

УДК 004.942

DOI: [10.26102/2310-6018/2020.31.4.015](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2020.31.4.015)

## **Численный метод кластеризации однородных альтернатив, характеризующих качество антитеррористической защищенности объектов органов внутренних дел, на основе суммы различий взвешенных признаков**

**Р.А. Жилин, А.В. Мельников, Г.В. Перминов**  
*Воронежский институт МВД России,  
Воронеж, Российская федерация*

**Резюме:** В статье рассматривается разработка численного метода кластеризации однородных альтернатив на основе суммы различий взвешенных признаков, методологической основой для которого является кластерно-иерархический подход, а также результаты верификации предложенного численного метода на примере исследования антитеррористической защищенности объектов органов внутренних дел. В рамках формирования однородных групп объектов рассмотрена ограниченная группа объектов, которые по своим отличительным признакам практически не различимы друг от друга (именно их можно и нужно сравнивать между собой). Их дальнейшая кластеризация позволит определить список требований к такого рода объектам, для более детального изучения их свойств. Данный метод способствует рациональному планированию бюджета: так например, для ведомственных организаций в условиях недостаточного целевого финансирования денежные средства предоставляются на конкретный вид деятельности (например, на усиление мер по антитеррористической защищенности) и, как правило, их объем значительно ограничен, по сравнению с требованиями для решения целого спектра задач. Большое количество идентичных объектов охраны не предполагает распределения достаточных бюджетных средств по всем объектам ввиду ограниченности целевого финансирования, именно поэтому существует необходимость акцентирования бюджетных средств именно на те охраняемые объекты, которым целевое финансирование необходимо в первую очередь, исходя из оценки их уровня антитеррористической защищенности.

**Ключевые слова:** метод анализа иерархий, кластерный анализ, объекты охраны, признаки, антитеррористическая защищенность, однородные альтернативы.

**Для цитирования:** Жилин Р.А., Мельников А.В., Перминов Г.В. Численный метод кластеризации однородных альтернатив, характеризующих качество антитеррористической защищенности объектов органов внутренних дел, на основе суммы различий взвешенных признаков. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2020;8(4). Доступно по: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=861> DOI: 10.26102/2310-6018/2020.31.4.015

## **Numerical method for clustering homogeneous alternatives that characterize the quality of anti-terrorist security of objects of internal affairs bodies, based on the sum of differences of weighted features**

**R.A. Zhilin, A.V. Melnikov, G.V. Perminov**  
*Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia,  
Voronezh, Russian Federation*

**Abstract:** The article considers the development of a numerical method for clustering homogeneous alternatives based on the sum of differences in weighted attributes, the methodological basis for which

is a cluster-hierarchical approach, as well as the results of verification of the proposed numerical method on the example of the study of anti-terrorist security of objects of internal Affairs bodies. As part of the formation of homogeneous groups of objects, we consider a limited group of objects that are practically indistinguishable from each other by their distinctive features (they can and should be compared with each other). Their further clustering will allow you to determine the list of requirements for such objects, for a more detailed study of their properties. This method contributes to rational budget planning: for example, for departmental organizations in conditions of insufficient targeted funding, funds are provided for a specific type of activity (for example, to strengthen anti-terrorist security measures) and, as a rule, their volume is significantly limited, compared to the requirements for solving a whole range of tasks. A large number of identical objects of protection does not imply the distribution of sufficient budget funds for all objects due to the limited targeted funding, which is why there is a need to focus budget funds on those protected objects that need targeted funding in the first place, based on the assessment of their level of anti-terrorist protection.

**Keywords:** method of analysis of hierarchies, cluster analysis, objects of protection, signs, anti-terrorist security, homogeneous alternatives.

**For citation:** Zhilin R.A., Melnikov A.V., Perminov G.V. Numerical method for clustering homogeneous alternatives that characterize the quality of anti-terrorist security of objects of internal affairs bodies, based on the sum of differences of weighted features. *Modeling, optimization and information technology*. 2020;8(3). Available from: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=861> DOI: 10.26102/2310-6018/2020.31.4.015(In Russ).

