

*Н.Д. АБДРАХИМОВА*, доцент, зав. кафедрой Академии Управления при Президенте Кыргызской Республики (г. Бишкек),

*И.Г. ЯР-МУХАМЕДОВ*, доцент Кыргызско-американского факультета интернет Института интеграции международных образовательных программ Кыргызского национального университета (г. Бишкек)

### ЗАДАЧА ВЫБОРА НА ОСНОВЕ ПРЕДПОЧТЕНИЙ

У роботі розглянуті основні поняття, які пов'язані з проблематикою систем підтримки прийняття рішень і моделлю задачі багатокритеріального вибору в умовах наявності якісної інформації. Запропоновано метод пошуку екстремуму і технологія рішення задачі. Реалізовано додаток з застосуванням HTML+JavaScript.

This article contains brief descriptions of decision support problem and qualitative multiobjective model. We have suggested a new method and developed a knowledge-based system for improving the efficiency of automated DSS by 1) ensuring the correctness and completeness of data, and 2) generating decisions that reflects human intelligence. The system is implemented in HTML+JavaScript and currently runs on personal computers

**Постановка проблемы.** Задача выбора на основе предпочтений является одной из наименее разработанных в теории и практике принятия решений и методов поиска экстремума при наличии многих критериев [1 – 9]. Одним из наиболее известных и проработанных до коммерческой компьютерной реализации является метод анализа иерархий Т. Саати [8]. Его сложность с точки зрения использования заключается в необходимости оценки соотношений по шкале, которая сложна для пользователя (эксперта). Кроме того, нередки ситуации, когда возможности оценивания очень ограничены в силу значительной неопределенности ситуации. В этих случаях желательно иметь более простое в использовании средство для целей извлечения предпочтений, их обработки и представления результатов для принятия компромиссных решений.

**Анализ литературы.** Актуальность разработки методов многокритериального выбора не вызывает сомнений. Особое место среди них занимают методы, базирующиеся на неколичественных (качественных) оценках эксперта или лица, принимающего решение (ЛПР). Для изложения сущности метода определены основные понятия, свойственные данной области знания. Источниками для них послужили публикации [1 – 13], перечисленные в приведенном в конце работы списке литературы. В качестве основного элемента или элементарной процедуры преобразования оценок принят метод решения задачи о лидере [10]. Для синтеза решения использован метод, аналогичный описанному в [8].

**Цель статьи.** Изложение одного из подходов к решению задачи выбора с освещением основных понятий, свойственных данной области знания, и послуживших исходными положениями для предлагаемого метода, а также краткой характеристики варианта его компьютерной реализации.

#### 1. Основные понятия

**Проблема.** Проблемой называют ситуацию, характеризующуюся наличием существенных различий между существующим положением дел и тем, каким его хотелось бы видеть.

Формальными признаками проблемной ситуации являются:

- несоответствие между действительным и желаемым состоянием объекта либо течением процесса;
- наличие возможностей достижения желаемого (целевого) состояния исходя из существующего;
- наличие возможностей выбора путей достижения целей.

Если отсутствует хотя бы одна из этих составляющих, то мы не можем говорить о наличии проблемы. Если отсутствует несоответствие, то вообще не имеет смысла говорить о проблеме. Если есть несоответствие, но не существует никаких возможностей его преодоления, то проблема просто неразрешима, а значит и заниматься ею – пустая трата сил. Если возможность есть, но она является единственной, то нет выбора, а значит нечего решать.

**Задача.** В отличие от проблемы, где известны, пусть в самых общих чертах, то, что “дано” – исходная ситуация, и “что требуется найти” – целевое состояние, в задаче определено и “как” получить из исходных данных желаемый результат. Задача состоит из трех частей, взаимосвязь и развитие которых в процессе формирования проблемы и ее преобразования в задачу показаны на рис.

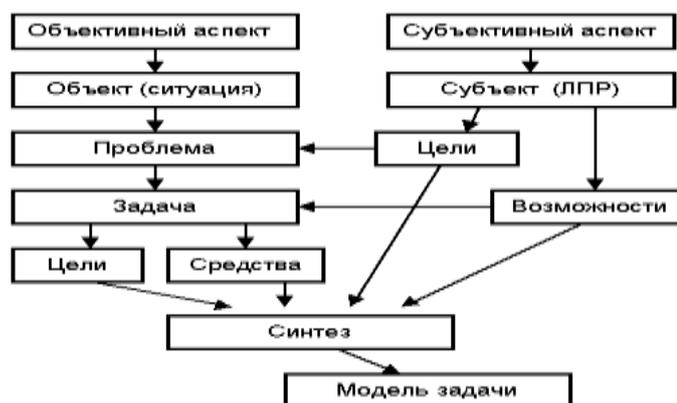


Рис.

