда, которое имеет вид:

$$y = ax + b\,. \tag{2}$$

Заметим, что полученное уравнение регрессии (2) не является трендом в прямом смысле, а используется нами для оценки отклонений мнений экспертов от данной регрессии.

Отклонения мнений экспертов будем вычислять по формуле среднего квадратичного отклонения:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\left(x_i - \overline{x_i}\right)^2}{n}} \tag{3}$$

Результаты вычислений приведены в конце исследования.

Как было указано выше, отсутствие условного тренда (устоявшегося предположения) во мнении эксперта может привести к ошибочному результату. Поэтому необходимо выделить нулевую гипотезу Н0 – статистический разброс эмпирических данных настолько велик, что выдвигается гипотеза об отсутствии тренда [5].

Существует большое количество способов проверки нулевой гипотезы. Для полноты изложения в данном исследовании рассмотрим два часто используемых метода: метод медианы (метод серий) и метод Фостера-Стюарта [6].

Рассмотрим сначала алгоритм наиболее распространенного метода проверки нулевой гипотезы – метода медианы.

В первую очередь необходимо создать новую последовательность (условный временной ряд) y'_t длинной n, где t – уровень ряда. Созданная последовательность состоит из значений исходного ряда y_t оценок экспертов, расположенных в порядке неубывания.

Вслед за этим следует определить медиану Ме ряда y'_t. Если n – нечетное число, то медиана вычисляется как серединное значение ряда. Если n – четное число, то медиана определяется как среднее двух серединных значений.

Далее находится последовательность δi, состоящая из плюсов и минусов, по следующему правилу:

$$\delta_i = \begin{cases} +,\ \textit{если}\ \ y_t > Me,\ \ t = 1,2,3,\ldots,n \\ -,\ \textit{если}\ \ y_t < Me,\ \ t = 1,2,3,\ldots,n \end{cases} \tag{4}$$

Если значение y_t равно медиане Ме, то это значение пропускается.

Затем подсчитывается число серий ν(n) в последовательности δi. Под серией будем понимать последовательность плюсов или минусов, расположенных друг за другом. Один плюс или один минус тоже являются серией. Также вычисляем τmax(n) – протяженность самой длинной серии.

Далее необходимо осуществить проверку гипотезы. Гипотеза об отсутствии тренда подтверждается, если выполняется следующая система неравенств:

$$\begin{cases} \tau_{\max}(n) < \left[3,3(\lg n + 1)\right] \\ \upsilon(n) > \left[\frac{1}{2}(n+1-1,96\sqrt{n-1})\right] \end{cases}. \tag{5}$$

Квадратные скобки в правой части означают целую часть числа. Если хотя бы одно из неравенств не выполняется, то гипотеза отвергается [6].

Рассмотрим следующий алгоритм метода проверки нулевой гипотезы – метода Фостера-Стюарта.

Первоначально необходимо определить вспомогательные величины m_t, e_t и d_t. Величина m_t равна 1, если значение уровня ряда больше всех предшествующих, во всех остальных случаях $m_t = 0$. Величина e_t равна 1, если значение уровня ряда меньше всех предшествующих, во всех остальных случаях $e_t = 0$. Величина d_t равна разности величин m_t и e_t.

Далее найдем характеристику D – суммы всех величин dt для последовательности yt.

Следующий шаг – проверка гипотезы о случайности ряда с помощью критерия Стьюдента. Рассчитывается величина $T_{набл} = \dfrac{D}{\sigma_D}$, где σ_D – средняя квадратическая ошибка величины D:

$$\sigma_D = \sqrt{2\sum_{t=2}^{n}\frac{1}{t}} = \sqrt{2\ln n - 0,8456} \tag{6}$$

В завершение расчетное значение $T_{набл}$ сравнивается с критическим значением $t_{кр}$, которое находится по Таблице t – распределения Стьюдента для заданного уровня значимости α и числа степеней свободы $k = n-1$. Если $|T_{набл}| > t_{кр}$, то гипотеза об отсутствии тренда отвергается [7].