## Введение

Тесная взаимосвязь терминов «однородность» и «кластеризация» является бесспорной и очевидной даже на интуитивном уровне [1]. Если обе дефиниции этих понятий объединить в одну, то кластеризацию можно охарактеризовать как разделение множества объектов на однородные группы, называемые кластерами. Тогда под однородностью имеется в виду присутствие у объекта одной группы тождественных признаков или свойств, которые указывают на сходство данных объектов и являются основанием для отнесения этих объектов к одной группе.

Понятие однородности является краеугольным для многих областей математики, в частности для прикладной статистики, так как статистические данные обрабатываются только в однородных группах. Условие однородности множества объектов не сводится только к определению наблюдаемого объекта, так как любое реальное множество объектов представляет собой систему дифференцированных элементов, в связи с чем проблема разделения исходного множества изучаемых объектов на однородные группы является первостепенной при анализе систем любой отрасли науки [1].

В практической деятельности постоянно приходится сталкиваться с ситуацией, когда необходимо оценить ряд объектов, которые по своим характеристикам почти не отличаются друг от друга, кроме того, при оценке этой совокупности объектов экспертами, в ней действительно могут состоять объекты, уровень качества которых одинаков, и такие объекты называют однородными [2].

Как правило, метод кластеризации предполагает использование как качественных, так и количественных признаков в описании исходного множества объектов. Считается нерациональным различать методы выделения количественно и качественно однородных групп.

В рамках формирования однородных групп объектов рассмотрим ограниченную группу объектов, которые по своим отличительным признакам практически не различимы друг от друга (именно их можно и нужно сравнивать между собой). Их дальнейшая кластеризация позволит определить список требований к такого рода объектам, для более детального изучения их свойств.

## Постановка задачи

Разработка численного метода кластеризации однородных альтернатив на основе суммы различных взвешенных признаков, методологической основой для которого является кластерно-иерархический подход.

Идея объединения кластеризации и других математических методов, в частности метода анализа иерархий рассмотрена в работах А.В. Мельникова [3], П.В. Орехова [4], А.Н. Мироненко [5] и Д.Ю. Калкова [6].

В работе [7] в сфере систем безопасности и в частности в работе [8], была представлена методика по получению вектора приоритетов критериев и дальнейшее получение значений интегральных показателей качества для различных альтернатив.

В свою очередь в качестве предметной области выделим оценку эффективности антитеррористической защищенности объектов органов внутренних дел (ОВД) и соответствующие ей ключевые признаки.

*Признаки категории инженерные средства:* инженерные средства и сооружения для ограждения периметра, зон и отдельных участков территории ( $x_1$ ); противотаранные устройства (заграждения), инженерные заграждения и устройства ограничения скорости движения автотранспорта ( $x_2$ ); контрольно-пропускные пункты, наблюдательные вышки, наблюдательные будки, постовые грибки, помещения для размещения подразделений охраны и их караулов ( $x_3$ ); средства защиты оконных и дверных проемов зданий, сооружений, помещений, замки и запирающие устройства ( $x_4$ ); инженерные средства для укрепления стен, перекрытий и перегородок зданий, сооружений и помещений ( $x_5$ ).

*Признаки категории технические средства:* системы и средства охранной и тревожной сигнализации ( $x_6$ ); системы и средства контроля и управления доступом ( $x_7$ ); системы и средства охранного телевидения ( $x_8$ ); системы и средства досмотра ( $x_9$ ); системы и средства сбора, хранения, обработки и защиты информации ( $x_{10}$ ); системы и средства электропитания и охранного освещения ( $x_{11}$ ); системы, средства связи и оповещения ( $x_{12}$ ).

*Признаки категории организационные мероприятия:* обеспечение пропускного и (или) внутриобъектового режимов ( $x_{13}$ ); обеспечение личного состава подразделения, осуществляющего охрану объекта, экипировкой, вооружением, специальными средствами ( $x_{14}$ ); организационно-распорядительные документы по защите объекта ( $x_{15}$ ); общая оценка организации службы ( $x_{16}$ ); резерв финансовых и материальных ресурсов для ликвидации последствий совершения террористического акта ( $x_{17}$ ); достаточность сил и средств для выполнения мероприятий по антитеррористической защищенности ( $x_{18}$ ).

