

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ
INFORMATION TECHNOLOGY AND TELECOMMUNICATIONS

УДК 004.942

DOI: 10.21822/2073-6185-2023-50-3-83-91



Оригинальная статья /Original article

**Экспресс – метод формирования представительной экспертной коалиции
на основе расширенной корреляционной матрицы**

Р. А. Жилин

Воронежский институт МВД России,
394065, г. Воронеж, пр. Патриотов, 53, Россия

Резюме. Цель. Целью исследования является разработка эффективного экспресс-метода по формированию представительной экспертной коалиции на основе анализа корреляционных связей между мнениями экспертов. **Метод.** Предлагается использовать расширенную корреляционную матрицу, которая учитывает не только силу корреляционной связи между выставленными оценками экспертов, но и среднее значение оценок по всему множеству высококвалифицированных специалистов. Данная матрица позволит учесть разнообразие мнений и предпочтений высококвалифицированных специалистов, а также обеспечит высокую степень представительности в принятии коллективных решений. **Результат.** Верификация полученных результатов осуществлена на примере опросов сотрудников полиции в отношении нарушителей систем безопасности. Значительный объем различных вычислений определяет реализацию разработанного численного метода с использованием ЭВМ. Данный экспресс – метод является полезным инструментом для быстрого и эффективного формирования представительных экспертных коалиций и принятия решений на основе мнений большого числа высококвалифицированных специалистов. **Вывод.** Предложенный метод может быть применим в различных научно-технических областях, таких как экспертные системы, многокритериальное принятие решений, оценка рисков и других ситуациях, где требуется объединение мнений большого числа экспертов.

Ключевые слова: представительная экспертная коалиция, экспресс-метод, группа экспертов, расширенная корреляционная матрица, компьютерная программа, высококвалифицированный специалист.

Для цитирования: Р.А. Жилин. Экспресс – метод формирования представительной экспертной коалиции на основе расширенной корреляционной матрицы. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2023; 50(3):83-91. DOI:10.21822/2073-6185-2023-50-3-83-91

Express - a method of forming a representative expert coalition based on an extended correlation matrix

R. A. Zhilin

Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia,
53 Patriotov St., Voronezh 394065, Russia

Abstract. Objective. The aim of the study is to develop an effective express method for the formation of a representative expert coalition based on the analysis of correlations between expert opinions. **Method.** It is proposed to use an extended correlation matrix, which takes into account not only the strength of the correlation between the experts' ratings, but also the average value of the ratings for the entire set of highly qualified specialists. This matrix will take into account the diversity of opinions and preferences of highly qualified specialists, as well as provide a high degree of representativeness in making collective decisions. **Result.** Verification of the obtained results was carried out on the example of polls of police officers in relation to violators of security systems. A significant number of various calculations determines the implementation

of the developed numerical method using a computer. This express method is a useful tool for the rapid and efficient formation of representative expert coalitions and decision-making based on the opinions of a large number of highly qualified specialists. **Conclusion.** The proposed method can be applied in various scientific and technical fields, such as expert systems, multi-criteria decision making, risk assessment, and other situations where it is necessary to combine the opinions of a large number of experts.

Keywords: representative expert coalition, express method, group of experts, extended correlation matrix, computer program, highly qualified specialist.

For citation: R.A. Zhilin. Express is a method of forming a representative expert coalition based on an extended correlation matrix. Herald of the Daghestan State Technical University. Technical Science. 2023; 50 (3): 83-91. DOI: 10.21822 /2073-6185-2023-50-3-83-91

Введение. Экспертные группы являются важным инструментом в решении сложных вопросов и проблем, требующих специализированных знаний и опыта [1-3].

Однако, существуют ситуации, когда многочисленная экспертная группа может столкнуться с рядом проблем, таких, например, как разногласия в мнениях и затруднения в принятии решений. В таких случаях актуальным может быть формирование представительной экспертной коалиции, состоящей из отдельных представителей или небольших групп, которые могут эффективно представлять интересы многочисленной экспертной группы [4 - 6].

В работе под представительной экспертной коалицией будем понимать малочисленную группу экспертов с высокой степенью согласованности, объединенную для решения определенной задачи, такой как принятие решений и т.д.

