

DOI: <https://doi.org/10.33408/2519-237X.2019.3-3.301>

УДК 351.861

## МЕТОДИКА РАНЖИРОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИЙ В ИНТЕРЕСАХ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ

Ласута Г.Ф., Карпиленя Н.В., Булва А.Д.

*Цель.* Разработать методику ранжирования организаций в интересах гражданской обороны.

*Методы.* Исследование выполнялось с использованием метода анализа иерархии.

*Результаты.* Разработана методика ранжирования организаций в интересах гражданской обороны, построена иерархическая структура ранжирования и выполнен ее анализ. Введены такие понятия, как «ранг организации гражданской обороны», «ранжирование организаций в интересах гражданской обороны», «уровень значимости организации гражданской обороны», сформулирован порядок их качественного и количественного определения. Разработан алгоритм анализа входных данных с использованием Microsoft Excel.

*Область применения исследований.* Результаты исследования могут быть использованы для реализации дифференцированного подхода при разработке мероприятий и планов гражданской обороны.

*Ключевые слова:* анализ иерархий, гражданская оборона, инженерно-технические мероприятия, парные сравнения, ранжирование, риск, чрезвычайные ситуации.

(Поступила в редакцию 19 февраля 2019 г.)

**Введение.** В современных условиях вопросы анализа и оценки риска чрезвычайных ситуаций приобретают внимание различных специалистов. Такой интерес обусловлен возможностью получать не только качественную, но количественную оценку уровня опасности объектов природной или техногенной сферы, а также возможностью впоследствии точно влиять на факторы и условия, определяющие эти количественные значения. Такой подход, особенно при ограниченности финансовых и материальных ресурсов, позволяет повысить уровень защищенности объекта за счет концентрации усилий на ключевых требованиях защиты [1].

Мероприятия гражданской обороны, реализуемые для отдельных организаций и административно-территориальных единиц, как отмечается в некоторых исследованиях, например, работах [2, 3], также следует рассматривать с позиции стохастической зависимости, в основе которой должна быть оценка интегрированного уровня опасностей, чреватых возможными последствиями не только для оборонного сектора, но и экономики в целом, уровнем техногенной и экологической опасности в случае разрушения того либо иного объекта, его отдельных элементов, а также уязвимостью в диверсионно-террористическом отношении.

Следует подчеркнуть, что основным связующим элементом между перечнем и объемом защитных мероприятий является категория и группа по ГО. Однако, как отмечается в работе [3], действующие требования технических нормативных правовых актов в области ГО эту связь с категориями и группами по ГО практически утратили и стали независимыми друг от друга.

Кроме того, при разработке мероприятий, направленных на повышение устойчивости функционирования организаций в условиях военного времени, подготовке к проведению аварийно-спасательных и других неотложных работ, в т. ч. при расчете необходимого количества сил и средств ГО, такие характеристики, как категория и группа по ГО, практически не учитываются.

Об этом свидетельствует и имеющийся порядок расчета зон возможного поражения при нанесении ударов обычными средствами поражения [4], и детерминированный поря-

док расчета создания гражданских формирований ГО<sup>1</sup>, где приведенные выше характеристики свое отражение не нашли.

На наш взгляд, такое положение обусловлено не столько ограниченностью самих критериев отнесения к группам и категориям по ГО, сколько отсутствием требуемой детализации самих критериев и установленных связей между элементами, которые эти критерии образуют. Указанные обстоятельства не позволяют не только дифференцировать выбор мероприятий по защите населения, материальных и историко-культурных ценностей на территории Республики Беларусь от опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, но и ранжировать сами объекты по степени важности для выполнения задач и мероприятий ГО. А делать это необходимо, особенно в условиях ограниченности ресурсов и времени.

Множественность условий и критериев, не объединенных в общую систему зависимостей, осложняет интегрированную оценку количественного уровня значимости того либо иного объекта по отношению к разного рода организациям. Данное обстоятельство препятствует применению дифференцированного подхода к планированию и реализации инженерно-технических и организационных мероприятий ГО. Для решения этой проблемы необходим методический инструментарий, который позволит максимально учесть все имеющиеся условия и их влияние на ранг организации в интересах ГО, что даст возможность формулировать однозначный ответ о значимости (приоритете) объектов независимо от того, кто и с какой подготовкой осуществляет это дифференцирование.

Одним из путей решения данной задачи может стать применение метода анализа иерархий (МАИ) [5], который широко используется в теории принятия решений.

Суть МАИ состоит в декомпозиции проблемы на все более простые составляющие части и дальнейшей обработке последовательности суждений лица, принимающего решение (ЛПР), или группы лиц путем парных сравнений.

#### **Основная часть.**

Общий порядок применения МАИ был реализован в четыре этапа [5]:

- построение базовой качественной модели проблемы в виде иерархии;
- формирование группы экспертов;
- определение приоритетов всех элементов иерархии с использованием различных методов сравнения;
- синтез глобальных приоритетов альтернатив путем линейной свертки приоритетов элементов (лучшей считается альтернатива с максимальным значением приоритета);
- реализация решений на основе полученных результатов.

На первом этапе при построении иерархии определялись уровни и альтернативы, а также устанавливались логические связи между ними.

Предлагаемая авторская качественная модель ранжирования организаций по ГО представлена на рисунке 1.

В основу иерархической структуры положены основные условия и факторы, используемые в среде специалистов и оказывающие влияние на значение организации для планирования и реализации мероприятий ГО.