Использование метода анализа иерархий вместе с методом кластерного анализа для оценки однородных групп объектов охраны можно условно разделить на несколько этапов.

1. Получение матрицы значений признаков альтернатив. Пусть  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  множество объектов, каждый из которых характеризуется признаками, так что каждый объект рассматривается как точка в  $m$ -мерном признаковом пространстве. Тогда исходные данные могут быть представлены матрицей:

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

где  $N$  – общее количество объектов;  $M$  – общее количество критериев.

Таким образом, столбец этой матрицы полностью характеризует объект и будет интерпретироваться как точка в  $m$ -мерном признаковом пространстве. Результатом ранжирования строк матрицы  $X$  по значимости признаков является матрица  $X^*$ .

Модель по оценке антитеррористической защищенности объектов ОВД примет следующий вид [3,7]:

$$J = \frac{1}{\sum_i G_{ep,i}} \left[ G_{ep,1} \frac{\sum_j V_{j,инж} \hat{x}_j}{\sum_j V_{j,инж}} + G_{ep,2} \frac{\sum_l W_{l,мех} \hat{x}_l}{\sum_l W_{l,мех}} + G_{ep,3} \frac{\sum_f U_{f,орг} \hat{x}_f}{\sum_f U_{f,орг}} \right] \quad (2)$$

где  $\hat{x}_j, \hat{x}_l, \hat{x}_f$  – нормированные оценки признаков количественных, качественных и бинарных соответственно;  $V_{j,инж}, W_{l,мех}, U_{f,орг}$  – парциальные весовые коэффициенты признаков в каждой группе;  $G_{ep,1}, G_{ep,2}, G_{ep,3}$  – весовые коэффициенты групп признаков.

Данная модель делает возможным получение численного значения показателя качества антитеррористической защищенности.

В ходе исследования 15 объектов г. Воронежа и Воронежской области интегральные показатели качества получили следующие значения:

Таблица 1– Значения показателей для 15 объектов ОВД  
Table 1– Values of indicators for 15 ATS facilities

$J_1$	$J_2$	$J_3$	$J_4$	$J_5$	$J_6$	$J_7$	$J_8$	$J_9$	$J_{10}$	$J_{11}$	$J_{12}$	$J_{13}$	$J_{14}$	$J_{15}$	$\bar{J}$
0,58	<b>0,49</b>	0,69	<b>0,49</b>	0,59	0,63	<b>0,47</b>	<b>0,49</b>	<b>0,48</b>	<b>0,49</b>	<b>0,49</b>	<b>0,48</b>	<b>0,49</b>	<b>0,47</b>	<b>0,47</b>	0,52
3	<b>0</b>	7	<b>6</b>	6	8	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	4

Объекты №2, №4, №7 - №15 являются однородными, т.к. уровень качества их одинаков и значения интегральных показателей находятся в пределах 5%. Диапазон значений однородных альтернатив  $J_{min\ одн.} [0,470; 0,491]$  определяется по формуле (3):

$$\varepsilon = \frac{J_x - J_{min}}{J_x} = 0,05; J_x - J_{min} = 0,05 J_x; 0,95 J_x = J_{min} \quad (3)$$

Для анализа альтернатив, уровень качества которых одинаков, используем численный метод кластеризации однородных альтернатив.

В работе [9] предложен метод разделения экспертов на согласованные группы с использованием отношения дисперсий между ошибками в оценивании относительно средних значений. В основе данного метода лежит процедура проверки статистических гипотез, описанная в работах различных авторов [10]. Так, метод Гольдфельда-Квандта предполагает упорядочивание данных по переменной, относительно которой есть

предположение о гетероскедастичности остатков, разбиение данных на части и сравнение суммы остатков первых и последних наблюдений.