Так как практическая задача имеет условный короткий временной ряд, то в нашем исследовании для проверки устоявшегося мнения экспертов будем применять метод серий. Вычисления, связанные с данным методом, приведены в конце статьи.

Результаты

Для полноты изложения приведем вычисления по рассмотренным ранее численным методам с целью решения задачи анализа и фильтрации пространства мнений экспертов для сокращения размерности этого пространства.

Ниже представлены вычисления первых трех средних значений обобщенных показателей Харрингтона по формуле (1) с целью их упорядочения.

$$x_1 = 0,71 + 0,83 + 0,65 + 0,77 + 0,89 + 0,77 = 0,77$$
$$x_2 = 0,89 + 0,77 + 0,77 + 0,71 + 0,89 + 0,71 = 0,79$$
$$x_3 = 0,77 + 0,83 + 0,83 + 0,77 + 0,83 + 0,77 = 0,8$$

Аналогично были вычислены оставшиеся средние для Таблицы 2.

Полученные результаты расположены в порядке неубывания в последней строке Таблицы 3.

На Рисунке 1 изображены линия условного тренда и уравнение линейной регрессии изменения среднего значения, имеющее вид (2).

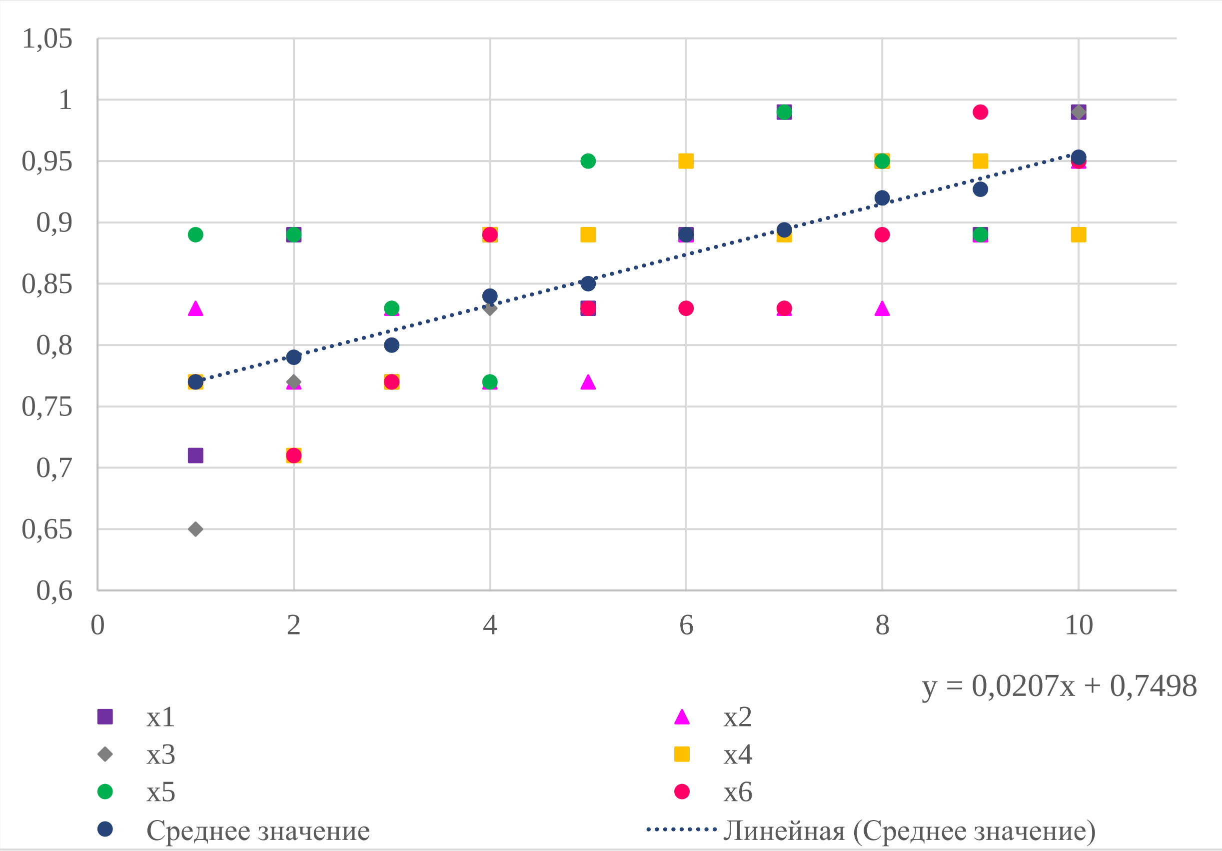

Рисунок 1 – Эмпирические данные экспертов, вид и уравнение линейного тренда
Figure 1 – Experts' empirical data, type and equation of a linear trend

Далее представлены полученные результаты отклонений мнений экспертов [8], для вычисления которых использовалась формула (3):

$$\sigma_1 \approx 0,0459;\ \sigma_2 \approx 0,0546;\ \sigma_3 \approx 0,0637;\ \sigma_4 \approx 0,0452;\ \sigma_5 \approx 0,1501;\ \sigma_6 \approx 0,0477.$$

