

*Н.Г. Топольский, Д.В. Тараканов*  
(Академия ГПС МЧС России; e-mail: den-pgs@rambler.ru)

## **АЛГОРИТМ РАНЖИРОВАНИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ ЗАДАЧ В СИСТЕМЕ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

*Предложен алгоритм ранжирования управленческих задач в системе поддержки принятия решений, используемой для повышения результативности действий оперативных подразделений МЧС России при ликвидации чрезвычайных ситуаций.*

*Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, система поддержки принятия решений, алгоритмическая структура.*

*N.G. Topolsky, D.V. Tarakanov*

## **ALGORITHM RANKING OF MANAGEMENT TASKS IN A DECISION SUPPORT SYSTEM AT LIQUIDATION OF EMERGENCY SITUATIONS**

*An algorithm ranking of management tasks in a decision support system used for improve the efficiency of action of operational units of Emercom of Russia at liquidation of emergency situations was proposed.*

*Key words: emergency situation, decision support system, algorithmic structure.*

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 12 января 2014 г.

### **Введение**

**Чрезвычайные ситуации (ЧС)** природного и техногенного характера, возникавшие на территории России за последние 5 лет, со всей остротой показали важность решения задачи результативного управления оперативными подразделениями МЧС России при ликвидации ЧС.

Для принятия качественных управленческих решений в условиях недостатка времени оперативные подразделения МЧС России используют **автоматизированные системы поддержки принятия решений (АСППР)**. Особенности практического использования АСППР в ряде субъектов Российской Федерации позволили сформировать ряд предложений по совершенствованию их алгоритмической структуры с целью расширения функциональных возможностей.

Широкий спектр управленческих задач, стоящих перед АСППР, обуславливает необходимость определения последовательности их реализации в алгоритмической структуре. Рассматриваемая последовательность вместе с априорными субъективными предпочтениями **лиц, принимающих решения (ЛПР)**, должна также учитывать и объективные показатели, влияющие на общий результат ликвидации ЧС. Очевидно, что ранжирование управленческих задач методом многоэтапного перебора, с предоставлением результатов на каждом этапе для анализа, неприменимо в условиях недостатка времени. Альтернативным методом является **многопараметрическая оптимизация** последовательности на основе анализа значений рассматриваемых показателей [1].

## 1. Постановка задачи совершенствования алгоритмической структуры АСППР

Совершенствование методов и формальных процедур принятия решений позволяет агрегировать различные алгоритмические структуры принятия решений, что позволяет как последовательно, так и параллельно решать управленческие задачи. Однако, все это многообразие управленческих задач делает невозможным их оперативную реализацию без строгой последовательности их выполнения. Все это приводит к необходимости постановки научной задачи, состоящей в *ранжировании управленческих решений*, принятие которых необходимо в чрезвычайных ситуациях для возможности построения оптимальной алгоритмической структуры АСППР.

В качестве примера можно рассмотреть комплекс основных задач, решение которых предусматривает АСППР [3, 4]. Специфика работы такой системы предусматривает выполнение ряда вычислительных циклов, включающих в себя следующие последовательно реализуемые этапы:

- моделирование параметров опасных факторов в условиях ЧС;
- анализ результатов моделирования с возможностью выбора определённых вычислительных результатов;
- разработка сценария воздействия опасных факторов;
- оценка ожидаемых потерь от воздействия опасных факторов на защищаемые территории;
- принятие решений о противодействии опасным факторам ЧС.

Также для более полного понимания специфики реализации АСППР рассмотрим перечень отдельных локальных задач:

- отображения дислокации сил и средств, а также отдельных элементов оперативной обстановки;
- оперативной обработки информации об аналогичных ЧС;
- оценки требуемого количества сил и средств с учётом информации о группировке сил РСЧС;
- всестороннего обеспечения должностных лиц инструментарием, позволяющим планировать ход ведения действий по ликвидации ЧС, и др.

В работе [5] автором на основе комплексного анализа вычислительной структуры АСППР были предложены мероприятия по совершенствованию отдельных локальных узлов алгоритмической структуры с разделением её на функциональные подсистемы путём ввода иерархии решения управленческих задач.