Одной из основных причин актуальности формирования представительной экспертной группы является упрощение процесса принятия решений.

В многочисленных экспертных группах мнения могут расходиться, что затрудняет принятие единого решения [7- 9]. Формирование представительной группы позволит сократить количество участников и сосредоточиться на наиболее значимых мнениях и точках зрения. Это способствует более быстрому и эффективному принятию решений, основанных на выработке консенсуса между представителями экспертной группы.

Однако, следует отметить, что сформированность представительной позиции может иметь свои ограничения и вызвать определенные сложности.

Например, процесс выбора представителей из многочисленной группы может быть сложным и спорным, а также возможны проблемы с объективностью и непредвзятостью ее представителей [10 - 12].

Постановка задачи. Целью данной работы является разработка эффективного экспресс-метода по формированию представительной экспертной коалиции на основе анализа корреляционных связей между мнениями экспертов.

Предлагается использовать расширенную корреляционную матрицу, которая учитывает не только силу корреляционной связи между выставленными оценками экспертов, но и среднее значение оценок по всему множеству высококвалифицированных специалистов. Данный метод позволит учесть разнообразие мнений и предпочтений высококвалифицированных специалистов, а также обеспечит высокую степень представительности в принятии коллективных решений.

Методы исследования. Основная идея численного метода заключается в учете не только силы корреляционной связи между мнениями экспертов, но и среднего значения оценок по всем экспертам. Это позволяет более точно и быстро определить представительность экспертов, учитывая их отклонения от общего среднего мнения.

Разработанный численный метод может быть полезным инструментом для быстрого и эффективного формирования представительных экспертных коалиций и принятия решений на основе мнений большого числа высококвалифицированных специалистов.

Экспресс-метод формирования представительной экспертной коалиции на основе

расширенной корреляционной матрицы состоит из нескольких этапов.

1. Сначала производится сбор мнений экспертов. Собираются данные от экспертов, включающие их оценки и предпочтения по заданной проблеме. Оценки могут быть числовыми или категориальными, в зависимости от характера проблемы [13, 14, 15].

По результатам опроса формируется матрица X размером $M \times N$:

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} & \dots & x_{1N} \\ x_{21} & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & x_{ij} & \dots \\ x_{M1} & \dots & \dots & \dots & x_{MN} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где:

N – общее количество высококвалифицированных специалистов;

M – общее количество критериев оценивания;

x_{ij} – оценка j -ым высококвалифицированным специалистом i -того критерия оценивания.

2. После чего формируется исходная корреляционная матрица. Для этого могут использоваться различные методы, такие как коэффициент корреляции Пирсона или Спирмена:

$$\bar{r}_j = \frac{n \sum yx - \sum x \sum y}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}}. \quad (2)$$

3. Затем корреляционная матрица расширяется путем добавления среднего значения оценок экспертов по всему множеству высококвалифицированных специалистов. Это позволяет учесть общее мнение экспертов и его влияние на корреляционные связи.

Составляется вектор-столбец средних значений оценок экспертов по всему множеству высококвалифицированных специалистов:

$$\bar{X} = \begin{pmatrix} \bar{x}_1 \\ \bar{x}_2 \\ \dots \\ \bar{x}_M \end{pmatrix}, \quad (3)$$

$$\bar{x}_i = \frac{\sum_{j=1}^N x_{ij}}{N}; \quad (4)$$

4. Далее производится анализ расширенной корреляционной матрицы с использованием различных алгоритмов или статистических методов для выделения группы экспертов с высокой силой корреляционной связи. Это могут быть, например, методы кластерного анализа, факторного анализа или другие подходы, в зависимости от специфики исследования [16 - 18].