2. Сформируем ранжированную матрицу  $L$  различий признаков и исследуем значимые признаки и интегральные показатели выбранных альтернатив

$$L = \begin{pmatrix} \Delta_{11} & \Delta_{12} & \Delta_{13} & \dots & \Delta_{1N} \\ \Delta_{21} & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \Delta_{ij} & \dots \\ \Delta_{M1} & \dots & \dots & \dots & \Delta_{MN} \end{pmatrix} \quad (4)$$

где  $\Delta_{ij}$  – разность значений рангов оценок экспертов ( $x_{ij}$ ) и рангов, полученных по средним значениям  $\bar{x}_i$ .

Результатом ранжирования строк матрицы  $L$  на основе нормированного весового коэффициента признаков  $\hat{V}_i \cdot \hat{G}_i$  является матрица  $L^*$  (Таблица 2).

Таблица 2 – Результаты ранжированных показателей для однородных объектов ОВД  
 Table 2 – Results of ranked indicators for homogeneous ATS facilities

№ объект а	2	4	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Среднее значени е	$\hat{V}_i \cdot \hat{G}_i$
$\Delta_1$	1,39 7	0,03 3	0,66 9	0,66 9	1,39 7	0,03 3	0,03 3	0,66 9	0,66 9	0,03 3	0,03 3	3,818	0,125
$\Delta_2$	0,00 8	0,00 8	0,00 8	0,00 8	0,00 8	0,00 8	0,00 8	0,82 6	0,00 8	0,00 8	0,00 8	3,090	0,119
$\Delta_3$	0,20 7	0,29 8	0,20 7	0,20 7	0,20 7	0,29 8	0,29 8	0,29 8	0,20 7	0,20 7	0,29 8	3,454	0,111
$\Delta_4$	0,29 8	0,29 8	2,11 6	0,20 7	0,29 8	0,20 7	0,29 8	0,29 8	0,20 7	0,20 7	0,29 8	3,545	0,097
$\Delta_5$	0,03 3	0,03 3	0,03 3	0,03 3	0,03 3	0,03 3	0,03 3	0,66 9	0,66 9	0,03 3	0,03 3	3,181	0,093
$\Delta_6$	0,40 5	0,13 2	0,13 2	0,13 2	0,40 5	0,40 5	0,13 2	0,40 5	0,13 2	0,13 2	0,13 2	3,636	0,083
$\Delta_7$	2,38 8	0,20 7	0,20 7	0,20 7	2,38 8	0,20 7	0,20 7	0,29 8	0,20 7	0,20 7	0,20 7	3,454	0,066
$\Delta_8$	0,20 7	0,20 7	0,29 8	0,29 8	0,20 7	0,29 8	0,20 7	0,20 7	0,29 8	0,29 8	0,20 7	3,454	0,050
$\Delta_9$	0,07 4	0,07 4	0,07 4	0,52 9	0,07 4	0,52 9	0,07 4	0,52 9	0,07 4	0,07 4	0,07 4	3,272	0,044
$\Delta_{10}$	0,13 2	0,40 5	0,13 2	1,86 0	0,13 2	0,40 5	0,40 5	0,40 5	0,13 2	0,13 2	0,40 5	3,636	0,041
$\Delta_{11}$	0,29 8	2,11 6	0,29 8	0,20 7	0,29 8	0,29 8	2,11 6	0,29 8	0,20 7	0,29 8	0,29 8	3,545	0,039
$\Delta_{12}$	0,20 7	0,29 8	0,20 7	0,29 8	0,20 7	0,20 7	0,29 8	0,20 7	0,29 8	0,20 7	0,29 8	3,454	0,039
$\Delta_{13}$	0,07 4	0,07 4	0,52 9	0,07 4	0,07 4	0,07 4	0,07 4	0,52 9	0,07 4	0,52 9	0,07 4	3,727	0,027
$\Delta_{14}$	0,20 7	0,20 7	0,29 8	0,29 8	0,20 7	0,29 8	0,20 7	0,20 7	0,29 8	0,29 8	0,20 7	3,454	0,016
$\Delta_{15}$	0,13 2	0,40 5	1,86 0	0,40 5	0,40 5	0,13 2	0,40 5	0,13 2	0,40 5	1,86 0	0,40 5	3,636	0,013