Первый уровень иерархии имеет цель установления ранга организаций в интересах ГО. Значение приоритета цели полагается равным единице (Е).

Для второго уровня иерархии определено четыре основных фактора, которые оказывают влияние на ранг: техногенные и экологические риски (Е<sub>1</sub>), обусловленные применением в технологическом процессе, в т. ч. хранением, веществ и материалов, представляю-

---

<sup>1</sup> Об установлении примерных организационно-штатных структур, табеля оснащения средствами гражданской обороны и расчета создания гражданских формирований гражданской обороны: Постановление МЧС Респ. Беларусь от 23 авг. 2018 г. № 49 // Консультант Плюс: Беларусь. Технология ПРОФ [Электронный ресурс] / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2019.

щих опасность для людей и окружающей среды; экономические риски (возможный ущерб) ( $E_2$ ), связанные с частичным либо полным прекращением работы предприятия или технологического оборудования, ожидаемым ущербом от прекращения экономической деятельности; роль объекта в обеспечении обороноспособности государства, в т. ч. обеспечение государственного оборонного заказа ( $E_3$ ); диверсионно-террористическая угроза ( $E_4$ ), объективно обусловленная наличием совокупности условий и факторов, создающих опасность реализации акта диверсии, терроризма.

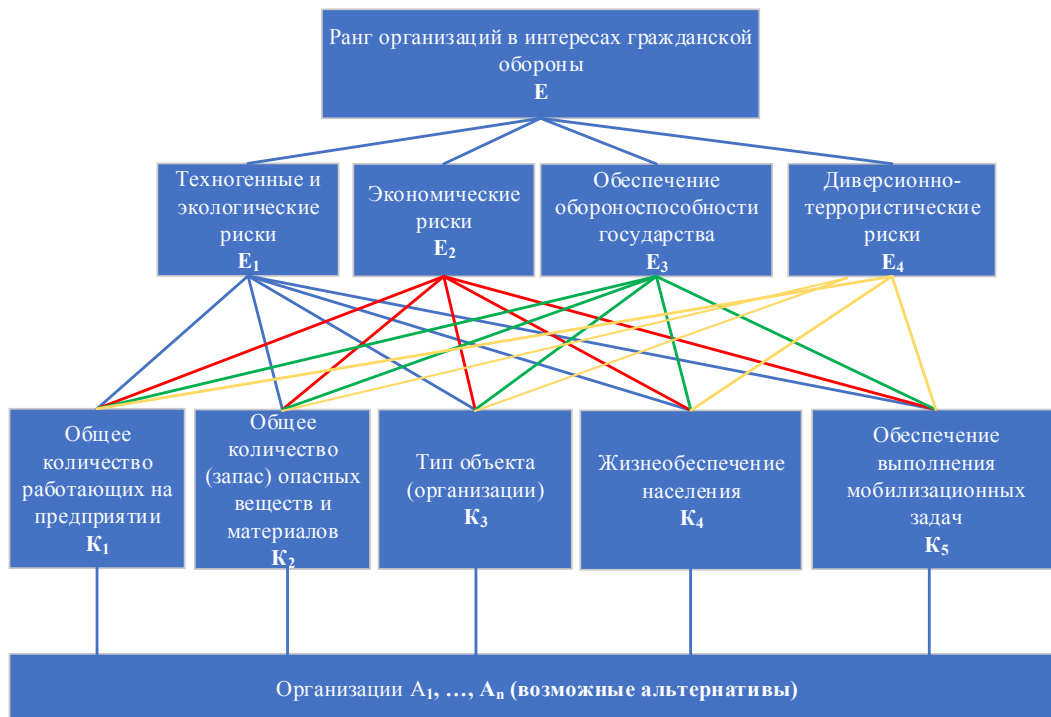


Рисунок 1. – Иерархическая структура ранжирования организаций по гражданской обороне

Для третьего уровня иерархии определено пять основных критериев, каждый из которых оказывает влияние на факторы второго уровня:

- общее количество работающих на предприятии либо проектная вместимость объектов, учреждений административного и социально-бытового назначения ( $K_1$ );
- количество (запас) опасных веществ и материалов, обращающихся в технологическом процессе ( $K_2$ );
- вид административно-хозяйственной деятельности предприятия ( $K_3$ );
- жизнеобеспечение населения ( $K_4$ );
- обеспечение выполнения мобилизационных задач ( $K_5$ ).

Возможные альтернативы (сравниваемые организации) обозначены символами  $A_1, \dots, A_n$ .

На втором этапе решения задачи основные усилия были направлены на формирование группы экспертов. Следует отметить, что установить их оптимальное количество представляется достаточно сложной задачей. Например, в исследовании, проведенном в [6], получена зависимость, характеризующая связь между числом экспертов в группе и средней групповой ошибкой, которую можно представить графически (рис. 2).

Под средней групповой ошибкой понимается отношение абсолютного значения натурального логарифма групповой медианы ответов экспертов к истинному значению ответа. В работе [6] отмечается, что подобные кривые могут быть получены путем исследования и для других проблем. При этом характер кривых будет достаточно схожим, что позволяет определиться с минимальным допустимым числом экспертов.