Задача разработки и принятия управленческого решения рассматривается, состоящей из следующих элементов (см. табл. 1).

Таблица 1

Что дано	Что следует определить
1. Исходная ситуация. 2. Ресурс времени на разработку и принятие управленческого решения. 3. Ресурсы различных видов (кроме временного).	1. Множество гипотетических ситуаций, доопределяющих исходную проблемную ситуацию. 2. Множество вероятностных характеристик перечисленных выше гипотетических ситуаций. 3. Множество целей (желаемые результаты). 4. Множество ограничивающих условий (физические, экономические, правовые ограничения). 5. Множество возможных (допустимых) решений. 6. Функция предпочтения решений. 7. Критерий выбора.

Для дополнения (доопределения) приведенной в таблице проблемы до задачи требуется указать метод ее решения или, хотя бы, пути, которые могли бы привести к ее решению. Для этого следует остановиться на специфике задач разработки решения. Для задач этого класса характерна значительная неопределенность исходных данных. Поэтому возможности применения количественных методов сильно ограничены. Вычислительная техника и программные средства играют вспомогательную роль средства выполнения рутинных операций. Основная роль отводится интуитивному (подсознательному) мышлению эксперта и лица, принимающего решение. Поэтому субъективный аспект процесса разработки решения, наряду с объектным, выходит на первый план.

**Технология решения задач.** Процесс решения задачи состоит в поэтапном снижении степени неопределенности задачи до тех пор, пока не будет получено оптимальное или приемлемое решение. Он состоит из следующих шагов: структуризация; характеристика; оптимизация.

**Структуризация** предполагает выделение основных аспектов рассмотрения проблемы, вычленение в разрезе каждого из них структурных элементов и выявление их взаимных связей. Проблема или задача рассматривается как сложная (многоаспектная) и большая (состоящая из элементов и подсистем различных уровней).

**Характеристика** заключается в оценке как самих аспектов, так и отдельных составляющих проблемы или задачи по каждому из аспектов. Оценки могут быть как качественными, так и количественными.

**Оптимизация** состоит в выборе наилучшего решения. Она обычно осуществляется в неявном виде на основе критерия и системы предпочтений, которые также могут не иметь определенного формального представления.

**Отношение.** Бинарным отношением называют множество пар объектов, для которых справедливо  $x, y \in R$ , где  $R$  – отношение, а  $x$  и  $y$  – объекты. Отношения задаются перечислением, с помощью таблиц либо методом сечений.

### **Свойства отношений**

**Рефлексивность** – отношение объекта к самому себе является истинным. К примеру, отношение “собрать информацию для (кого-либо)” обладает свойством рефлексивности – информацию можно собирать для себя.

**Симметричность** – если один объект связан с другим отношением, обладающим свойством симметричности, то из этого следует, что второй связан с первым этим же отношением. Свойством симметричности обладает отношение равенства объектов.

**Транзитивность** – для транзитивного отношения справедливо следующее: если один объект связан с другим, а этот последний – с третьим, то из этого следует, что первый связан с третьим. Это свойство присуще, в частности, отношению “быть другом” в известном высказывании “друг моего друга – мой друг”.

**Виды отношений.** К наиболее часто используемым классам отношений относят отношения:

- **эквивалентности** – они обладают свойствами рефлексивности, симметричности и транзитивности;
- **квазипорядка** – они обладают свойствами рефлексивности и транзитивности;
- **строгого порядка** – им присущи свойства антирефлексивности и транзитивности.

**Измерение** есть сопоставление объекта с эталоном или с другим объектом. Результат измерения есть бинарное отношение между объектами по некоторому признаку или характеристике. Измерение заключается в отображении элементов эмпирической системы на множество чисел таким образом, чтобы отношения между числами сохраняли отношения между объектами.

**Шкалой** называют совокупность эмпирической системы, числовой системы и отображения первой во вторую. Под эмпирической системой понимают, в свою очередь, множество объектов и отношений между ними. Под числовой – множество чисел и отношений между ними.

### **Виды шкал**

**Шкала наименований** показывает принадлежность объекта некоторому классу. Иначе ее называют классификационной шкалой.

**Шкала порядка** позволяет упорядочить (ранжировать) объекты.

**Шкала интервалов** показывает различия объектов по степени обладания определенным свойством.

**Абсолютная шкала** имеет, в отличие от других, единичный масштаб и нулевую точку отсчета. Используется для измерения количеств.

**Шкала отношений** показывает, во сколько раз один объект превосходит другой в разрезе выбранной характеристики или свойства.

### **Структура системы экспертного оценивания.**

Отношения между элементами в системе оценивания могут быть представлены табл. 2.

Таблица 2

## **2. Методы поиска оптимальных решений**

**Иерархия решений.** Процесс нахождения оптимального решения может быть представлен как процесс последовательного сужения области поиска от всего множества исходных решений к единственному оптимальному (см. табл. 3).