На основе матрицы X построим корреляционную матрицу R размером $(N+1) \times N$, анализ которой позволит исключить из рассмотрения экспертов, не являющихся согласованными

$$R = \begin{pmatrix} 1 & r_{12} & \dots & r_{1N} \\ \dots & 1 & \dots & \dots \\ r_{N1} & r_{N2} & 1 & r_{NN} \\ \frac{\bar{r}_1}{r_1} & \frac{\bar{r}_2}{r_2} & \dots & 1 \end{pmatrix}. \quad (5)$$

5. На последнем этапе формируется представительная экспертная коалиция, включающая экспертов с наиболее высокой силой корреляционной связи и/или близостью к среднему значению оценок по всем экспертам. Таким образом, формируется компактная и представительная группа экспертов, способная эффективно вырабатывать решения на основе анализа корреляционных связей между их мнениями.

Ранжируем значения последней строки расширенной корреляционной матрицы и сформируем вектор-строку (r_j). Для формирования представительной экспертной коалиции необходимо исключить несогласованных высококвалифицированных специалистов, которые не удовлетворяют условию $\bar{r}_i > 0,7$ матрицы R ($0,7$ – пороговое значение $\bar{r}_i$ для решения задачи по формированию представительной экспертной коалиции).

Процедура оценки представительности сформированной экспертной коалиции может быть выполнена путем сравнения полученного результата с идеальным составом коалиции. Предложенный метод имеет ряд преимуществ, таких как быстрота и эффективность в формировании представительной экспертной коалиции из большого множества мнений экспертов. Он также учитывает как силу корреляционной связи между мнениями экспертов, так и их близость к среднему значению множества оценок. Может быть использован в различных областях, где требуется объединение мнений высококвалифицированных специалистов для принятия окончательного решения.

Обсуждение результатов. Отличительные особенности разработанного численного метода:

1. Предложенный метод является быстрым и эффективным способом формирования представительной экспертной коалиции, что позволяет сэкономить время и ресурсы при принятии коллективных решений.
2. Разработанный метод учитывает важность экспертов на основе анализа их связей и взаимодействий в расширенной корреляционной матрице. Это позволяет выделить более представительных экспертов и включить их в экспертную коалицию, что способствует более компетентному принятию коллективных решений.
3. Представительность группы экспертов обеспечивает более широкое понимание исследуемой проблемы, а распределение представительных мест в коалиции способствует легитимности и приемлемости принимаемых решений.
4. Данный метод позволяет минимизировать потерю информации при формировании представительной экспертной коалиции.
5. Использование расширенной корреляционной матрицы, которая включает среднее значение оценок всех высококвалифицированных специалистов, позволит учесть общее мнение множества экспертов, что повысит качество и достоверность принятых решений.
6. Метод может быть применим в различных научно-технических областях, таких как экспертные системы, многокритериальное принятие решений, оценка рисков и других ситуациях, где требуется объединение мнений большого числа экспертов.
7. Следует отметить, что разработанный численный метод имеет и некоторые ограничения. Например, качество и точность результатов зависят от качества исходных данных, собранных от экспертов, и выбранных методов анализа и оценки.
8. Определение порогового значения компетентности экспертов может быть субъективным, что требует обоснования.

Верификация данных. Для подтверждения эффективности и точности предложенного численного метода были проведены вычислительные эксперименты на реальных данных с использованием анализа корреляционных связей между мнениями экспертов. Верификация полученных результатов осуществлена на примере опросов сотрудников полиции в отношении нарушителей систем безопасности [19 - 21].

Значительный объем различных вычислений определяет реализацию разработанного численного метода с использованием ЭВМ.

С этой целью была разработана компьютерная программа по формированию представительной экспертной коалиции на основе расширенной корреляционной матрицы. Основой для разработки компьютерной программы является подход к формированию представительной экспертной коалиции на основе расширенной корреляционной матрицы, реализованный на языке программирования Delphi. Рассмотрим порядок работы с

компьютерной программой по формированию представительной экспертной коалиции на основе расширенной корреляционной матрицы.

После активации запускного ярлыка с названием компьютерной программы появится приветственное окно (рис. 1).



Рис. 1. Приветственное окно компьютерной программы по формированию представительной экспертной коалиции на основе расширенной корреляционной матрицы

Fig. 1. Welcome window of the computer program for the formation of a representative expert coalition based on the extended correlation matrix

После запуска компьютерной программы по формированию представительной экспертной коалиции на основе расширенной корреляционной матрицы ее пользователь указывает количество оцениваемых критериев и количество участников экспертной группы.