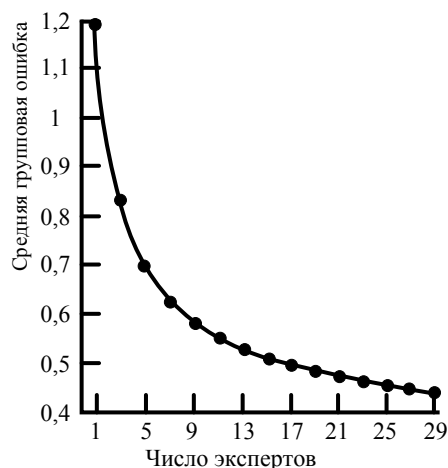


Рисунок 2. – Зависимость между числом экспертов в группе и средней групповой ошибкой

В работе [7] отмечается, что «привлечение слишком большого числа экспертов нежелательно. В этом случае оценки каждого отдельного эксперта очень слабо влияют на групповые, поэтому мнения нескольких действительно компетентных экспертов растворяются во множестве оценок малокомпетентных. Если имеется несколько высококвалифицированных экспертов, а может быть, и только один, то не имеет смысла значительно увеличивать экспертную группу. При уменьшении численности экспертной группы до 2–4 человек не всегда возможно проведение статистического анализа результатов опроса экспертов и тогда приходится ограничиваться только качественным анализом. При этом в качестве рекомендации указывается, что экспертная группа должна состоять не менее чем из 5, но и не более чем из 15 человек. Учитывая вышеизложенное, для оценки критериев сформировали группу из 10 специалистов, имеющих практический опыт работы в сфере ГО и завершающих обучение на факультете подготовки руководящих кадров Университета гражданской защиты МЧС Беларуси по специальностям 1-94 81 01 «Управление защитой от чрезвычайных ситуаций» и 1-94 81 02 «Ликвидация чрезвычайных ситуаций и гражданская оборона».

Основной целью третьего этапа стало определение приоритетов всех элементов иерархии. В качестве метода сравнения применялся «метод консенсуса».

Для каждого уровня иерархии составлялась матрица парных сравнений, в которую вносились оценки, выставленные экспертами.

Оценка выставлялась по результатам достижения консенсуса между экспертами, после чего данные уточнялись до момента достижения согласованности матрицы сравнения.

Для проведения субъективных парных сравнений использовалась стандартная шкала [5]:

1 – одинаковая (очень близкая) значимость;

3 – некоторое преобладание значимости одного параметра перед другим (слабая значимость);

5 – существенная или сильная значимость одного параметра перед другим;

7 – очень сильная или очевидная значимость одного параметра перед другим;

9 – абсолютная значимость одного параметра перед другим;

2, 4, 6, 8 – промежуточные значения между соседними значениями шкалы;

обратные величины приведенных выше чисел – если действию  $i$  при сравнении с  $j$  приписывается одно из приведенных выше чисел, то действию  $j$  при сравнении с  $i$  приписывается обратное значение.

Основным параметром, характеризующим согласованность мнений экспертов, являлась оценка согласованности (ОС) матрицы.

Условиями согласованности матрицы являются следующие значения [5, 8]:

$$\begin{cases} OC \leq 0,1 & \text{– матрица согласована;} \\ 0,1 \leq OC \leq 0,2 & \text{– согласованность матрицы приемлема;} \\ OC > 0,2 & \text{– согласованность матрицы неприемлема.} \end{cases} \quad (1)$$

Значение  $OC$  определяется по формуле:

$$OC = \frac{ИС}{СС}, \quad (2)$$

где  $СС$  – значение случайной согласованности в зависимости от размеров матрицы, определяемое с помощью справочных таблиц, например, приведенных в [8, 9];  $ИС$  – индекс согласованности, определяемый по формуле:

$$ИС = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}, \quad (3)$$

где  $n$  – ранг матрицы суждений;  $\lambda_{\max}$  – главное собственное значение матрицы, которое определяется из решения векторного уравнения:

$$A\bar{w} = \lambda_{\max} \bar{w}, \quad (4)$$

где  $\bar{w}$  – собственный вектор;  $A$  – матрица  $n$ -ного порядка парных сравнений.

Существуют различные методы нахождения собственных значений и собственных векторов матриц [7].

При этом следует отметить, что главное собственное значение матрицы очень хорошо поддается и приближенному вычислению, порядок которого приведен в [10] и применен в настоящей работе. Сущность данного метода заключается в следующем:

1. По каждому из столбцов матрицы парных сравнений находится сумма  $\sum_{i=1}^n a_{ij}$ .
2. Каждая сумма  $\sum_{i=1}^n a_{ij}$  умножается на нормированное значение количественных оценок  $w_i = x_i / \sum_{i=1}^n x_i$ : первая сумма умножается на первое значение, вторая – на второе и т. д.

3. Полученные произведения суммируются.

Итогом вычислений является приближенное максимальное собственное значение матрицы парных сравнений  $\lambda_{\max}$ .

Средние геометрические вектора приоритетов для каждой строки определялись по формуле, приведенной в [5]:

$$x_i = \sqrt[k]{\prod_i a_{ij}}, \quad (5)$$

где  $k$  – количество оцениваемых факторов (критериев, альтернатив).

Для автоматизации вычислений использовалось приложение Microsoft Excel, а сводные результаты обобщались в специальные табличные формы.

В таблице 1 представлена матрица парных сравнений четырех характеристик  $E_1, \dots, E_4$  (рис. 1) относительно их влияния на глобальную цель ( $E$ ) и значения основных величин, полученных в ходе расчета.

Аналогичные матрицы парных сравнений были построены также для пяти характеристик  $K_1, \dots, K_5$  относительно их влияния на каждый фактор второго уровня иерархии  $E_1, \dots, E_4$  и значения основных величин, полученных по результатам вычислений.