Этот процесс представлен в самом общем виде. Он правилен, но вряд ли применим непосредственно для решения конкретных задач. В зависимости от специфики задачи каждый из этапов или каждое из средств могут быть конкретизированы. Мы будем рассматривать ситуацию, при которой отсутствуют какие-либо количественные данные, которые можно было бы использовать при решении задачи и требуется найти решение, руководствуясь только качественными оценками.

Методы и средства управления процессами анализа и синтеза управленческого решения, а также выбора наилучшего из множества допустимых решений		
1. Методы интуитивно-логического анализа различных аспектов проблемной ситуации (выполняются человеком).	2. Качественные и количественные методы обработки результатов оценивания (выполняются человеком и программно-техническими средствами).	3. Методы выбора единственного решения (выполняются человеком, возможно, с помощью компьютера).

Таблица 3

Иерархия решений	Что используется для сужения области поиска
1. Исходное множество альтернативных решений.	1. Множество ограничений. Их учет позволяет отсеять ряд решений, не удовлетворяющих тому или иному ограничению.
2. Множество допустимых (приемлемых) решений.	2. Система предпочтений. С их помощью формируется множество Парето (множество недоминируемых решений).
3. Множество эффективных решений.	3. Выбор оптимального решения “волевым” порядком либо с привлечением дополнительной информации.
4. Оптимальное (единственное) решение.	

**Задача о лидере.** Одним из самых простых и наиболее приемлемых средств выявления и фиксации предпочтений человека-эксперта является метод парных сравнений. Он требует указания отношения порядка или частичного порядка для каждой из пар элементов, в качестве которых могут выступать допустимые решения. Введем следующие обозначения:  $X = \{X_i : i = 1, 2, \dots, n\}$ , где  $X$  – множество решений, мощность которого равна  $n$ ;  $A = (a[i, j])$  – квадратная матрица, элементы которой показывают отношения между решениями с индексами  $i$  и  $j$ , где:  $i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, n$ .

В [10] описан алгоритм преобразования матрицы парных сравнений в систему интегральных предпочтений. Получаемые при этом коэффициенты интегральной предпочтительности могут использоваться как оценки весов решений при сравнении или выборе.

### 3. Задача многокритериального выбора на основе предпочтений

Технология решения задачи при наличии одного критерия очевидна и сводится к реализации метода, известного как метод решения задачи о лидере. Наличие нескольких критериев, что свойственно задачам организационно-экономического типа, требует рассмотрения их взаимосвязей и разработки методов их человеко-машинного соизмерения для комплексной оценки потенциальных решений.

Мы предполагаем, что каждая из целевых функций формулируется содержательно и не может быть вычислена для рассматриваемых решений. При этом каждая из них отличима от других и характеризует свой аспект видения проблемы. Иными словами, количество аспектов, в которых должны анализироваться возможные решения, равно количеству целевых функций.

В разрезе каждого из неформализованных критериев (целевых функций) необходимо выявить систему предпочтений. Она извлекается в виде совокупности результатов парных сравнений альтернатив и затем преобразуется в систему интегральных предпочтений.

Для учета важности отдельных аспектов при соизмерении альтернатив, требуется осуществить оценку аспектов (целевых функций). Для этого мы можем произвести серию попарных сравнений и составить таблицу типа "объект-объект", задав, таким образом, отношение порядка или частичного порядка на множестве аспектов. Далее матрица парных сравнений преобразуется в вектор интегральных коэффициентов либо рангов соответствующих аспектов.

Простейший вариант метода поиска компромиссного решения, который далее может быть осуществлен без вмешательства человека, может быть представлен предлагаемой последовательностью шагов. Для их описания введем следующие обозначения.  $V = (v_1, v_2, \dots, v_m)'$  – вектор весовых коэффициентов (интегральных предпочтительностей) критериев. Общее число аспектов равно  $m$ .  $K = (k[i, l])$  – матрица интегральных предпочтительностей вариантов решений (индекс  $i$ , изменяющийся от 1 до  $n$ ) в разрезе аспектов (индекс  $l$ , изменяется от 1 до  $m$ ).

В принятых обозначениях формула вычисления предпочтительности решения, учитывающая все аспекты вместе с их важностями, может быть представлена (в матричных обозначениях) так:  $P = K \times V$ . Лицо, принимающее решение, выбирает решение, которое имеет наибольшую предпочтительность. Это не составляет никакого труда, так как это решение соответствует наибольшей компоненте вектора  $P$ .

Недостатком этого метода является то, что весовые коэффициенты позволяют определить относительный порядок решений в разрезе того или иного критерия либо относительную важность критериев, но не являются в полном смысле коэффициентами важности. В некотором смысле они занимают промежуточное положение между рангами и действительными весами. Поэтому, если требуется более обоснованное решение, необходимо включить человека в процесс его уточнения. Этому посвящен следующий раздел.