Это было достигнуто включением в АСППР необходимой информации о возможных ЧС, их последствиях и принятых превентивных мерах локализации отдельных источников ЧС, что позволило учесть в алгоритмической структуре дополнительные методики прогнозирования значений параметров, характеризующих ущерб от ЧС, и частично реализовать порядок решения управленческих задач, однако задача ранжирования, по мере необходимости принятия самих управленческих решений, всё ещё не была решена.

## 2. Решение задачи

Для обоснованного и своевременного принятия решений по ликвидации ЧС необходима информация, определяющая приоритеты решения большого комплекса задач, которые необходимо ранжировать в порядке предпочтительности для решения.

С целью ранжирования задач для построения последовательности их решения при ликвидации ЧС предлагается следующая формальная постановка задачи и алгоритм её решения.

Для формализованного описания процесса ранжирования управленческих задач, возникающих при ликвидации ЧС, использована математическая зависимость многопараметрического выбора вариантов, включающая в себя [1]:

- множество задач  $x^i \in X$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ ,  $n \geq 2$ ;
- векторную функцию  $E_s \in E$ ,  $s = 1, 2, \dots, m$ ,  $m \geq 2$  (каждая компонента количественно оценивает эффективность решения каждой конкретной задачи  $s$ );
- $E(x^i) = (E_1(x^i), E_2(x^i), \dots, E_m(x^i))$  – многопараметрическая оценка последовательности решения управленческих задач  $x^i$  из множества  $E(X)$ .

При такой постановке процедуры ранжирования по важности управленческих задач предлагается выбрать такую последовательность их решения, при которой общая результативность действий спасательных подразделений в условиях ЧС будет максимальной. Для оценки общей результативности предлагается использовать аддитивную функцию, учитывающую отдельные локальные показатели результативности.

Для максимизации аддитивной функции, характеризующей результативность оперативных подразделений МЧС России, предлагается следующий алгоритм.

### Разделение компонент векторной функции на группы важности

Необходимо задать множество номеров компонент векторной функции:  $I = \{1, 2, \dots, m\}$  – множество номеров **векторной функции (ВФ)** вида  $E_1, \dots, E_m$ .

Введём две группы важности для компонент ВФ:

$A$  – группа более важных компонент ВФ;

$B$  – группа менее важных компонент ВФ.

Для достижения свойства общности при дальнейшем описании оптимизационного алгоритма введём правило, согласно которому в группу  $A$  будут входить компоненты ВФ с номерами  $i$ , эти номера принадлежат подмножеству номеров  $I_A$ . При этом общее количество компонент ВФ, входящих в группу  $A$ , обозначим через  $a$ . Тогда в группу  $B$  должны входить компоненты ВФ с номерами  $j$ , принадлежащими подмножеству номеров  $I_B$ , где  $b$  – количество компонент ВФ, входящих в группу  $B$ .

### Ввод коэффициентов важности

Для каждой комбинации компонент ВФ из групп важности необходимо указать набор нормированных коэффициентов относительной важности критериев  $\theta_{ij}$  для всех  $i \in I_A, j \in I_B$ . Процесс вычисления конкретных значений нормированных коэффициентов относительной важности рассмотрен в работах проф. В.Д. Ногина [6-8].

### Расчёт весовых коэффициентов важности управленческих задач

Весовые коэффициенты важности управленческих задач, возникающих при ликвидации ЧС – это набор положительных чисел  $\omega_s, s = 1, 2, \dots, m$ ,

для которых выполняется соотношение  $\sum_{s=1}^m \omega_s = 1$ .

Коэффициенты  $\omega_s$  вычисляются по формулам:

– для каждой компоненты ВК с номером  $i \in I_A$  (группа А):

$$\omega_i = \frac{1 + \Theta_i}{a \cdot (1 + b)}, \quad (1)$$

где  $\Theta_i = \sum_j \theta_{ij}, \forall j \in I_B$ ;

– для каждой компоненты ВК с номером  $j \in I_B$  (группа В):

$$\omega_j = \frac{a - \Theta_j}{a \cdot (1 + b)}, \quad (2)$$

где  $\Theta_j = \sum_i \theta_{ij}, \forall i \in I_A$ .