Очевидно, что возможный набор альтернатив  $A_1, \dots, A_n$  (рис. 1) может иметь очень широкий диапазон самых разных значений и характеристик, сравнивать которые между собой достаточно сложно и неудобно. Поэтому было предложено ввести диапазоны значений для каждой характеристики, где на оценочной шкале параметры можно рассматривать как имеющие одинаковую или очень близкую значимость.

Таблица 1. – Матрица парных сравнений для верхнего уровня иерархий

Объекты сравнения	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>4</sub>	Средние геометрические вектора приоритетов, $x_i$	Нормальный вектор приоритета, $W(E)$
E <sub>1</sub>	1,00	3,00	0,33	5,00	1,50	0,28
E <sub>2</sub>	0,33	1,00	0,33	2,00	0,69	0,13
E <sub>3</sub>	3,00	3,00	1,00	6,00	2,71	0,52
E <sub>4</sub>	0,20	0,50	0,17	1,00	0,36	0,07
Сумма					5,25	1
Отклонение величины максимального собственного значения					$\lambda_{\max}$	4,18
Индекс однородности (индекс согласованности)					ИО=ИС	0,06
Отношение однородности (отношение согласованности)					ОО=ОС	0,06

Так, для критерия K<sub>1</sub> (общее количество работающих на предприятии) было предложено использовать диапазоны: свыше 20 000 человек – Г<sub>11</sub>; от 10 000 до 20 000 – Г<sub>12</sub>; от 3 000 до 10 000 – Г<sub>13</sub>; от 600 до 3 000 – Г<sub>14</sub>; от 300 до 600 – Г<sub>15</sub>; от 50 до 300 – Г<sub>16</sub>; до 50 – Г<sub>17</sub>.

Принятые интервальные значения обусловлены установившейся практикой их применения в различных нормативных правовых актах в области защиты от ЧС, пожарной, промышленной безопасности и ГО.

Для критерия K<sub>2</sub>, характеризующего общее количество (запас) опасных веществ и материалов в технологическом процессе, в качестве вспомогательного инструментария использовалось понятие типа опасности, которое определяется Законом Республики Беларусь от 5 января 2016 года «О промышленной безопасности»: опасные производственные объекты I типа опасности согласно Приложению 1 к указанному Закону – Г<sub>21</sub>; опасные производственные объекты II типа опасности согласно Приложению 1 к Закону – Г<sub>22</sub>; опасные производственные объекты III типа опасности согласно Приложению 1 к Закону – Г<sub>23</sub>; потенциально опасные объекты согласно Приложению 2 к Закону – Г<sub>24</sub>; объекты, не отнесенные к категории потенциально опасных, – Г<sub>25</sub>.

Отнесение объекта к тому либо иному типу опасности связано не только с общим количеством опасных веществ и материалов на производстве, но может быть вызвано и другими причинами, обусловленными технологическими параметрами производства. Поэтому даже при отсутствии опасных веществ и материалов, но при наличии других условий отнесения объекта к соответствующему типу опасности следует применять соответствующий диапазон Г<sub>2</sub>.

Тип объекта (организации) (критерий K<sub>3</sub>) было предложено укрупнить по материалам работ [1, 11, 12]: пункты управления – Г<sub>31</sub>; узлы связи, радиотелевизионные передающие центры – Г<sub>32</sub>; склады государственного и мобилизационного материальных резервов – Г<sub>33</sub>; узловое железнодорожные станции – Г<sub>34</sub>; железнодорожные мосты, тоннели – Г<sub>35</sub>; автомобильные развязки, мосты – Г<sub>36</sub>; аэропорты – Г<sub>37</sub>; насосные станции продуктопроводов – Г<sub>38</sub>; объекты ядерного топливного цикла, в т. ч. атомные электростанции – Г<sub>39</sub>; гидроэлектростанции – Г<sub>310</sub>; теплоэлектростанции – Г<sub>311</sub>; электроподстанции – Г<sub>312</sub>; склады горючих и смазочных материалов, в т. ч. нефтебазы – Г<sub>313</sub>; иные объекты, являющиеся и расположенные на территории предприятий химической и нефтехимической промышленности – Г<sub>314</sub>; металлургические предприятия – Г<sub>315</sub>; машиностроительные предприятия – Г<sub>316</sub>; иные предприятия и организации – Г<sub>317</sub>.

Для укрупнения критерия K<sub>4</sub>, характеризующего роль организации в обеспечении жизнедеятельности населения, было предложено использовать категории, установленные Постановлением МЧС Республики Беларусь № 75 от 30 декабря 2013 г. «Об установлении категорий организаций и объектов, обеспечивающих жизнедеятельность населения»: топливно-энергетическая сфера (пп. 1–10) – Г<sub>41</sub>; пищевая и перерабатывающая промышленность, сельское хозяйство, общественное питание (пп. 11–19) – Г<sub>42</sub>; здравоохранение, сана-

торно-курортное лечение и оздоровление (пп. 20–26) – Г43; транспортное обеспечение (пп. 27–32) – Г44; информационно-управляющая система, связь (пп. 33–34) – Г45; жилищно-коммунальное хозяйство и бытовое обслуживание населения (пп. 35–48) – Г46; социальное обслуживание (пп. 49–51) – Г47; иные организации – Г48.