$\Delta_{16}$	0,07 4	0,52 9	0,07 4	0,07 4	0,07 4	0,07 4	0,52 9	0,07 4	0,07 4	0,07 4	0,52 9	3,272	0,013
$\Delta_{17}$	0,13 2	0,13 2	0,40 5	0,40 5	0,13 2	0,40 5	0,13 2	0,13 2	0,40 5	0,40 5	1,86 0	3,636	0,011
$\Delta_{18}$	0,66 9	1,39 7	0,03 3	1,39 7	0,66 9	0,66 9	0,66 9	0,03 3	0,66 9	0,03 3	1,39 7	3,818	0,005
$p_j$	2,61	0,23	0,98	0,46	2,28	0,79	0,27	2,08	0,96	0,31	0,24		
$\bar{J}$	0,49 0	0,49 6	0,47 0	0,49 3	0,48 5	0,49 1	0,49 2	0,48 3	0,49 1	0,47 8	0,47 3	0,486	

3. Составим вектор-строку  $P$ , значения элементов которой можно получить на основе матрицы  $L^*$ :

$$p_j = \sum_{i=1}^{\frac{M}{2}} \Delta_{ij}^2 / \sum_{i=\frac{M}{2}+1}^M \Delta_{ij}^2; \sum_{i=\frac{M}{2}+1}^M \Delta_{ij}^2 \neq 0 \quad (5)$$

$P^*$  – вектор-строка ранжированных значений  $p_j$  (от больших к меньшим значениям). Тогда  $X^{**}$  будет являться матрица, в которой столбцы матрицы  $X^*$  ранжированы относительно вектор-строки  $P^*$ .

Для каждого из рассмотренных однородных объектов (таблица 1) получены интегральные показатели качества, которые позволяют оценить антитеррористическую защищенность объекта ОВД на основе его отличительных признаков.

Несмотря на то, что интегральные показатели однородных объектов являются приблизительно равными, часть объектов по значимым признакам имеет низкий показатель, поэтому данной категории объектов целесообразно проанализировать отклонения признаков с учетом значимости критериев.

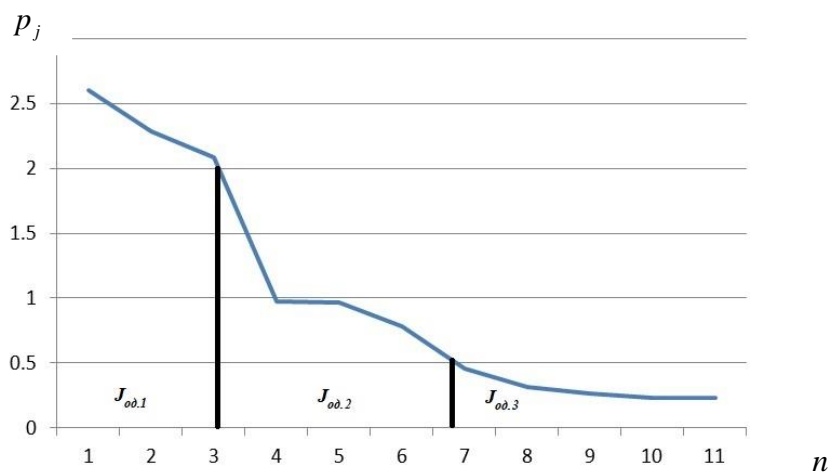


Рисунок 1 – Распределение численного значения элементов вектора-строки  $p_j$  для однородных альтернатив систем антитеррористической защищенности объектов ОВД  
Figure 1 – distribution of the numerical value of the vector-string  $p_j$  elements for homogeneous alternatives to anti-terrorist security systems for ATS facilities

На Рисунке 1 представлен график зависимости численного значения элементов вектора-строки  $p_j$  соответствующего номеру объекта ОВД и результаты разбиения однородных альтернатив на несколько кластеров (в нашем случае на 3):



- 1) однородные объекты с отклоняющимися значимыми признаками  $J_{од,1}$  (объекты №1-№3);
- 2) однородные объекты с равномерным отклонением признаков  $J_{од,2}$  (объекты №4-№6);
- 3) однородные объекты с отклоняющимися менее значимыми признаками  $J_{од,3}$  (объекты №7-№11).