Также в данной компьютерной программе существует возможность загрузки входных данных из внешнего файла нажатием кнопки «Вставить данные опроса экспертов из файла». Интерфейс ввода данных компьютерной программы (рис. 2).

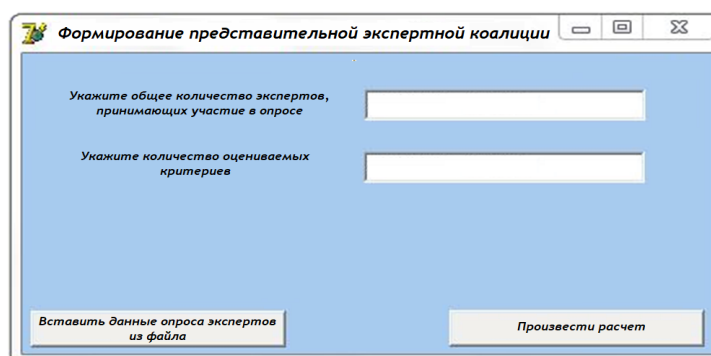


Рис. 2. Интерфейс ввода данных компьютерной программы по формированию представительной экспертной коалиции на основе расширенной корреляционной матрицы

Fig. 2. Data input interface of a computer program for the formation of a representative expert coalition based on an extended correlation matrix

Как только все необходимые для проведения вычислительного эксперимента данные указаны, ее пользователю необходимо нажать кнопку «Произвести расчет». Данная функция становится активна только после заполнения вычислительных параметров.

Далее компьютерная программа формирует представительную высокосогласованную экспертную группу с максимальным количеством высококвалифицированных специалистов и выводит полученные результаты на экран.

Разработанный программный продукт позволяет:

- 1) Быстро и эффективно сформировать представительную экспертную коалицию с наибольшим количеством экспертов и максимальным значением коэффициента корреляции;
- 2) Рассчитать количество специалистов, входящих в состав представительной коалиции;

- 3) Уточнить номера высококвалифицированных специалистов, входящих в состав представительной коалиции с наибольшим уровнем согласованности;
- 4) Рассчитать среднее значение коэффициента корреляции в представительной коалиции с наибольшим уровнем согласованности.

Вычислительный эксперимент на примере малочисленной экспертной группы из двадцати высококвалифицированных специалистов (табл. 1).

Таблица 1. Данные о сформированных представительных коалициях экспертов на примере малочисленной экспертной группы из двадцати высококвалифицированных специалистов

Table 1. Data on the formed representative coalitions of experts on the example of a small expert group of twenty highly qualified specialists

Опрос сотрудников полиции в отношении нарушителей систем безопасности/Survey of police officers regarding violators of security systems	Н а р у ш и т е л ь систем безопасности с террористическими целями/violator of security systems with terrorist purposes	Нарушитель систем безопасности общекриминальной направленности/ general criminal security system violator	Нарушитель систем безопасности в сфере критической информационной инфраструктуры/ violator of security systems in the field of critical information infrastructure
Тип коалиции/ Coalition type	Представительная/ Representative		
Общее количество экспертов, принимавших участие в оценке признаков нарушителей систем безопасности/ Total number of experts who took part in assessing the signs of security system violators	20	20	20
Значение коэффициента конкордации Кендалла для экспертной группы из 20 специалистов/ The value of the Kendall concordance coefficient for an expert group of 20 specialists	0,212	0,234	0,394
Количество этапов расчета до формирования представительной коалиции/ Number of calculation stages before the formation of a representative coalition	3	3	3
Количество специалистов, входящих в состав представительной коалиции/ Number of specialists included in the representative coalition	3	7	9
Среднее значение коэффициента корреляции ($\bar{r}_j$) в сформированной представительной коалиции/ The average value of the correlation coefficient ($\bar{r}_j$) in formed representative coalition	0,842	0,847	0,844
Значение коэффициента конкордации Кендалла для представительной коалиции/ The value of the Kendall concordance coefficient for a representative coalition	0,768	0,718	0,736

Вычислительный эксперимент на примере многочисленной экспертной группы из семидесяти двух высококвалифицированных специалистов (табл. 2).