Обеспечение выполнения мобилизационных задач (критерий  $K_5$ ) оценивалось с использованием категорий, применяющихся в Законе Республики Беларусь от 26 октября 2000 года «О мобилизационной подготовке и мобилизации»: выполнение оборонного заказа – Г51; выполнение мобилизационного задания – Г52; выполнение иных задач режима военного положения (специальная обработка одежды, техники, санитарная обработка людей, размещение эвакуированного населения, оказание медицинской помощи и т.д.) – Г53; деятельность, не связанная с обеспечением режима военного положения, в т. ч. прекращение работы организации в военное время – Г54.

Еще одной важной задачей для автоматизации расчетов было установление приоритетов по каждому диапазону  $K_i$ . Решение этой задачи важно с точки зрения установления согласованности мнений экспертов по выбранным диапазонам сравниваемых величин. Другого практического значения и интереса указанная процедура не имела, т. к. для расчета ранга организации необходимы значения внутренних областей матриц парных сравнений – оценки, характеризующие значимость диапазонов по отношению друг к другу.

Важно подчеркнуть, что при заполнении матриц эксперты учитывали имеющиеся подходы к градации факторов по уровню значимости, приведенные в публикациях [11–12] и нормативных правовых актах. Несмотря на то, что приведенные данные не имеют количественного измерения, подчеркивается переход от одного уровня значимости к другому. Эти обстоятельства потребовали ввести ряд допущений. Первым и основным допущением, принимавшимся экспертами, было то, что элемент в группе с максимальным значением параметра был абсолютно значим перед элементом в этой же группе, но с минимальным значением. Вторым условием было предположение о постепенном росте значимости объектов в отдельно взятой группе.

Принятые допущения позволили гораздо быстрее приходиться к консенсусу и заполнять матричные таблицы.

Очевидно, что после укрупнения и преобразования иерархической структуры число рассматриваемых альтернатив  $A_1, \dots, A_n$  (число возможных комбинаций в структуре иерархии) сократилось и стало поддаваться оценке:

$$N = \prod_{i=1}^l n_i, \quad (6)$$

где  $l = 5$  – количество групп элементов ( $\Gamma_1 - \Gamma_5$ );  $n_i$  – количество элементов в каждой группе ( $\Gamma_1 - 5$ ;  $\Gamma_2 - 5$ ;  $\Gamma_3 - 17$ ;  $\Gamma_4 - 8$ ;  $\Gamma_5 - 4$ ). Т. е.

$$N = 5 \cdot 5 \cdot 17 \cdot 8 \cdot 4 = 13600.$$

Из оценки числа возможных альтернатив следует, что выполнить ранжирование с помощью парного сравнения такого количества организаций (с целью создания, например, банка данных) не только затруднительно, но и значение этого банка данных является сомнительным, поскольку численно определяется место исследуемой организации в ряду из 13 600 объектов. Гораздо важнее знать, как близко находятся исследуемые объекты к глобальному наивысшему и наименьшему значению нормального вектора приоритета. Поэтому для решения задачи ранжирования предлагается сравнивать три объекта: две гипотетические организации и одну – реальную.

Первая гипотетическая организация должна иметь максимальный уровень значимости по отношению ко второй, также гипотетической. Соответственно, первая организация имеет максимальные значения характеристик  $\max(\Gamma_{ij})$  – абсолютные возможные значимости. Вторая гипотетическая организация рассматривается с минимальным уровнем значимости по отношению к первой и имеет минимально возможные значения характеристик

$\min(\Gamma_{ij})$ . Реальную же организацию рассматриваем с фактическими значениями параметров  $\text{fact}(\Gamma_{ij})$  по отношению к гипотетическим.

Рассчитав относительный интервал между максимальным и минимальным значениями для реальных организаций, по можно сравнить их уровни значимости.

Например, если у нас есть две организации  $a$  и  $b$  с набором параметров  $\Gamma_{ij}$  каждая, то методом парных сравнений можно определить значения глобальных приоритетов  $w_r(a(\Gamma_{ij}))$  и  $w_r(b(\Gamma_{ij}))$  по отношению к максимальному  $w_r(\max \Gamma_{ij})$  и минимальному  $w_r(\min \Gamma_{ij})$  значениям. После этого, определяя и сравнивая относительные значения  $R_a$  и  $R_b$ , возможно установить приоритет одной организации по отношению к другой:

$$\begin{aligned} w_r(\min \Gamma_{ij}) &\leq w_r(a(\Gamma_{ij})) \leq w_r(\max \Gamma_{ij}); \\ w_r(\min \Gamma_{ij}) &\leq w_r(b(\Gamma_{ij})) \leq w_r(\max \Gamma_{ij}); \\ R_a &= \frac{w_r(a(\Gamma_{ij})) - w_r(\min \Gamma_{ij})}{w_r(\max \Gamma_{ij}) - w_r(\min \Gamma_{ij})} \cdot 100\%; \\ R_b &= \frac{w_r(b(\Gamma_{ij})) - w_r(\min \Gamma_{ij})}{w_r(\max \Gamma_{ij}) - w_r(\min \Gamma_{ij})} \cdot 100\%. \end{aligned} \quad (7)$$

Таким образом, под рангом организации по ГО будем понимать численное значение, равное абсолютной либо относительной величине глобального нормального вектора приоритета, полученного по результатам парных сравнений исследуемой организации с двумя гипотетическими, обладающими друг относительно друга заведомо максимальной значимостью на стандартной шкале парных сравнений.

Процесс присвоения организации ранга по ГО будем называть, соответственно, ранжированием.

Для нахождения значений нормальных векторов приоритета для трех объектов формируется матрица парных сравнений по каждому фактору  $K_1, \dots, K_5$ .