### Ранжирование управленческих задач по важности

На основе полученных весовых коэффициентов исходной векторной функции, с использованием которой оцениваются все возможные последовательности управленческих задач, представляется возможным на основе линейной свёртки отдельных компонент ВФ получить функцию  $\Phi(x)$ , отражающую общую результативность решения управленческих задачи при ликвидации ЧС:

$$\Phi(x) = \sum_{s=1}^m \omega_s E_s(x). \quad (3)$$

Таким образом, с помощью исходных векторных оценок, весовых коэффициентов и обобщённой функции  $\Phi(x)$  в алгоритмической структуре АСППР возможно построить порядок решения управленческих задач и тем самым оптимизировать ряд её вычислительных процессов.

### 3. Пример

Рассмотрим четыре управленческие задачи  $x_1, x_2, x_3, x_4$  которые АСППР необходимо предъявить для решения должностным лицам в определённой последовательности, которую необходимо определить.

Известно, что данные управленческие задачи оценены АСППР по четырём показателям предпочтительности  $E_1, E_2, E_3, E_4$ , значения которых необходимо максимизировать. Векторные оценки каждой управленческой задачи представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Векторные оценки управленческих задач**

	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$
$E_1$	0,8	0,7	0,3	0,9
$E_2$	0,3	0,4	0,9	0,2
$E_3$	0,9	0,6	0,4	0,8
$E_4$	0,5	0,9	0,1	0,1

Векторные оценки 1-й, 2-й, 3-й и 4-й управленческих задач это 2-й, 3-й, 4-й и 5-й столбцы табл. 1.

В соответствии с предложенной процедурой ранжирования представим показатели  $E_1, E_2, E_3, E_4$  отдельными компонентами векторной функции  $E$ .

Разделим компоненты ВФ по группам. К группе  $A$  отнесём  $E_1, E_3$ , тогда множеству номеров компонент ВФ из группы  $A$  будут принадлежать компоненты ВФ с номерами 1 и 3, то есть  $I_A = \{1, 3\}$ ,  $a = 2$ . Очевидно, что компоненты ВФ  $E_2$  и  $E_4$  будут отнесены к группе  $B$ , а их номера будут принадлежать множеству номеров группы  $B$ :  $I_B = \{2, 4\}$ ,  $b = 2$ .

Для дальнейших вычислений необходимо указать каждой комбинации компонент ВФ коэффициент относительной важности. Используем для этого табл. 2

Таблица 2

**Значения коэффициентов относительной важности**

$A \backslash B$	$E_2$	$E_3$
$E_1$	$\theta_{12} = 0,6$	$\theta_{14} = 0,9$
$E_3$	$\theta_{32} = 0,2$	$\theta_{34} = 0,3$

Определим весовые коэффициенты каждой компоненты ВФ.

Для группы  $A$  по формуле (1) получаем:

$$\omega_1 = \frac{1 + \Theta_1}{a \cdot (1 + b)} = \frac{1 + 1,5}{2 \cdot (1 + 2)} = 0,42,$$

где  $\Theta_1 = \theta_{12} + \theta_{14} = 0,6 + 0,9 = 1,5$ ;

$$\omega_3 = \frac{1 + \Theta_3}{a \cdot (1 + b)} = \frac{1 + 0,5}{2 \cdot (1 + 2)} = 0,25,$$

где  $\Theta_3 = \theta_{32} + \theta_{34} = 0,2 + 0,3 = 0,5$ .

Для группы  $B$  по формуле (2), получаем

$$\omega_2 = \frac{a - \Theta_2}{a \cdot (1 + b)} = \frac{2 - 0,8}{2 \cdot (1 + 2)} = 0,2,$$

где  $\Theta_2 = \theta_{12} + \theta_{32} = 0,6 + 0,2 = 0,8$ ;

$$\omega_4 = \frac{a - \Theta_4}{a \cdot (1 + b)} = \frac{2 - 1,2}{2 \cdot (1 + 2)} = 0,13,$$

где  $\Theta_4 = \theta_{14} + \theta_{34} = 0,9 + 0,3 = 1,2$ .