### 4. Анализ особенностей системы критериев

Цели, присущие субъекту, описываются с помощью систем предпочтений критериев и предпочтений возможных вариантов решений. Однако взаимосвязь между ними может быть недостаточно наглядной для обоснования того или иного выбора. Поэтому имеет смысл рассмотреть методы анализа взаимосвязей критериев по оценкам, полученным в соответствии с описанными выше алгоритмами.

Наиболее известным и отработанным средством анализа взаимосвязей между переменными является коэффициент корреляции. Он является мерой линейной зависимости. Имея интегральные оценки важности альтернатив в разрезе критериев, мы можем рассчитать коэффициенты корреляции. При наличии  $n$  альтернатив мы получим матрицу коэффициентов корреляции соответствующей размерности:  $R = K' \times K / n$ . Здесь предполагается, что векторы предпочтений центрированы и нормированы.

Коэффициент корреляции имеет смысл косинуса угла между векторами (точками в многомерном пространстве). Если он близок к единице, то соответствующие цели согласованы. В противном случае они качественно разнородны. Если же знак коэффициента корреляции отрицателен, то цели противоположны и противоречат друг другу. В этом случае выбор компромисса осложняется, но это не значит, что его не существует. Близость коэффициента корреляции к его минимально возможному значению говорит о том,

что рассматриваемые аспекты совпадают с точностью до знака. Один из критериев фактически может быть заменен на другой с изменением знака на противоположный

### **5. Компьютерная реализация**

Приложение разработано для целей обучения студентов различных специальностей. Для будущих экономистов и менеджеров важно дать представление о средствах компьютерной поддержки процессов анализа проблемы, формулирования альтернатив, выбора критериев, оценки решений и многокритериального выбора. Для студентов со специализацией в области информатики и программирования, кроме этого, необходимо показать использование средств, технологию и результаты работы над сравнительно небольшим проектом. Исходя из этого, был выбран вариант компьютерной реализации, основанный на возможностях построения клиентских гипертекстовых приложений. Он характеризуется тем, что интерфейсные возможности описываются с помощью языка HTML, программная функциональность обеспечивается языком JavaScript.

Процесс работы приложения заключается в последовательном выполнении следующих функций.

1. Ввод размерностей задачи и генерация форм ввода данных.
2. Ввод наименований критериев и альтернатив.
3. Ввод результатов парных сравнений.
4. Логическая проверка результатов оценивания.
5. Расчет относительных весов альтернатив и критериев.
6. Синтез итоговых оценок.
7. Вывод результатов расчета.

При необходимости, как исходные данные, так и результаты могут быть сохранены в файле для последующего использования пакетом или документирования процесса и результатов решения задачи.

**Выводы.** Анализ и учет взаимосвязей аспектов задач позволяет осуществлять углубленную проработку решений и повысить степень их обоснованности, а значит улучшить качество решений, при этом существенно не усложняя оценочную работу человека-эксперта. Относительная простота получения оценок позволяет использовать приложение в целях обучения.

**Список литературы:** 1. *Алтишуллер Г.С., Злотин Б.Л., Зусман А.В., Филатов А.И.* Поиск новых идей: от озарения к технологии. – Кишинев: Картя Молдовеняска, 1989. – 381 с. 2. *Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г.* Экспертные оценки. – М.: Наука, 1973. – 159 с. 3. *Ванделин А.Г.* Подготовка и принятие управленческого решения. – М., 1977. 4. *Евланов Л.Г.* Основы теории принятия решений. – М.: АНХ, 1979. – 212 с. 5. *Оптнер С.Л.* Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем. – М.: Сов. радио, 1969. – 216 с. 6. *Пфанцгаль И.* Теория измерений. – М.: Мир, 1976. – 248 с. 7. *Райфа Г.* Анализ решений: Введение в проблему выбора в условиях неопределенности. – М.: Наука, 1977. – 407 с. 8. *Саати Т., Кернс К.* Аналитическое планирование. Организация систем. – М.: Радио и связь, 1991. – 223 с. 9. *Черняк Ю.И.* Системный анализ в управлении экономикой. – М.: Экономика, 1975. – 191 с. 10. *Берже К.* Теория графов и ее применение. – М.: Иностранная литература, 1962. – 316 с. 11. *Юдин Д.Б.* Математические методы управления в условиях неполной информации. – М.: Сов. Радио, 1974. – 399 с. 12. *Яр-Мухамедов И.Г.* Метод анализа иерархий Т. Саати. Учебн. пособие. – Бишкек: ИЛИМ, 1997. – 12 с. 13. *Яр-Мухамедов И.Г.* Модели, методы и средства имитации. – Бишкек: Изд-во МУК, 1997. – 32 с.

*Поступила в редакцию 20.09.2005*