На основании согласованных ранее матриц для факторов  $K_i$  необходимости участия экспертов в сравнении трех объектов нет. Оценочные значения в матрицы вносятся автоматически с помощью формул Microsoft Excel в зависимости от принятых исходных данных (рис. 3). Нахождение нормальных векторов приоритета для трех объектов также осуществляется в среде Microsoft Excel. Все это позволяет не только избежать ошибок в выполнении расчетов, но и осуществлять их значительно быстрее и качественнее.

После определения значений нормальных векторов  $w(\Gamma_1), w(\Gamma_2), w(\Gamma_3), w(\Gamma_4), w(\Gamma_5)$  выполняется иерархический синтез для получения значений глобальных векторов для рассматриваемых альтернатив относительно цели.

Расчеты итоговых нормальных векторов приоритета  $w_r$  выполняются также с использованием Microsoft Excel по формуле

$$w_r = \sum_{i=1}^5 \left[ w(\Gamma_i) \sum_j^4 w(K_i(E_j)) w(E_j) \right]. \quad (8)$$

Относительное значение ранга организации определяется по приведенной ранее формуле (7).

По итогам расчета предлагается устанавливать уровень значимости организации в интересах ГО, который может стать альтернативой понятию «категория по ГО»:

- низкая – относительное значение ранга до 20 %;
- средняя – относительное значение ранга от 20 до 30 %;
- высокая – относительное значение ранга от 30 до 40 %;
- наивысшая – относительное значение ранга выше 40 %.

Предлагаемые диапазоны для установления уровня значимости обусловлены тем, что в основе расчета используется понятие «гипотетической организации» с максимальными



ми «неблагоприятными» характеристиками, существование которой на практике маловероятно. Реальные максимальные значения параметров по результатам математического моделирования редко превышали значения относительного ранга 70–73 %.

Предлагаемый уровень значимости организаций по ГО также автоматически может определяться на листе расчета в приложении Microsoft Excel (рис. 3).

Характеристика организации	Выбор параметров организации		Минимальное значение НВП	Максимальное значение НВП	Фактическое значение НВП
Общее количество работающих на предприятии	От 300 до 600 чел	Г <sub>1</sub>	0,05	0,77	0,17
Общее количество (запас) опасных веществ и материалов	Опасные производственные объекты III типа опасности (прилож.1 к Закону РФ «О промышленной безопасности»)	Г <sub>2</sub>	0,17	0,66	0,18
Тип объекта (организации)	Теплоэлектростанция	Г <sub>3</sub>	0,06	0,76	0,18
Жизнеобеспечение населения	Гидроэлектростанция Электроподстанция Совм. ГО, чл.обл. Полупригодна к эксплуатации, химической промышленности Машиностроительские предприятия Машиностроительские предприятия Лес. организации	Г <sub>4</sub>	0,05	0,47	0,47
Обеспечение выполнения мобилизационных задач	Выполнение мобилизационного задания	Г <sub>5</sub>	0,05	0,66	0,29
Иерархический синтез		Абсолютное значение НВП, w, после иерархического синтеза	Ранг организации, R, по ГО (относительное значение)		
Минимальное значение		0,08			
Максимальное значение		0,66			
Исследуемая организация		0,26	31,24%		
Уровень значимости организации в интересах ГО			Высокая значимость		

Рисунок 3. – Скриншот листа расчета ранга организации по гражданской обороне с использованием Microsoft Excel

**Заключение.** В исследовании [13] утверждается, что Военная доктрина является частью правовой и научно-теоретической основы совершенствования ГО, которая позволяет определять цель и учитывать необходимый перечень и объем защитных мероприятий в военное время, увязывать их с другими оборонными вопросами, экономическими возможностями страны. Однако Военная доктрина лишь концептуально определяет направления дальнейшего совершенствования, является источником нормативных требований, но сами требования явным образом не формулирует. Поэтому для установления необходимого перечня и объема защитных мероприятий ГО необходим вспомогательный, но уже принципиально новый инструментарий, позволяющий устанавливать приоритетность как отдельных организаций, так и административно-территориальных единиц с учетом основных военных опасностей, характера современных военных конфликтов и других условий, имеющих существенное значение для ведения ГО.

Следует отметить, что мероприятия ГО не только рассматриваются более комплексно, чем отдельные области безопасности (пожарная, промышленная, ядерная, радиационная, экономическая и т. д.), но и включают эти области. Поэтому использование разрозненных критериев, определяющих приоритет одних объектов перед другими и не обладающих многофункциональностью, осложняет не только работу соответствующих должностных лиц при заблаговременном установлении (выборе) защитных мер, но и препятствует их реализации на всех стадиях жизненного цикла организации начиная от проектирования и заканчивая выводом объекта из эксплуатации.

Другими словами, для дифференцирования мероприятий ГО необходимы более взвешенные универсальные и интегрированные критерии, имеющие вероятностную характеристику.

В работе на основании проведенных исследований с использованием МАИ предложена методика ранжирования организаций в интересах ГО, в которой предпринята попытка объединить различные факторы и условия, определяющие значение организации для осуществления защитных мер.

При этом предлагаемая методика не претендует на окончательную завершенность, и, без сомнения, уточнения могут потребовать как иерархическая структура, так и результаты работы группы экспертов.

Поэтому следующим шагом является внедрение методики в практическую деятельность органов управления ГО, оценка ее возможностей и изучение мнений практических работников, занимающихся вопросами ГСЧС и ГО.

