

# ИНФОРМАТИКА

---

УДК 681.511

МРНТИ 28.15.23

***Р. Д. Алибеков, А. Ж. Шотанбаева, И. Т. Утепбергенов***

Казахская академия транспорта и коммуникаций  
им. М. Тынышпаева

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ В ЗАДАЧАХ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ**

---

Показано, что перечень базисных свойств является необходимым и достаточным для предоставления задач рационального выбора в оперативном диспетчерском управлении. Этот перечень позволяет также объединить все основные задачи рационального выбора, решаемые в рамках различных теорий.

**Ключевые слова:** управление, принятие решений, оптимизация, классификация.



Оперативті диспетчерлік басқаруда рационалды таңдау есептерін ұсыну үшін базисті қасиеттердің тізімі қажетті және жеткілікті болатындығы көрсетілді. Сонымен қатар, бұл тізім әр түрлі теориялар шеңберінде шешілетін рационалды таңдаудың барлық тапсырмаларын біріктіруге мүмкіндік береді.

**Кілт сөздер:** басқару, шешім қабылдау, оптималдау, классификация.



It is shown that the list of basic properties is necessary and sufficient to represent the problems of rational choice in the tasks of operational dispatch management. This list also allows combining all the basic tasks of rational choice to be solved within various theories.

**Key words:** control, decision-making, optimization, classification.

В системах диспетчерского управления наиболее перспективно комбинированное управление, т.е. сочетание управляющего компьютера с диспетчером-оператором. В этом случае

---

компьютер должен оперативно выполнять наиболее трудоемкую работу по оценке входной информации и выдавать оператору рекомендации (советы) по управлению, которые могут быть приняты или отвергнуты им с учетом известной ему дополнительной неформализованной информации.

В стандартных ситуациях из режима совета компьютера система легко может быть переведена в режим автоматического управления. Однако предпочтительнее все же сохранять за оператором функции окончательного выбора управляющего решения, так как для обратного перехода от автоматического управления потребуется значительное время на восприятие оператором сложившейся ситуации в системе. Для этого могут применяться системы интеллектуализации на основе рационального выбора.

С целью обеспечения универсальности системы и возможности ее дальнейшего развития была принята парадигма "функционального" проектирования системы [1]. Ее идея заключается в построении такого функционального базиса, который позволяет реализовать любую задачу рационального выбора объектов в дискретном множестве. Для конструирования базиса потребовался анализ сходства и различия задач выбора, решаемых в области диспетчерского управления на транспорте. Каждая из них характеризуется своим набором свойств. На основе такого анализа сходства и различия задач рационального выбора сформулирован следующий функциональный базис их свойств [2]:

$$F = \{T, U, N, R, D, C, P, S\}. \quad (1)$$

Каждый из символов выражения (1) обозначает множество, элементы которого представляют собой группу однородных базисных свойств, характеризующих задачу рационального выбора. Символом T(task) обозначаются основные классы задач

$$T = \{T_s, T_r, T_c\},$$

где  $T_s$  – задачи отбора;  
 $T_r$  – задачи упорядочения;  
 $T_c$  – задачи выбора.

Символом  $U(\text{utility})$  обозначены функции полезности, наиболее часто используемые в задачах рационального выбора

$$U=\{\Sigma, \Pi, \text{Ord}, \text{Max} (\text{Min})\},$$

где  $\Sigma$  – аддитивная свертка аргументов;

$\Pi$  – мультипликативная свертка;

$\text{Ord}$  – упорядочение аргументов;

$\text{Max} (\text{Min})$  – поиск аргумента с максимальным (минимальным) значением.

В качестве аргументов этих функций используются абсолютные  $y_j$  и относительные  $y_j'$  - значения признаков,  $j=1, \dots, n$ , отклонение значения  $j$ -го признака  $y_j$  от заданного значения  $c_j$ , а также значения функции принадлежности  $i_j(\check{d}_j)$  в задачах нечеткой классификации.