Можно сделать вывод, что отклонения экспертов от линии условного тренда незначительны, что предполагает отсутствие непрофессионального или случайного подходов экспертов из Таблицы или несостоятельность нулевой гипотезы (Н0) об отсутствии тренда. Ниже приведен подробный алгоритм проверки нулевой гипотезы для первого эксперта.

Последовательность оценок (условный временной ряд) y_t и созданная последовательность y_t' первого эксперта имеет вид:

$$y_t = \{0{,}71;\ 0{,}89;\ 0{,}77;\ 0{,}89;\ 0{,}83;\ 0{,}89;\ 0{,}99;\ 0{,}95;\ 0{,}89;\ 0{,}99\};$$
$$y_t' = \{0{,}71;\ 0{,}77;\ 0{,}83;\ 0{,}89;\ 0{,}89;\ 0{,}89;\ 0{,}89;\ 0{,}95;\ 0{,}99;\ 0{,}99\}.$$

Так как длина ряда n – четное число, то медиана $Me = (0,89 + 0,89)/2 = 0,89$.

Далее составим последовательность δ_i из плюсов и минусов: $\delta_1 = \{$–; пропуск; –; пропуск; –; пропуск; +; +; пропуск; +$\}$.

Число серий данной последовательности $v(n) = 2$. Длина самой длинной серии $\tau_{\max}(n) = 3$.

Для проверки гипотезы с помощью системы неравенств (5) первоначально вычислим правую часть каждого неравенства.

$$\begin{cases} 3{,}3(\lg n + 1) = 6{,}6 \\ \frac{1}{2}(n + 1 - 1{,}96\sqrt{n-1}) = 2{,}56 \end{cases}; \quad \begin{cases} 3 < 6 \\ 2 > 2 \end{cases}. \tag{7}$$

Как можно заметить второе неравенство нарушено, а это значит, что гипотеза об отсутствии тренда отвергается. Таким образом первый эксперт предоставил достоверную информацию. Аналогично проверим наличие тренда в оценках оставшихся экспертов. Основные вычисления проверки гипотезы для второго эксперта приведены в Таблице 4.