Принятие должностными лицами органов управления ГО таких понятий, как «ранг организации по ГО», «ранжирование», «уровень значимости», и непосредственно самой методики ранжирования позволит в дальнейшем перейти к следующему этапу исследований – определению связанных инженерно-технических и организационных мероприятий ГО, а также пересмотреть вопросы и порядок отнесения организаций к категориям, а территорий – к группам по ГО.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Бордак, С.С. Подготовка мероприятий гражданской обороны на основе анализа рисков / С.С. Бордак, М.Н. Субботин // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2017. – Т. 1, № 2. – С. 223–231. DOI: 10.33408/2519-237X.2017.1-2.223.
2. Булва, А.Д. Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны и мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций в составе проектной документации / А.Д. Булва, В.А. Панасевич // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2018, – Т. 2, № 2. – С. 256–268. DOI: 10.33408/2519-237X.2018.2-2.256.
3. Булва, А.Д. Управление рисками чрезвычайных ситуаций в Республике Беларусь: состояние и перспективы / А.Д. Булва // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация: сб. науч. трудов VII Междунар. науч.-практ. конф., посв. 60-летию создания первого в Республике Беларусь научного подразделения в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и пожаров, Минск, 1–3 нояб. 2016 г.: в 2 ч. / НИИ ПБ и ЧС; редкол.: Ю.С. Иванов [и др.]. – Минск: Колорград, 2016. – Ч. 1. – С. 207–220.
4. Кондратьев-Фирсов, В.М. Комплексная методика прогнозирования обстановки, объемов аварийно-спасательных и других неотложных работ при воздействии на объекты экономики обычными современными средствами поражения / В.М. Кондратьев-Фирсов, В.П. Малышев, С.И. Турко, В.А. Шевченко // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. – 2012. – Т. 2, № 3(3). – С. 49–55.
5. Саати, Т. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети / Т. Саати; пер. с англ.; науч. ред.: А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. – М.: ЛКИ, 2008. – 360 с.
6. Dalkey, N.C. The Delphi Method: an experimental study of group opinion rand / N.C. Dalkey // Futures. – 1969. – Vol. 1, № 5. – P. 408–426.
7. Долгополов, Д.В. Методы нахождения собственных значений и собственных векторов матриц: метод. указания / Д.В. Долгополов. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2005. – 39 с.
8. Елтаренко, Е.А. Обработка экспертных оценок: учеб. пособие / Е.А. Елтаренко, Е.К. Крупнова. – М.: МИФИ, 1982. – 96 с.
9. Donegan, H.A. A note on Saaty's random indexes / H.A. Donegan, F.J. Dodd // Mathl. Comput. Modelling. – 1991. – Vol. 15, № 10. – P. 135–137.
10. Туккель, И.Л. Разработка и принятие решения в управлении инновациями: учеб. пособие / И.Л. Туккель, С.П. Яшин, С.А. Макаров, Е.В. Кошелев. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 352 с.
11. Малышев, В.П. Оценка военной опасности для организации и ведения гражданской обороны / В.П. Малышев, Э.Я. Богатырев // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. – 2014. – № 1. – С. 643–659.
12. Погодин, Ю.И. Организация медицинской службы гражданской обороны Российской Федерации / Ю.И. Погодин, С.В. Трифонов. – М.: Медицина для Вас, 2003. – С. 40–59.
13. Карпиленя, Н.В. Военная доктрина как научно-теоретическая основа совершенствования гражданской обороны / Н.В. Карпиленя, А.Д. Булва // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2019. – Т. 3, № 2. – С. 178–194. DOI: 10.33408/2519-237X.2019.3-2.178.

**Методика ранжирования организаций в интересах гражданской обороны  
с использованием метода анализа иерархий**

**Ranking methodology of organizations for benefit of civil defense  
using the method of hierarchies**

**Ласута Геннадий Федорович**

кандидат сельскохозяйственных наук

Министерство по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь, заместитель МинистраАдрес: 220030, г. Минск,  
ул. Революционная, 5**Gennadiy F. Lasuta**

PhD in Agricultural Science

Ministry of Emergency Situations of the Republic  
of Belarus, Deputy MinisterAddress: 220118, Belarus, Minsk,  
ul. Revolyutsionnaya, 5**Карпиленя Николай Васильевич**

доктор военных наук, профессор

Учреждение образования «Военная академия  
Республики Беларусь», кафедра социальных  
наук, профессорАдрес: 220057, Беларусь, г. Минск,  
пр-т Независимости, 220  
e-mail: karpilenyanv@mail.ru**Nikolay V. Karpilena**

Grand PhD in Military Sciences, Professor

Educational Establishment «Military academy  
of Republic of Belarus», Chair of Social Sciences,  
ProfessorAddress: 220057, Belarus, Minsk,  
pr-t Nezavisimosti, 220  
e-mail: karpilenyanv@mail.ru**Булва Александр Дмитриевич**Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты МЧС  
Беларуси», кафедра гражданской защиты,  
доцентАдрес: 220118, Беларусь, г. Минск,  
ул. Машиностроителей, 25  
e-mail: bulva@list.ru**Alexander D. Bulva**State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus», Chair  
of Civil Protection, Associate ProfessorAddress: 220118, Belarus, Minsk,  
ul. Mashinostroiteley, 25  
e-mail: bulva@list.ru

DOI: <https://doi.org/10.33408/2519-237X.2019.3-3.301>

## RANKING METHODOLOGY OF ORGANIZATIONS FOR BENEFIT OF CIVIL DEFENSE USING THE METHOD OF HIERARCHIES

Lasuta G.F., Karpilenya N.V., Bulva A.D.