Результаты вычислительных экспериментов подтвердили эффективность и применимость разработанного численного метода, особенно в случаях, когда требуется быстрое формирование представительной экспертной коалиции.

Вывод. Использование методов корреляционного анализа в задачах теории принятия решений позволяет оценить согласованность мнений экспертов, что влияет на достоверность решений, основанных на экспертных опросах.

Таблица 2. Данные о сформированных представительных коалициях экспертов на примере многочисленной экспертной группы из семидесяти двух высококвалифицированных специалистов

Table 2. Data on the formed representative coalitions of experts on the example of a large expert group of seventy-two highly qualified specialists

Опрос сотрудников полиции в отношении нарушителей систем безопасности/Survey of police officers regarding violators of security systems	нарушитель систем безопасности с террористическими целями/violator of security systems with terrorist purposes	нарушитель систем безопасности обобщенной направленности/general criminal security system violator	нарушитель систем безопасности в сфере критической информационной инфраструктуры/violator of security systems in the field of critical information infrastructure
Тип коалиции/ Coalition type	Представительная/ representative		
Общее количество экспертов, принимавших участие в оценке признаков нарушителей систем безопасности/ Total number of experts who took part in assessing the signs of security system violators	72	72	72
Значение коэффициента конкордации Кендалла для экспертной группы из 72 специалистов/ The value of the Kendall concordance coefficient for an expert group of 72 specialists	0,120	0,220	0,310
Количество этапов расчета до формирования представительной коалиции/ Number of calculation stages before the formation of a representative coalition	3	3	3
Количество специалистов, входящих в состав представительной коалиции/ Number of specialists included in the representative coalition	6	11	26
Среднее значение коэффициента корреляции ($\bar{r}_j$) в сформированной представительной коалиции/ The average value of the correlation coefficient () in formed representative coalition	0,734	0,753	0,718
Значение коэффициента конкордации Кендалла для представительной коалиции/ The value of the Kendall concordance coefficient for a representative coalition	0,716	0,738	0,726

Расширенная корреляционная матрица, которая содержит коэффициенты корреляции между всеми парами переменных, измеренных в количественной шкале, используется для анализа связей между оценками экспертов. Коэффициент корреляции может использоваться в качестве меры значимости каждого эксперта, отражая его компетентность. В ходе проведения вычислительных экспериментов были получены расширенные корреляционные матрицы для трех видов нарушителей систем безопасности. Предложенный метод может быть применен в различных научно-технических областях, где требуется формирование представительной экспертной коалиции для решения сложно структурированных проблем.

Однако, он также имеет ограничения, связанные с качеством данных и субъективностью определения пороговых значений. Дальнейшие исследования помогут дополнить разработанную методику формирования представительной коалиции и расширить ее применение в различных областях научно-технической деятельности.

Библиографический список:

1. Загорская, А. В. Применение методов экспертной оценки в научном исследовании. Необходимое количество экспертов. / А. В. Загорская, А. А. Лапидус // Строительное производство. – 2020 – №3 – С. 21-34.
2. Duda, R. O. Expert systems Research / R. O. Duda. – N. Y. : Science – 1983. – 261 p.
3. Haocheng, T. A brief history and technical review of the expert system research / T. Haocheng // IOP Conf. Series : Materials Science and Engineering. – 2017. – № 242. 012111.
4. Рупосов, В.Л. Методы определения количества экспертов / В. Л. Рупосов // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2015. – № 3(98). – С. 286-292.
5. Oravec, J. A. Expert systems and knowledge-based engineering (1984-1991): implications for instructional systems research / J. A. Oravec // International Journal of Designs for learning. – 2014. – № 5. – Т. 2. – С. 66-75.
6. Avolio, G. Applications of advanced data analysis and expert system technologies in the atlas trigger – daq controls framework / G. Avolio, A.C. Radu, A. Kazarov, G. Lehmann Miotto, L. Magnoni // Journal of Physics : Conference Series. – 2012. – Т. 396 (1). – P.
7. Постников, В.М. Анализ подходов к формированию состава экспертной группы, ориентированной на подготовку и принятие решений / В. М. Постников // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2012. – № 5. – С. 23.
8. Moore, R. L. Expert systems in Real-Time Applications Experience and Opportunities, Expert systems Applications in Advanced Control / R. L. Moore. // Proceeding the Seventeenth Annual Advanced Control Conference – West Japan, 1999. – P. 555-558.
9. Старцев, А.В. Модели согласования экспертных оценок в процедурах группового выбора : дис.....канд. техн. наук: 05.13.01 / А.В. Старцев. – Воронеж, 2004.- 122 с.
10. Angeli, C. Diagnostic Expert Systems: From Expert's Knowledge to Real-Time Systems / C. Angeli // Advanced Knowledge Based Systems : Model, Applications & Research. – 2010. – № 1. – P. 50-73.
11. Mingers, J. Expert systems experiments with rule induction /J. Mingers // Journal of the Operational Research Society. – 1987. – Vol. 38. – P. 39-47.
12. Bramer, M. A. A Survey and Critical Review of Expert Systems (Michie D., ed) / M. A. Bramer. – London, New York : Gordon and Breach, 1982.
13. Мельников, А.В. Метод формирования коалиций экспертов в рамках решения задачи экспертизы альтернатив со слабоформализуемыми критериями / Мельников А.В., Щербакова И.В., Жилин Р.А. // Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики // Сборник трудов Международной научной конференции. ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет». 2020. С. 968-975.
14. Akhlyustin, S. B. Prediction of the integrated indicator of quality of a new object under the conditions of multicollinearity of reference data / S. B. Akhlyustin, A. V. Melnikov, R. A. Zhilin. *Bulletin of the South Ural State University. Series : Mathematical Modelling, Programming and Computer Software*. – 2020. – Т. 13. – № 4. – P. 66-80.
15. Melnikov, A. V. Method of forming expert coalitions in the context of solving the expertise problem of alternatives with weakly formalized criteria / A. V. Melnikov, I. V. Shcherbakova, R. A. Zhilin // J. Phys. : Conf. Ser. 2020 1479012071.
16. Конобеевских, В.В. Статистические методы экспертных систем оценки качества радиотехнических приборов уголовно-исполнительной системы [Текст]: дис.....канд. техн. наук: 05.13.18: защищена 22.09.2006 / Конобеевских Владимир Валерьевич. – Воронеж, 2006. – 182 с.
17. Навоев, В.В. Экспертно-статистический метод оценки характеристик информационно-измерительных систем [Текст]: дис.....канд. техн. наук: 05.13.18: защищена 23.12.2003 / Навоев Виктор Владимирович. – Воронеж, 2003. – 164 с.
18. Кирюхин, С. М. Экспертные методы при оценке качества тканей / С. М. Кирюхин, С. В. Плеханова // Дизайн и технологии. – 2019. – № 71(113). – С. 63-70.
19. Жилин, Р.А. К вопросу о классификации нарушителей безопасности охраняемых объектов / Р.А. Жилин, И.В. Щербакова // Охрана, безопасность, связь, 2019. – № 4-2 (4). – С. 115-120.
20. Жилин, Р.А. Особенности использования программы для формирования высокосогласованных групп экспертов на основе численного метода предварительной экспертизы / Р. А. Жилин. // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2022. – № 1. – С. 40–45.
21. Жилин, Р.А. Численный метод оценки необходимости использования альтернативных коалиций при анализе интегральных показателей опасности нарушителей в сфере физической защиты объектов /

Р. А. Жилин, А. В. Мельников, И. В. Щербакowa. // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2020. – № 3 – С. 45–52.