На Рисунке 2 представлен алгоритм поиска и кластеризации однородных объектов.

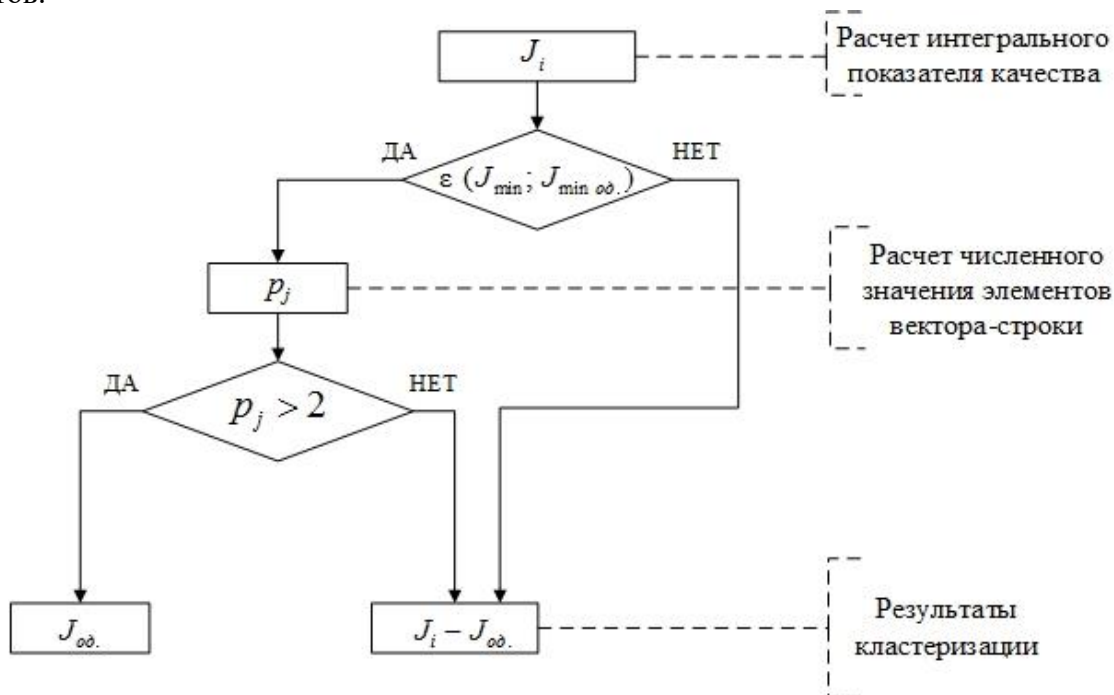


Рисунок 2 – Алгоритм кластеризации однородных альтернатив  
 Figure 2 – Clustering algorithm for homogeneous alternatives

При анализе однородных альтернатив будем выбирать значение критериев, существенно отличающиеся в худшую сторону от средних значений по выбранному кластеру  $J_{од,1}$ .

На Рисунке 3 представлены признаки, требующие усиления показателей защищенности.

$$f(n) = f(\bar{x}_{ij} - \Delta_{ij})^2 \quad (6)$$

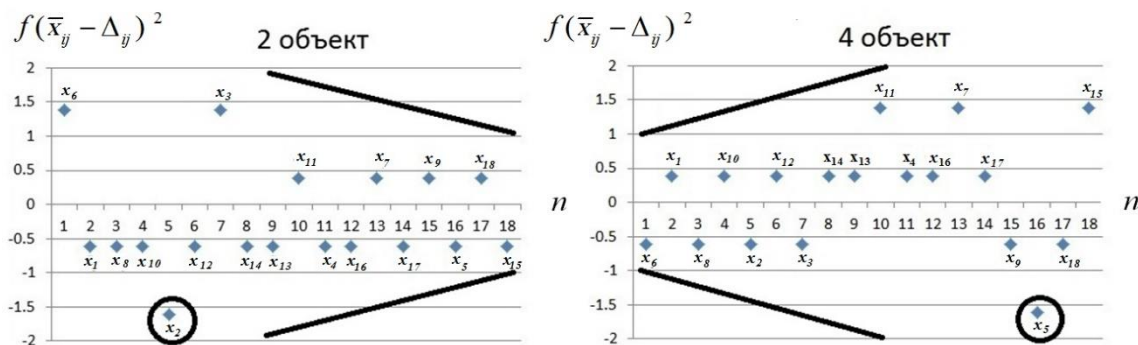


Рисунок 3 – Результаты отклонения признаков объектов №2 и №4  
 Figure 3 – Results of rejection of features of objects №2 and №4