Таблица 4 – Проверка нулевой гипотезы для второго эксперта
Table 4 – Testing the null hypothesis for the second expert

Характеристики	Результаты
y_t	{0,83; 0,77; 0,83; 0,77; 0,77; 0,89; 0,83; 0,83; 0,89; 0,95}
y'_t	{0,77; 0,77; 0,77; 0,83; 0,83; 0,83; 0,83; 0,89; 0,89; 0,95}
Me	0,83
δ_i	{пропуск; –; пропуск; –; –; +; пропуск; пропуск; +; +}
$v(n)$	2
$\tau_{\max}(n)$	3
Условие проверки гипотезы	$\begin{cases} 3 < 6 \\ 2 > 2 \end{cases}$
Условный тренд	Тренд присутствует

Результаты проверки гипотезы для третьего эксперта представлены в Таблице 5.

Таблица 5 – Проверка нулевой гипотезы для третьего эксперта
Table 5 – Testing the null hypothesis for the third expert

Характеристики	Результаты
y_t	{0,65; 0,77; 0,83; 0,83; 0,83; 0,89; 0,83; 0,95; 0,95; 0,99}
y'_t	{0,65; 0,77; 0,83; 0,83; 0,83; 0,83; 0,89; 0,95; 0,95; 0,99}
Me	0,83
δ_i	{ –; –; пропуск; пропуск; пропуск; +; +; +; +}
$v(n)$	2
$\tau_{\max}(n)$	4
Условие проверки гипотезы	$\begin{cases} 4 < 6 \\ 2 > 2 \end{cases}$
Условный тренд	Тренд присутствует

Результаты проверки гипотезы для четвертого эксперта представлены в Таблице 6.

Таблица 6 – Проверка нулевой гипотезы для четвертого эксперта
Table 6 – Testing the null hypothesis for the fourth expert

Характеристики	Результаты
y_t	{0,77; 0,71; 0,77; 0,89; 0,89; 0,95; 0,89; 0,95; 0,95; 0,89}
y'_t	{0,71; 0,77; 0,77; 0,89; 0,89; 0,89; 0,89; 0,95; 0,95; 0,95;}
Me	0,89
δ_i	{ –; –; –; пропуск; пропуск;+; пропуск; +; +; пропуск}
$v(n)$	2
$\tau_{\max}(n)$	3
Условие проверки гипотезы	$\begin{cases} 3 < 6 \\ 2 > 2 \end{cases}$
Условный тренд	Тренд присутствует

Результаты проверки гипотезы для пятого эксперта представлены в Таблице 7.

Таблица 7 – Проверка нулевой гипотезы для пятого эксперта
Table 7 – Testing the null hypothesis for the fifth expert

Характеристики	Результаты
y_t	{0,89; 0,89; 0,83; 0,77; 0,95; 0,89; 0,99; 0,95; 0,89; 0,95}
y'_t	{0,77; 0,83; 0,89; 0,89; 0,89; 0,89; 0,95; 0,95; 0,95; 0,99}
Me	0,89
δ_i	{ пропуск; пропуск; –; –; +; пропуск; +; +; пропуск; +}
$v(n)$	2
$\tau_{\max}(n)$	4
Условие проверки гипотезы	$\begin{cases} 4 < 6 \\ 2 > 2 \end{cases}$
Условный тренд	Тренд присутствует

Результаты проверки гипотезы для шестого эксперта представлены в Таблице 8.

Таблица 8 – Проверка нулевой гипотезы для шестого эксперта
Table 8 – Testing the null hypothesis for the sixth expert

Характеристики	Результаты
y_t	{0,77; 0,71; 0,77; 0,89; 0,83; 0,83; 0,83; 0,89; 0,99; 0,95}
y'_t	{0,71; 0,77; 0,77; 0,83; 0,83; 0,83; 0,89; 0,89; 0,99; 0,95}
Me	0,83
δ_i	{ –; –; –; +; пропуск; пропуск; пропуск; +; +; +}
$v(n)$	2
$\tau_{\max}(n)$	4
Условие проверки гипотезы	$\begin{cases} 4 < 6 \\ 2 > 2 \end{cases}$
Условный тренд	Тренд присутствует

Таким образом, при проверке нулевой гипотезы мы убедились, что у всех экспертов наличие условного тренда подтверждается. Можно сделать вывод, что все эксперты, которые участвовали в анкетировании, предоставили достоверные объективные сведения о ТСО.