Символ  $N(\text{normalization})$  характеризует потребность в нормализации признаков при вычислении значения функции полезности:

$$N=\{0, \text{Min}, \emptyset\},$$

где  $0$  – нормирование  $y$ -го признака от начала шкалы  $[0, y_{j,\text{max}}]$ ;

$\text{Min}$  – нормирование  $y'$ -го признака в диапазоне  $[y_{j,\text{min}}, y_{j,\text{max}}]$ ;

$\emptyset$  – отсутствие нормирования.

Символ  $R(\text{role})$  означает роль признака в оценке объекта и используется либо в качестве критерия, либо в качестве ограничения  $R=\{\text{Criterion}, \text{Constraint}\}$ . При использовании в качестве критерия ему задается любое направление оптимизации  $D$ , ( $\text{DirOpt}$ ) для первичных критериев и одно из них ( $\text{Max}$  или  $\text{Min}$ ) - для оптимизации глобального и локальных критериев.

Символом  $C$  обозначаются значения ограничений, а символом  $t$  - их тип, соответствующий предикату  $P \in \{ "=", " \geq ", " \leq " \}$ . В пространстве признаков они представляются векторами:

$$c=(c_p, \dots, c_p, \dots, c_n) \text{ и } t=(t_p, \dots, t_p, \dots, t_n),$$

где  $c$  – вещественная, целочисленная или символьная переменная;

$t_j$  – значение предиката  $p$ .

Символ  $P$ (precision) характеризует способы задания точности исходных данных и получаемых результатов. Изменение точности задания исходных данных используется в задачах отбора, а "размытость" общей оценки - в задачах упорядочения объектов.

Символ  $S$ (scale) характеризует шкалу, в которой измеряется функция полезности. Минимальный набор шкал включает:

- абсолютную шкалу  $A$ , в которой вычисляется функция полезности;
- балльную шкалу  $B$ , в которую могут пересчитываться ее значения;
- вещественную шкалу  $L$ , в которой вычисляется функция полезности без нормирования:  $S = (A, B, L)$ .

Совокупность фиксированных значений свойств из базиса  $F$ , присущих решаемой задаче выбора, является моделью задачи выбора. В табл. 1 приведены базисные свойства задач выбора объектов для оперативного управления:

Таблица 1

**Базисные свойства задач выбора объектов**

| Задача                        | $N$         |   |     | $P$  |     | DipOrt   | t(Cons) |        |         |
|-------------------------------|-------------|---|-----|------|-----|----------|---------|--------|---------|
|                               | $\emptyset$ | 0 | Min | Crit | Ctr |          | $\geq$  | $\leq$ | $=$ [.] |
| Отбор недоминируемых объектов | V           |   |     | V    |     | Max, Min |         |        |         |
| Отбор по ограничениям         | V           |   |     |      | V   |          | V       | V      |         |
| Поиск по цели                 | V           |   |     |      | V   |          |         |        | V       |

Задачи отбора недоминируемых объектов (множества Парето) и отбора их по ограничениям значений свойств различаются ролью свойств в оценке объектов. В задачах первой группы свойства используются в роли критериев (Ctr), которым задается направление оптимизации значений (максимизация или минимизация). При отборе по ограничениям каждому свойству сопоставляется ограничение (Ctr) на допустимое значение. Поиск по цели отличается от отбора объектов по ограничениям

требования полного совпадения вектора ограничений. В пространстве свойств они представляются векторами:  $c=(c_1, \dots, c_p, \dots, c_n)$  с вектором значений свойства  $y_i=(y_{i1}, \dots, y_{i1}, \dots, y_{in})$ , характеризующим отобранный  $i$ -й объект.

Поскольку вероятность нахождения  $i$ -го объекта по совокупности значений  $c=(c_1, \dots, c_p, \dots, c_n)$  убывает с ростом размерности пространства свойств, для получения непустого результата отбора точечное значение  $c_j, j=1, \dots, n$  может заменяться на интервальное ( $t(Cons)$ : " $=$ "  $\rightarrow$  " $]$ "), что соответствует переходу к поиску приближенной цели. Величина интервала подбирается, исходя из важности каждого показателя: чем она больше, тем интервал значений меньше (табл. 2).