Тогда выбор критерия (признака) осуществляется после сравнения с вектор строкой средних значений признаков:

$$\bar{X}_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^N x_{ij}}{N}; x_{ij} \ll \bar{x}_j; \text{ при } i \rightarrow \min \quad (7)$$

где:  $\bar{X}_{ij}$  – среднее значение по  $i$  признаку для всех  $j$  объектов;  $\sum_{i=1}^N x_{ij}$  – сумма оценок по  $i$  признаку  $j$  объектов;  $N$  – общее количество объектов.

4. Осуществим кластеризацию на основе суммы отклонения взвешенных признаков и определим объекты, требующие усиления показателей защищенности. В нашем случае выбрали объект №2. Количественное увеличение значимых критериев будет способствовать предельному увеличению значений интегрального показателя (Таблица 3).

Таблица 3 – Результаты расчета интегральных показателей качества объектов ОВД  
Table 3 – Results of calculation of integrated quality indicators for ATS facilities

№ объекта	№2	№4
$J$	0,490	0,496
$\bar{J}$ до увеличения	0,524	
Увеличим значение объектов №2 и №4 по 1 признаку	Признак $x_2$ (наиболее важный) увеличим с 0,33 до 1	Признак $x_5$ (наименее важный) увеличим с 0,33 до 1
$J$ после увеличения 1 признака	0,533	0,501
$\bar{J}$ после увеличения	0,552	0,530

### Результаты

Таким образом, данный метод способствует рациональному планированию бюджета: так например, для ведомственных организаций в условиях недостаточного целевого финансирования денежные средства предоставляются на конкретный вид деятельности (например, на усиление мер по антитеррористической защищенности) и, как правило, их объем значительно ограничен, по сравнению с требованиями для решения целого спектра задач. Большое количество идентичных объектов охраны не предполагает распределения достаточных бюджетных средств по всем объектам ввиду ограниченности целевого финансирования, именно поэтому существует необходимость акцентирования бюджетных средств именно на те охраняемые объекты, которым целевое финансирование необходимо в первую очередь, исходя из оценки их уровня антитеррористической защищенности.

### Заключение

Данный численный метод с использованием кластерно-иерархического подхода позволяет выбрать охраняемые объекты, у которых количественное изменение признака приведет к качественному увеличению значений интегральных показателей по всему множеству объектов.



При проведении вычислительного эксперимента в данном исследовании используются 15 условных объектов органов внутренних дел (ОВД), но их количество может быть неограниченным, что позволит из некоторого множества объектов выбрать конкретную группу с фактически одинаковыми значениями интегрального показателя, приоритетные признаки которых имеют низкие оценки.