Предварительный анализ позволяет сделать вывод, что большие значения весовых коэффициентов соответствуют компонентам ВФ из группы  $A$  (номера 1 и 3), при этом в группе  $A$  большее значение весового коэффициента у компоненты ВФ с номером 1, так как она имеет большую степень влияния, выраженную большими значениями коэффициентов относительной важности, на компоненты группы  $B$ . В группе  $B$  большее значение весового коэффициента у компоненты ВФ с номером 2, так как на её оказана меньшая степень влияния компонент ВФ из группы  $A$ . Данное заключение отвечает формальным правилам, которые заложены в постановке задачи ранжирования.

Перейдём к непосредственному ранжированию управленческих задач.

Обобщённая функция для ранжирования в соответствии с формулой (3) будет иметь вид:

$$\Phi(x_i) = 0,42 \cdot E_1 + 0,25 \cdot E_2 + 0,20 \cdot E_3 + 0,13 \cdot E_4.$$

Произведём оценку каждой УЗ по обобщенной функции. Получим:

$$\Phi(x_1) = 0,42 \cdot 0,8 + 0,25 \cdot 0,3 + 0,20 \cdot 0,9 + 0,13 \cdot 0,5 = 0,66;$$

$$\Phi(x_2) = 0,42 \cdot 0,7 + 0,25 \cdot 0,4 + 0,20 \cdot 0,6 + 0,13 \cdot 0,9 = 0,63;$$

$$\Phi(x_3) = 0,42 \cdot 0,3 + 0,25 \cdot 0,9 + 0,20 \cdot 0,4 + 0,13 \cdot 0,1 = 0,44;$$

$$\Phi(x_4) = 0,42 \cdot 0,9 + 0,25 \cdot 0,2 + 0,20 \cdot 0,8 + 0,13 \cdot 0,1 = 0,60.$$

Таким образом, последовательность, в которой АСППР будет предъявлять управленческие задачи для решения должностным лицам, будет следующей:  $x_1, x_2, x_4, x_3$ .

### Заключение

В целях совершенствования работы АСППР предложено:

- оснастить её алгоритмическую структуру зависимостью оптимизации процессов решения управленческих задач, в качестве которых могут использоваться управленческие задачи прогноза обстановки и формирования возможных сценариев природных и техногенных ЧС;

- решать задачу сосредоточения необходимого количества и ассортимента сил и средств, используя информацию из превентивных планов территориальной подсистемы РСЧС субъектов Российской Федерации.

Авторам представляется, что практическая реализация дополнений в структуру алгоритма АСППР позволит значительно сократить время на принятие решений по проведению операций противодействия развивающейся ЧС для защиты населения.

## Литература

1. **Семенов А.О., Лабутин А.Н., Тараканов Д.В.** Методика определения показателей предпочтительности вариантов действий по ликвидации чрезвычайных ситуаций на потенциально опасных объектах // Вестник ИГЭУ. № 3, 2012. С. 51-54.
2. **Тетерин И.М., Топольский Н.Г., Прус Ю.В., Климовцов В.М.** Системы поддержки принятия управленческих решений при тушении пожаров. М.: Академия ГПС МЧС России, 2008. 102 с.
3. **Буянов Б.Б., Лубков Н.В., Поляк Г.Л.** Система поддержки принятия управленческих решений с применением имитационного моделирования // Проблемы управления. 2006. № 6. С. 43-49.
4. **Кузнецов О.П.** Интеллектуализация поддержки управляющих решений и создание интеллектуальных систем // Проблемы управления. 2009. № 3.1. С. 64-72.
5. **Тараканов Д.В.** Метод модификации векторного критерия в системе поддержки принятия решения при тушении крупного пожара // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. 2010. № 2. <http://ipb.mos.ru/ttb>.
6. **Ногин В.Д.** Принятие решений в многокритериальной среде: количественный подход. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. 144 с.
7. **Ногин В.Д.** Проблема сужения множества Парето: подходы к решению // Искусственный интеллект и принятие решений. 2008. № 1. С. 98-112.
8. **Подиновский В.В., Ногин В.Д.** Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. 256 с.