Для подтверждения валидности алгоритмов, приведенных в исследовании, мы предложили заполнить аналогичную анкету оценок желательности приборов случайным репрезентантам, незнакомым с характеристикой данных ТСО. В анкете ТСО уже располагались в порядке, который содержится в Таблице 3. Преобразование оценок по шкале желательности, а также алгоритм проверки нулевой гипотезы одного из репрезентантов представлен в Таблице 9.

Таблица 9 – Проверка гипотезы об отсутствии тренда для репрезентанта
Table 9 – Testing the hypothesis of the trend absence for a representative

Характеристики	Результаты
Y_t	{7; 5; 8; 5; 6; 9; 9; 6; 7; 8}
y_t	{0,83; 0,71; 0,89; 0,71; 0,77; 0,99; 0,99; 0,77; 0,83; 0,89}
y_t'	{0,71; 0,71; 0,77; 0,77; 0,83; 0,83; 0,89; 0,89; 0,99; 0,99}
Me	0,83
δ_i	{пропуск; –; +; –; –; +; +; –; пропуск; +}
$v(n)$	6
$\tau_{\max}(n)$	2
Условие проверки гипотезы	$\begin{cases} 2 < 6 \\ 6 > 2 \end{cases}$
Условный тренд	Тренд отсутствует

В результате вычислений мы убедились, что в оценках желательности репрезентанта условный тренд отсутствует. Следовательно достоверность методики проверки гипотезы об отсутствии тренда с помощью метода медианы подтверждается.

Заключение

Ясно, что мнения разных экспертов различаются. Важно понять, насколько велико это различие и каким методом определять это различие. Можно выделить два основных случая. В первом случае размерность пространства невелика ($n < N$). В этом случае при конкретных вычислениях возникают те же сложности, которые возникают при исследовании коротких временных рядов [8].

Во втором случае, если рассматривать пространства большой размерности, то возникают сложности с возможным применением стохастических оценок согласований мнений. Например, критерий χ^2 (критерий Пирсона). В этом случае построение регрессии несет определенную ошибку в последовательности уровней. При увеличении n по центральной предельной теореме распределение χ^2 стремится к нормальному распределению. И поэтому он может применяться как стохастический критерий только в том случае, когда фактор и отклик распределены по нормальному закону [9].

Например, рекомендуется проверять согласованность мнений экспертов с помощью коэффициента ранговой конкордации Кендалла-Смита. Известно, что данный метод невозможно применять при существовании двух или больше центров, вокруг которых формируются мнения экспертов [10].

В результате проведенного исследования мы убедились, что все эксперты объективно и достоверно предоставили свои оценки. Случайно опрошенный репрезентант показал результат действенности алгоритма, были выявлены случайные или умышленные существенные отклонения. С помощью метода медианы проверили наличие условного тренда во мнениях специалистов, а также построили в программе Excel линию тренда и уравнение регрессии. Провели расчеты среднего квадратичного отклонения мнений экспертов от линии тренда. На основании полученных данных можно сделать вывод, что выбранные нами эксперты действительно являются квалифицированными специалистами в области ТСО. Рассмотренные в работе алгоритмы имеют универсальный характер. Автоматизированная версия проверки нулевой гипотезы может использоваться в практике определения средней оценки, например, в спортивных соревнованиях.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Krivobokova S., Rodin V. Analysis of expert opinions to reduce the dimensionality of vector optimization in the problem of determining the optimum set of security devices. *3rd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency* (*SUMMA*). 2021:10–14. DOI: 10.1109/SUMMA53307.2021.
2. Кривобокова С.Е., Родин В.А. Алгоритм и программа для графического выделения множества Парето в точечном массиве. *Прикладная математика & Физика*. 2021:125–131.
3. Кривобокова С.Е., Родин В.А. Оптимальная комплектация объекта специальными средствами охраны на основе обобщенного показателя Харринктона. *Вестник Воронежского института МВД России*. 2021:154–164.
4. Любушин Н.П., Брикач Г.Е. Использование обобщенной функции желательности Харринктона в многопараметрических экономических задачах. *Методы анализа*. 2014:1–9.
5. Меньших В.В. *Правовая статистика: методы и модели*. Воронежский институт МВД России; 2018. 302 с.
6. Малыхин В.И., Родин В.А. *Теория принятия решений*. Воронеж: Издательский дом ВГУ; 2015. 322 с.
7. Петровский А.Б. *Теория принятия решений*. Москва: Издательский центр «Академия»; 2009. 400 с.
8. Котенко А.П. *Эконометрика. Временные ряды*. Самара: Издательство Самарского университета; 2016. 20 с.
9. Харченко М.А. *Корреляционный анализ*. Воронеж: Издательско-полиграфический центр ВГУ; 2008. 124 с.
10. Орлов А.И. *Организационно-экономическое моделирование*: *теория принятия решений*. Москва: КНОРУС; 2010. 568 с.