В данном исследовании не отражена вся специфика изучаемого вопроса, поэтому требуется провести серию дополнительных вычислительных экспериментов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мандель И.Д. *Кластерный анализ*. М.: Финансы и статистика, 1988.
2. Конобеевских В.В. Статистические методы экспертных систем оценки качества радиотехнических приборов уголовно-исполнительной системы. *Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук*. Воронеж, 2006.
3. Мельников А.В. Кластерно-иерархические методы экспертизы технических и экономических объектов. *Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук*. Воронеж, 2014.
4. Орехов П.В. Модели и алгоритмы оптимизации размещения сил и средств обеспечения безопасности дорожного движения. *Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук*. Воронеж, 2016.
5. Мироненко А.Н. Применение метода анализа иерархий совместно с алгоритмом кластеризации в обработке данных социологических исследований. *Математические структуры и моделирование*. 2016;4(40):90-95.
6. Калков Д.Ю. Модели и алгоритмы оптимизации порядка проверки охраняемых объектов при получении сигналов тревоги. *Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук*. Воронеж, 2016.
7. Ахлюстин С.Б. Математическое моделирование оценки защищенности объектов с эргатическими интегрированными системами безопасности. *Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук*. Воронеж, 2019.
8. Жилин Р.А. Численный метод предварительной экспертизы альтернатив нарушителей охраны объектов общекриминальной направленности. *Вестник Воронежского института МВД России*. 2019;3:46-54.
9. Melnikov A.V., I V Shcherbakova, R A Zhilin Method of forming expert coalitions in the context of solving the expertise problem of alternatives with weakly formalized criteria. *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series* 2020 1479012071. DOI:10.1088/1742-6596/1479/1/012071.
10. Гмурман В.Е. *Теория вероятностей и математическая статистика*. Москва. Высшая школа, 2003.

## REFERENCES

1. Mandel I.D. *Cluster analysis*. Moscow: Finance and statistics, 1988.
2. Konobeevskikh V.V. Statistical methods of expert systems for evaluating the quality of radio engineering devices of the penal system. *The dissertation on competition of a scientific degree of candidate of technical Sciences*. Voronezh, 2006.
3. Melnikov A.V. Cluster-hierarchical methods of expertise of technical and economic objects. *Dissertation for the degree of doctor of technical Sciences*. Voronezh, 2014.
4. Orekhov P. V. models and algorithms for optimizing the placement of forces and means to ensure road safety. *The dissertation on competition of a scientific degree of candidate of technical Sciences*. Voronezh, 2016.

5. Mironenko A. N. application of the hierarchy analysis method together with the clustering algorithm in the processing of sociological research data. *Mathematical structures and modeling*. 2016;4(40):90-95.
6. Chalkov D. Y. Models and algorithms for optimization of verification of protected object upon receiving the alarms. *The dissertation on competition of a scientific degree of candidate of technical Sciences*. Voronezh, 2016.
7. Akhlyustin S. B. Mathematical modeling of security assessment of objects with ergatic integrated security systems. *The dissertation on competition of a scientific degree of candidate of technical Sciences*. Voronezh, 2019.
8. Zhilin R. A. Numerical method of preliminary examination of alternatives of violators of protection of objects of General criminal orientation. *Bulletin of the Voronezh Institute of the Ministry of internal Affairs of Russia*. 2019;3:46-54.
9. 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. *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series* 2020 1479012071. DOI:10.1088/1742-6596/1479/1/012071.
10. Gmurman V.E. *Probability theory and mathematical statistics*. Moscow: High school, 2003.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Жилин Роман Андреевич**, преподаватель кафедры тактико-специальной подготовки, Воронежский институт МВД России, Воронеж, Российская федерация  
*e-mail:* [zhilin99.zhilin@yandex.ru](mailto:zhilin99.zhilin@yandex.ru)

**Roman A. Zhilin**, Lecturer At The Department Of Tactical And Special Training, Voronezh Institute Of The Ministry Of The Interior Of Russia, Voronezh, Russian Federation.

**Мельников Александр Владимирович**, профессор кафедры математики и моделирования систем. Доктор технических наук, доцент, Воронежский институт МВД России, Воронеж, Российская федерация  
*e-mail:* [meln78@mail.ru](mailto:meln78@mail.ru)

**Alexander V. Melnikov**, Doctor Of Technical Sciences, Professor Of Mathematics And Systems Modeling Department, Assistant Professor, Voronezh Institute Of The Ministry Of The Interior Of Russia, Voronezh, Russian Federation.

**Перминов Геннадий Вадимович**, кандидат технических наук, доцент кафедры информационной безопасности, Воронежский институт МВД России.  
*e-mail:* [PerminovGV@mail.ru](mailto:PerminovGV@mail.ru)

**Gennady V. Perminov**, Candidate Of Science (Engineering), Associate Professor Of The Department Of Information Security, Voronezh Institute Of The Ministry Of Internal Affairs Of Russia, Voronezh, Russian Federation.