

**А.О. Семенов, В.В. Булгаков, Д.В. Тараканов**  
(Ивановский институт ГПС МЧС России;  
e-mail: den-pgs@rambler.ru)

## **КОМПЬЮТЕРНЫЙ МОДУЛЬ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ТУШЕНИИ КРУПНЫХ ПОЖАРОВ**

*Авторами разработан компьютерный модуль выбора вариантов решений при тушении крупных пожаров как составная часть системы поддержки принятия решений. Рассмотрены особенности его методического и программного обеспечения.*

*Ключевые слова: крупный пожар, варианты решений, выбор.*

## **A.O. Semenov, V.V. Bulgakov, D.V. Tarakanov** **COMPUTER MODULE OF DECISION SUPPORT SYSTEM AT STEWING LARGE FIRES**

*The authors have developed a computer module selecting the decision to stewing large fires as component part decision support system. The features of its methodology and software are considered.*

*Key words: large fire, options for decisions, selection.*

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 3 декабря 2010 г.

### **Введение**

Одним из важных направлений повышения эффективности функционирования систем управления оперативными подразделениями МЧС России, задействованными при ликвидации крупных пожаров (СУОП), является повышение качества принимаемых решений, что может быть достигнуто при использовании компьютерных планов тушения пожаров, которые по своему содержанию представляют собой системы поддержки принятия решений (СППР).

Процесс принятия решений в СУОП включает три этапа:

- формирование множества вариантов решений;
- оценка результативности каждого варианта решения;
- выбор наиболее предпочтительного (можно называть его "оптимальным") варианта решения.

СППР, обеспечивающая выбор решений в СУОП, создается как совокупность функциональных подсистем (модулей) [2], обеспечивающих каждый этап принятия решений.

Например, модуль информационной поддержки лица, принимающего решение (ЛПР), на этапе формирования множества вариантов решений создаётся на основе прецедентного подхода [2].

Модуль информационной поддержки на этапе оценки результативности вариантов действий включает в себя базу экспертных данных и математические модели для оценки результативности действий [3].

Модуль поддержки выбора наиболее предпочтительного (оптимального) варианта основывается на методах интеллектуального анализа данных (ИАД), которые предлагают ЛПР производить выбор из компромиссных вариантов путём их парного сравнения по схеме сравнения с образцом [4].

Во многих практических случаях количество компромиссных вариантов достаточно велико, что приводит к большим временным затратам на осуществление выбора путём парного сравнения вариантов.

Поэтому для сокращения времени на выбор варианта предлагается использовать дополнительные вычислительные процедуры, направленные на выявление информации о предпочтениях ЛПР и её использовании в процессе выбора варианта.

Для реализации упомянутых выше вычислительных процедур ставится *задача* разработки вычислительного модуля СППР, обеспечивающего поддержку выбора вариантов решений.

### 1. Компьютерный модуль выбора вариантов решений

Специфика принятия решений в СУОП ставит ряд задач, решение которых позволило бы учесть в процессе выбора вариантов с помощью СППР факторов, влияющих на этот процесс. К таким факторам можно отнести:

- специфику поведения человека при выборе одного из вариантов;
- недостаток времени при выборе варианта на месте крупного пожара.

Для учёта этих факторов в качестве методической основы алгоритмической структуры модуля выбран метод последовательного сужения области компромисса, разработанный В.Д. Ногиним [5].

Приведем основные положения метода при решении задачи распределения ресурсов между участками выполнения работ на пожаре.

Рассмотрим математическую постановку данной задачи как классической задачи многокритериального выбора (ЗМВ). Задача включает:

- множество допустимых вариантов  $X = (x^{(1)}, \dots, x^{(n)})$ ,  $n \geq 2$  (под вариантом понимается план полного распределения ресурсов между участками выполнения работ по тушению крупного пожара);

- векторная функция  $\xi(x) = (\xi_1(x), \xi_2(x), \dots, \xi_m(x))$ , определенная на множестве  $X$  и принимающая свои значения из пространства  $R^m$ . Каждая компонента векторной функции отражает результативность использования ресурсов на  $j$ -ом участке выполнения работ по тушению крупного пожара,  $j = 1, 2, 3, \dots, m$ . При этом  $m \geq 2$ , так как на крупном пожаре создается, как правило, не менее двух участков выполнения работ.

Множество допустимых вариантов и векторная функция индуцируют множество векторных оценок вариантов:

$$\xi(X) = (\xi(x^{(1)}), \xi(x^{(2)}), \dots, \xi(x^{(n)})), \quad (1)$$

где  $\xi(x^{(i)}) = (\xi_1(x^{(i)}), \xi_2(x^{(i)}), \dots, \xi_m(x^{(i)}))$  – векторная оценка варианта  $x^{(i)}$ .

С помощью модуля ИАД задается множество компромиссных вариантов в ЗМВ.

Процесс сужения множества компромисса при решении ЗМВ включает в себя следующие этапы:

**1 этап.** Выявление и формализация предпочтений ЛПР.

Для выявления предпочтений ЛПР производится одно парное сравнение двух векторных оценок вариантов  $\xi(x')$ ,  $\xi(x'')$ .