REFERENCES

1. Krivobokova S., Rodin V. Analysis of expert opinions to reduce the dimensionality of vector optimization in the problem of determining the optimum set of security devices. *3rd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency* (*SUMMA*). 2021:10–14. DOI: 10.1109/SUMMA53307.2021.
2. Krivobokova S.E., Rodin V.A. Algorithm and program for the graphical selection of the Pareto set in a dotted array. *Prikladnaya matematika & Fizika = Applied Mathematics & Physics*. 2021:125–131. DOI:10.52575/2687-0959-2021-53-2-125-131. (In Russ.)
3. Krivobokova S.E., Rodin V.A. Optimal equipment of the object with special security equipment based on the generalized Harrinkton indicator. *Vestnik Voronezhskogo instituta MVD Rossii = Bulletin of the Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia*. 2021:154–164. (In Russ.)
4. Lyubushin N.P., Brikach G.E. Use of the generalized Harrinkton desirability function in multiparameter economic problems. *Metody analiza = Analysis methods*. 2014:1–9. (In Russ.)
5. Men'shikh V.V. *Legal statistics: methods and models.* Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia; 2018. 302 p. (In Russ.)

6. Malykhin V.I., Rodin V.A. *Decision making theory*. Voronezh: Voronezh State University Publishing House; 2015. 322 p. (In Russ.)
7. Petrovsky A.B. *Decision making theory.* Moscow: Publishing Center "Academy"; 2009. 400 p. (In Russ.)
8. Kotenko A.P. *Econometrics. Time series.* Samara: Samara University Publishing House; 2016. 20 p. (In Russ.)
9. Kharchenko M.A. *Correlation analysis.* Voronezh: Voronezh State University Publishing and Printing Center; 2008. 124 p. (In Russ.)
10. Orlov A.I. *Organizational and economic modeling: decision theory.* Moscow: KNORUS; 2010. 568 p. (In Russ.)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT AUTHORS

Гречаный Сергей Анатольевич,
кандидат технических наук,
Воронежского института МВД России
Воронеж, Российская Федерация

Grechanyi Sergei Anatolevich, candidate of technical sciences
Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation, Voronezh, Russian Federation

Кривобокова Светлана Евгеньевна
адъюнкт Воронежского института МВД России
Воронеж, Российская Федерация
e-mail: *svetlanafedyaeva20@gmail.com*

Krivobokova Svetlana Evgenevna
Adjunct of Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation,
Voronezh, Russian Federation

Статья поступила в редакцию 23.12.2021; одобрена после рецензирования 22.01.2022; принята к публикации 11.03.2022.

The article was submitted 23.12.2021; approved after reviewing 22.01.2022; accepted for publication 11.03.2022.