References

1. Zagorskaya A. V., Lapidus A. A. Application of peer review methods in scientific research. Required number of experts. Construction production, (2020); (3): 21-34. (In Russ)
2. Duda R.O. Expert Systems Research. Science, (1983); (220(4594)): 261-8.
3. Haocheng. T. A brief history and technical review of the expert system research. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2017; 242: 012111.
4. Ruposov VL Methods for determining the number of experts. iPolytech Journal, 2015; 3 (98): 286-292. (In Russ)
5. Oravec J. A. Expert Systems and Knowledge-based Engineering (1984-1991). International Journal of Designs for Learning, 2014; 7.
6. Avolio G., Radu A., Kazarov A., Miotto G., Magnoni L. Applications of advanced data analysis and expert system technologies in the ATLAS Trigger-DAQ Controls framework. Journal of Physics Conference Series, (2012); (396): 2003.10.1088/1742-6596/396/1/012003.
7. Postnikov V. M. Analysis of approaches to the formation of the composition of an expert group focused on preparation and decision making. Mechanical engineering and computer technologies, 2012;05: 23. (In Russ)
8. Moore R.L. Expert Systems in Process Control: Applications Experience. In: Sriram, D., Adey, R. (eds) Applications of Artificial Intelligence in Engineering Problems. Springer, Berlin, Heidelberg. 1986.
9. A.V. Startsev, Models for the coordination of expert assessments in group selection procedures: dis cand. tech. Sciences: 05.13.01. Voronezh; 2004.
10. Angeli, C. Diagnostic Expert Systems: From Expert's Knowledge to Real-Time Systems. Advanced Knowledge Based Systems: Model, Applications & Research, 2010; 1.
11. Mingers J. Expert Systems—Experiments with Rule Induction [Internet]. Journal of the Operational Research Society 1987; 38 :39-47.
12. Bramer M. A. A Survey and Critical Review of Expert Systems. London, New York: Gordon and Breach; 1982.
13. Melnikov A.V., Shcherbakova I.V., Zhilin R.A. The method of forming coalitions of experts within the framework of solving the problem of examining alternatives with weakly formalizable criteria. Actual problems of applied mathematics, informatics and mechanics. Proceedings of the International Scientific Conference. 2020;968–75.
14. Akhlyustin S.B., Melnikov A.V., & Zhilin R.A. Prediction of the integrated indicator of quality of a new object under the conditions of multicollinearity of reference data. Bulletin of the South Ural State University. Series: Mathematical modeling and programming. 2020; 13(4):66-80.
15. Melnikov A. V., Shcherbakova I. V., Zhilin R. A. Method of forming expert coalitions in the context of solving the expertise problem of alternatives with weakly formalized criteria. J. Phys.: Conf. Ser. 2020 1479012071.
16. Konobeevsky, V.V. Statistical methods of expert systems for assessing the quality of radio engineering devices of the penitentiary system: dis cand. tech. Sciences: 05.13.18. Voronezh, 2006. (In Russ)
17. Navoev V.V. Expert-statistical method for assessing the characteristics of information-measuring systems: thesis.....cand. tech. Sciences: 05.13.18. Voronezh, 2003. (In Russ)
18. Kiryukhin S. M., Plekhanova S. V. Expert methods in assessing the quality of fabrics. Design and Technology.2019;(71(113): 63-70. (In Russ)
19. Zhilin R.A., Shcherbakova I.V. To the question of the classification of violators of the security of protected objects. Security, safety, communications, 2019;(4-2(4): 115-120. (In Russ)
20. Zhilin R.A. Features of using the program for the formation of highly coordinated groups of experts based on the numerical method of preliminary examination. *Bulletin of the Voronezh Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia*, 2022; 1: 40–45. (In Russ)
21. Zhilin R.A., Melnikov A.V., Shcherbakova I.V. Numerical method for assessing the need to use alternative coalitions in the analysis of integral indicators of the danger of violators in the field of physical protection. *Bulletin of the Voronezh Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia*, 2020; 3: 45–52. (In Russ)

Сведения об авторе:

Жилин Роман Андреевич, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Тактико-специальная подготовка»; zhilin99.zhilin@yandex.ru.

Information about author:

Roman A. Zhilin, Cand. Sci. (Eng.), Senior lecturer; zhilin99.zhilin@yandex.ru.

Конфликт интересов/Conflict of interest.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов/The author declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию/Received 06.06.2023.

Одобрена после рецензирования/ Revised 30.06.2023.

Принята в печать/Accepted for publication 30.06.2023.