*Purpose.* The paper is devoted to the development of a methodology for ranking organizations for benefit of civil defense.

*Methods.* The research has been done using hierarchy analysis.

*Findings.* A methodology was developed for ranking organizations in the interests of civil defense. A hierarchical structure was constructed, and the resulting structure was analyzed. Such concepts as «civil defense organization rank», «ranking organizations for benefit of civil defense», «level of significance of a civil defense organization» were introduced, the order of their qualitative and quantitative determination was formulated. As a basic tool for working with the proposed method in Microsoft Excel, an algorithm for analyzing the input data has been developed.

*Applications field of research.* The results of the study can be used in a differentiated approach to the development of civil defense measures.

*Keywords:* analysis of hierarchies, civil defense, category, engineering and technical measures, methods, pair wise comparisons, ranking, risk, expert, emergency situations.

(The date of submitting: February 19, 2019)

### REFERENCES

1. Bordak S.S., Subbotin M.N. Podgotovka meropriyatiy grazhdanskoy oborony na osnove analiza riskov [Preparation of actions of civil defense on the basis of risk analysis]. *Journal of Civil Protection*, 2017. Vol. 1, No. 2. Pp. 223–231. (rus) DOI: 10.33408/2519-237X.2017.1-2.223.
2. Bulva A.D., Panasevich V.A. Inzhenerno-tehnicheskie meropriyatiya grazhdanskoy oborony i meropriyatiya po preduprezhdeniyu chrezvychaynykh situatsiy v sostave proektnoy dokumentatsii [Engineering and technical activities of civil defense and emergency prevention activities in the composition of design documentation]. *Journal of Civil Protection*, 2018. Vol. 2, No. 2. Pp. 256–268. (rus) DOI: 10.33408/2519-237X.2018.2-2.256.
3. Bulva A.D. Upravlenie riskami chrezvychaynykh situatsiy v Respublike Belarus': sostoyanie i perspektivy [Risk management of emergency situations in the Republic of Belarus: state and prospects]. *Proc. VII Intern. scientific-practical conf. «Chrezvychaynye situatsii: preduprezhdenie i likvidatsiya»*, Minsk, November 1–3, 2016. In 2 parts. Research Institute of Fire Safety and Emergencies of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus. Ed. by: Yu.S. Ivanov et al. Minsk: Kolorgrad, 2016. Part 1. Pp. 207–220. (rus)
4. Kondrat'ev-Firsov V.M., Malyshev V.P., Turko S.I., Shevchenko V.A. Kompleksnaya metodika prognozirovaniya obstanovki, ob'emov avariyno-spasatel'nykh i drugikh neotlozhnykh rabot pri vozdeystvii na ob'ekty ekonomiki obychnymi sovremennymi sredstvami porazheniya [Methodological Framework for Operational Planning of Civil Defense in the Modern Military Conflict]: *Strategiya grazhdanskoy zashchity: problemy i issledovaniya*, 2012. Vol. 2, No. 3(3). Pp. 49–55. (rus)
5. Saati T. *Prinyatie resheniy pri zavisimostyakh i obratnykh svyazyakh: Analiticheskie seti* [Decision making with dependencies and feedbacks: analytical networks]. Moscow: LKI, 2008. 360 p. (rus)
6. Dalkey N.C. The Delphi Method: an experimental study of group opinion rand. *Futures*, 1969. Vol. 1, No. 5. Pp. 408–426.
7. Dolgopopov D.V. *Metody nakhozhdeniya sobstvennykh znacheniy i sobstvennykh vektorov matrits: metodicheskie ukazaniya* [Methods for finding eigenvalues and eigenvectors of matrices: Guidelines]. Saint Petersburg: Saint-Petersburg State Institute of Technology, 2005. 39 p. (rus)
8. Eltarenko E.A., Krupnova E.K. *Obrabotka ekspertnykh otsenok* [Processing expert assessments]: tutorial. Moscow: National Research Nuclear University MEPhI, 1982. 96 p. (rus)
9. Donegan H.A., Dodd F.J. A note on Saaty's random indexes. *Mathl. Comput. Modelling*, 1991. Vol. 15, No. 10. Pp. 135–137.
10. Tukkel' I.L., Yashin S.P., Makarov S.A., Koshelev E.V. *Razrabotka i prinyatie resheniya v upravlenii innovatsiyami: uchebnoe posobie* [Development and decision making in innovation management: a training manual]. Saint Petersburg: BKhV-Peterburg, 2011. 352 p. (rus)

11. Malyshev V.P., Bogatyrev E.Ya. Otsenka voennoy opasnosti dlya organizatsii i vedeniya grazhdanskoy oborony [Assessment of military danger for the organization and conduct of civil defense]: *Strategiya grazhdanskoy zashchity: problemy i issledovaniya*, 2014. No. 1. Pp. 643–659. (rus)
12. Pogodin Yu.I., Trifonov S.V. Organizatsiya meditsinskoy sluzhby grazhdanskoy oborony Rossiyskoy Federatsii [The organization of the medical service of civil defense of the Russian Federation]: Moscow: Meditsina dlya Vas, 2003. Pp. 40–59. (rus)
13. Karpilenya N.V., Bulva A.D. Military doctrine as a scientific and theoretical basis for the improvement of civil defense. *Journal of Civil Protection*, 2019. Vol. 3, No. 2. Pp. 178–194. (rus) DOI: 10.33408/2519-237X.2019.3-2.178.