Из данного парного сравнения выявляется количественная информация о предпочтениях ЛПР следующим образом:

$$\left[ \begin{array}{l} \xi_i(x') > \xi_i(x''), \forall i \in I_A \\ \xi_j(x'') < \xi_j(x'), \forall j \in I_B \\ \xi_s(x'') < \xi_s(x'), \forall s \in I \setminus (I_A \cup I_B) \\ w_i = \xi_i(x') - \xi_i(x''), \forall i \in I_A \\ w_j = \xi_j(x'') - \xi_j(x'), \forall j \in I_B \end{array} \right] \Rightarrow \xi(x') \succ_m \xi(x''), \quad (2)$$

где  $I$  – множество номеров компонент векторной функции;

$I_A$  – подмножество номеров компонент векторной функции, по которым  $\xi_i(x') > \xi_i(x'')$ ;

$I_B$  – подмножество номеров компонент векторной функции, по которым  $\xi_j(x'') > \xi_j(x')$ ;

$I \setminus (I_A \cup I_B)$  – подмножество номеров компонент векторной функции, по которым  $\xi_s(x') = \xi_s(x'')$ ;

знак  $\succ_m$  означает предпочтения ЛПР на множестве векторных оценок пространства  $R^m$ .

Набор положительных чисел, состоящий из всех  $w_i, \forall i \in I_A$  и  $w_j, \forall j \in I_B$ , количественно характеризует предпочтения ЛПР.

**2 этап.** Построение конусной ЗМВ, учитывающей информацию о предпочтениях ЛПР.

В качестве множества допустимых вариантов в конусной ЗМВ используется множество компромиссных вариантов исходной задачи, а в качестве векторной функции – новая векторная функция

$$g(x) = (g_1(x), \dots, g_p(x)), \quad (3)$$

компоненты которой составлены из компонент векторной функции  $\xi(x)$ , кроме компонент с номерами из множества  $I_B$  и новых компонент, полученных по формуле

$$g_{ij}(x) = w_i \xi_j(x) + w_j \xi_i(x), \text{ для всех } i \in I_A \text{ и } j \in I_B. \quad (4)$$

Далее строится новое множество компромисса, из которого и производится окончательный выбор варианта.

Таким образом, данный метод предусматривает на основании удаления одного варианта удалить ещё часть вариантов с помощью конусной ЗМВ, что позволяет уменьшить количество парных сравнений при выборе.

## 2. Программное обеспечение выбора вариантов решений

На основе метода последовательного сужения множества компромисса разработана алгоритмическая структура модуля, которая представляет собой комплекс алгоритмов, реализующих следующие этапы:

- нормализация векторных оценок вариантов;
- построение множества компромисса;
- выявление информации о предпочтениях ЛПР;
- модификация векторной функции;
- формирование новых векторных оценок вариантов.

Компьютерный комплекс модуля выполнен в среде программирования Java с применением языка программирования Haskell [6].

Интерфейс компьютерного комплекса реализует визуализацию множества векторных оценок вариантов способом "информационной доски" рис. 1.

Такой способ визуализации предусматривает представление множества вариантов на экране компьютера в виде таблицы, столбцы которой соответствуют компонентам векторной функции, а строки – векторным оценкам вариантов. На пересечении столбца и строки в ячейке таблицы находится оценка варианта по соответствующей компоненте векторной функции. Такой способ является одним из наиболее удобных для восприятия человеком множества компромиссных вариантов [7].

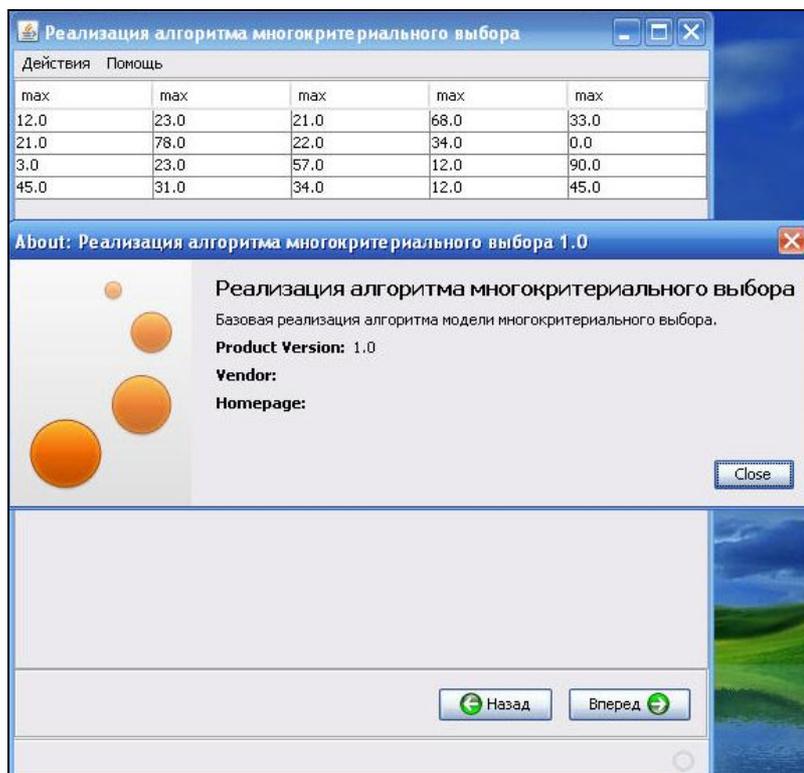


Рис. 1. Интерфейс при реализации многокритериального выбора

### 3. Пример решения задачи по расстановке сил и средств при тушении крупного пожара

Рассмотрим задачу, в которой необходимо распределить три пожарных расчета на основных пожарных автомобилях между тремя участками работ на крупном пожаре:

АЦ 2 (4 человека в расчёте, 1 подаваемый ствол);

АНР 2 (8 человек в расчёте, 2 подаваемых ствола);

АНР 3 (5 человек в расчёте, 1 подаваемый ствол).

Варианты расстановки пожарных расчётов по участкам работ приведены в табл. 1.

Таблица 1

$\tau = 10 \text{ мин}$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$
УТП 1	АЦ 2	АНР 3	АНР 3	АЦ 2	АНР 2	АНР 2
УТП 2	АНР 3	АЦ 2	АНР 2	АНР 2	АЦ 2	АНР 3
УТП 3	АНР2	АНР 2	АЦ 2	АНР 3	АНР 3	АЦ 2
		<b>Выбор</b>				

Результативность вариантов определялась по формулам:

$$v_{рез}^1(x_i) = 1,17 + [0,1(\frac{Q^H(x_i)}{7,1}) + 0,02(\frac{N_{чел}(x_i)}{4,5}) + 0,026(\frac{N_{ств}(x_i)}{2})] \cdot 1,81, \text{ м}^2/\text{с},$$

где  $Q^H(x_i)$  – нормативный расход огнетушащего вещества для варианта действий  $x_i$ :

$$Q^H(x_i) = 2,23 + [0,09(\frac{N_{чел}(x_i)}{4,5}) + 0,72(\frac{N_{ств}(x_i)}{2})] \cdot 7,1, \text{ л/с},$$

$N_{чел}(x_i)$  – количество участников тушения пожара, задействованных при выполнении задачи при варианте  $x_i$ .

$N_{ств}(x_i)$  – количество ручных приборов подачи огнетушащего вещества, задействованных при варианте  $x_i$ .

Количественные оценки результативности вариантов вводятся в модуль. После чего модуль предлагает выявить информацию о предпочтениях ЛПР с помощью парного сравнения. Далее выводятся результаты выбора. Информационная доска и результат выбора в виде рекомендуемого варианта приведены на рис. 2.



Рис. 2. Интерфейс модуля "Поддержки этапа выбора"

## Заключение

Отличительной особенностью компьютерного модуля выбора вариантов решений при тушении крупных пожаров является учёт специфики человеческого поведения при выборе в модуле использован индуктивный подход к решению ЗМВ. Понятийная основа данного подхода базируется на философском принципе индукции Сократа: выявлять скрытую в человеке информацию по его локальным поступкам и распространять эту информацию на всё его поведение. Это позволяет руководителю тушения пожара, учитывая опыт многих специалистов, отражённый в информационной базе модуля, а также свой опыт, принять наиболее предпочтительное решение, которое с полным основанием можно считать "оптимальным".

Кроме того, компьютерный модуль сохраняет результат принятого решения в виде файла системы данных, который может использоваться при предварительном планировании действий по тушению пожаров, а также при анализе принятых решений в ходе разбора тушения пожаров.

## Литература

1. *Сборник* нормативно правовых и методических документов по обеспечению защищенности критически важных объектов Российской Федерации / Глазачев О.А., Камзолкин В.Л., Лисица В.Н., Седельников Ю.В., Таранов А.А. М.: ДГЗ МЧС России; ЗАО "Научно-проектный центр исследований риска и экспертизы безопасности", 2009. 496 с.
2. *Абрамов А.П.* Методология проектирования автоматизированной информационной системы поддержки принятия решений при тушении пожара // Сборник материалов Международного симпозиума "Комплексная безопасность России – исследования, управление, опыт". М.: ИИЦ ВНИИ ГОЧС, 2002. С. 312-313.
3. *Системы* поддержки принятия управленческих решений при тушении пожаров / Тетерин И.М., Топольский Н.Г., Прус Ю.В., Климовцов В.М. М.: Академия ГПС МЧС России, 2008. 102 с.
4. *Семенов А.О.* Сбор и обработка данных оперативной обстановки на пожаре // Пожаровзрывобезопасность, №4. 2006. С. 31-34.
5. *Ногин В.Д.* Принятие решений в многокритериальной среде: количественный подход. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. 144 с.
6. *Тараканов Д.В., Седых К.Г.* Аддитивный метод модификации векторного критерия для поиска наилучшего решения (АММВК) // Свидетельство об официальной регистрации в Реестре программ для ЭВМ № 2010613492 от 28 мая 2010 г. (Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам).
7. *Ларичев О.И.* Теория и методы принятия решений. М.: Университетская книга, Логос, 2008. 392 с.