Таблица 2

**Разложение по свойствам задач упорядочения**

| Задача                      | U        | N           |   | P   |      |     | Dir Opt          | t(Cons) |        |
|-----------------------------|----------|-------------|---|-----|------|-----|------------------|---------|--------|
|                             |          | $\emptyset$ | 0 | Min | Crit | Ctr |                  | $\geq$  | $\leq$ |
| Приоритет критериев         | Ord      | V           |   |     | V    |     | Max              |         |        |
| Учет минимальных достижений | $\Sigma$ |             | V |     | V    |     | Max, Min         |         |        |
| Максимум достижений         | $\Sigma$ |             |   | V   | V    |     | Max, Min         |         |        |
| Равномерность значений      | $\Pi$    |             | V |     | V    |     | Max, Min         |         |        |
| Соответствие цели           | $\Sigma$ |             |   | V   |      | V   | Min (=0)         |         | V      |
| Соответствие ограничениям   | $\Sigma$ |             |   | V   |      | V   | Min ( $\leq 0$ ) | V       | V      |

Относительно роли свойств в упорядочении объектов эти задачи делятся на 2 группы. В первых 4-х задачах упорядочение объектов выполняется на основе значений их свойств, которые рассматриваются в роли критериев оптимизации. Первая из этих задач сводится к многомерной сортировке массива объектов. Ее последовательность определяется приоритетом критериев. Остальные 3 задачи этой группы различаются между собой требованиями к наилучшему объекту.

Таблица 3

**Разложение в базисе свойств задач выбора, которые характеризуются прямым нахождением наилучшего варианта**

| Задача                 | $V$        | $N$         |   |     | $P$  |     | Dir Opt | $t(\text{Cons}) = [,]$ |
|------------------------|------------|-------------|---|-----|------|-----|---------|------------------------|
|                        |            | $\emptyset$ | 0 | Min | Crit | Ctr |         |                        |
| Поиск по свойствам     | V          |             |   |     |      |     | V       | V                      |
| Нечеткая классификация | $\sum \mu$ |             |   | V   | V    |     |         | Max                    |
| Выбор по Байесу        | $\sum$     | V           |   |     | V    |     |         | Max                    |
| Максиминная стратегия  | Max        | V           |   |     | V    |     |         | Max                    |
|                        | Min        |             |   |     |      |     |         | Min                    |

В табл. 3 представлено разложение в базисе свойств задач выбора, которые характеризуются *прямым* нахождением наилучшего варианта. Из них наиболее простой является задача поиска объекта, удовлетворяющего заданной совокупности свойств. В отличие от задач ранжирования объектов по степени приближения к заданным требованиям здесь рассматривается только факт обладания перечнем заданных свойств. Это означает, что свойства объектов представляются двоичными переменными. Например, если  $j$ -й признак интерпретировать реакцией испытуемого объекта на  $j$ -е воздействие (правильная или неправильная реакция), то эта задача решает проблему диагностирования неисправности объекта.

Если в качестве функции полезности использовать обобщенную оценку принадлежности объекта  $k$ -му классу ( $k \geq 2$ ), то его отнесение к одному из классов можно интерпретировать как выбор в задаче нечеткой классификации объектов [1]. Такой выбор осуществляется в задачах классификации с нечеткими границами между классами.

Таким образом, как следует из вышеизложенного, перечень базисных свойств является необходимым и достаточным для представления задач рационального выбора в задачах диспет-

черского управления. Этот перечень позволяет также объединить все основные задачи рационального выбора, решаемые в рамках различных теорий.

### **Литература**

1 *Микони С. В., Сорокина М. И.* Конструирование методов выбора и ранжирования на основе функционального базиса: Сб. докл // Междунар. конф. по мягким вычислениям и измерениям SCM. – Спб.: СПбГЭТУ. – 2003. – Т. 1. – С. 119-122.

2 *Микони С. В.* Теория и практика рационального выбора: Монография. – М.: Маршрут, 2004. – 463 с.