

## МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЙ ВЫБОР ПОСТАВЩИКОВ ТОВАРОВ

А. Ф. Альмухаметова, М. Ю. Королева

Одной из важнейших задач при функционировании производственных и торговых предприятий является их своевременное обеспечение требуемыми ресурсами (товарами). Актуальность выбора эффективного поставщика определяется тем фактом, что в настоящее время в связи с развитием того или иного рынка ресурсов или товаров растет количество поставщиков и потребителей. При этом главным фактором является то, что в условиях постоянно обостряющейся конкуренции, с одной стороны, возможные различия между поставщиками становятся менее заметными, постоянно совершенствуются и расширяются условия приобретения товаров и сервис, а с другой стороны, компания-покупатель, находясь в таких же рыночных условиях, вынуждена сама формировать конкурентоспособное предложение с минимальными затратами ресурсов [1].

В настоящее время на рынке существует множество поставщиков, реализующих один и тот же товар на различных условиях. Территориальная удаленность поставщиков от потребителя, различный объем запасов реализуемых ими товаров, нестабильность спроса на товары, желание получить максимальную прибыль от их реализации и другие факторы затрудняют однозначный выбор оптимального поставщика.

Такой выбор возможно провести с использованием совокупности количественных характеристик рассматриваемых поставщиков. В работе [1] предлагается при выборе эффективных поставщиков руководствоваться следующими показателями:

- цена товара у поставщика;
- минимальный и максимально возможный объем одной поставки;
- время поставки;
- возможные отклонения от установленного срока поставки;
- дополнительные расходы на обработку поставки (упаковка, дополнительные коммерческие расходы и т.д.);
- затраты на транспортировку товара.

Однако в этой работе не приводится конкретный метод выбора оптимальных поставщиков.

Отметим, что состав показателей оценки поставщиков может существенно изменяться. Кроме того, в состав таких показателей могут войти те, которые в явном виде не оцениваются количественно. Таким показателем является, например, качество реализуемых поставщиком товаров.

В составе приведенного выше множества показателей оценки поставщиков имеются противоречивые показатели. Например, при сокращении срока поставки стоимость заказа, как правило, увеличивается.

Актуальность разработки общего метода выбора оптимальных поставщиков связана также с необходимостью включения в состав информационных систем производственных и торговых организаций соответствующих информационных технологий. Отметим, что в монографии [2] отсутствуют методы и примеры разработки информационных технологий для решения задач подобного класса.

В [3] при наличии множества противоречивых критериев выбора решений предлагается подход, связанный с их оптимизацией по Парето.

Сформулируем общую постановку задачи многокритериального выбора оптимальных поставщиков. Пусть отдел продаж и маркетинга предприятия подготовил данные о предлагающих свои услуги на рынке  $N$  поставщиках необходимого в данный момент времени конкретного вида товара. Будем считать, что для оценки поставщиков используется вектор показателей  $W = (W_1, W_2, \dots, W_k)$ . Этот вектор для каждого поставщика принимает различные значения. Не ограничивая общности можно считать, что все частные критерии необходимо минимизировать, т.е.

$$(W_{1i}, W_{2i}, \dots, W_{ki}) \rightarrow \min_{1 \leq i \leq N}, \quad (1)$$

где  $W_{ji}$  –  $j$ -й показатель эффективности  $i$ -го поставщика,  $i = \overline{1, N}$ .

В работе [4] паретооптимальные решения, полученные на дискретном множестве оценок, предлагается находить с использованием понятия ортанта. В этой работе приводится графический пример решения такого класса задач, но не предлагается общий метод, позволяющий решать задачу вида (1).

Рассмотрим наиболее распространенный на практике векторный критерий оценки поставщиков  $W = (C, T)$ , где  $C$  – стоимость,  $T$  – время выполнения заказа поставщиком. В этом случае задача (1) при  $k = 2$  конкретизируется следующим образом

$$(C_i, T_i) \rightarrow \min_{1 \leq i \leq N}. \quad (2)$$

При решении этой задачи будем использовать в качестве исходных данных непосредственное представление множества оценок  $G$  [4, 5], которое определяется совокупностью векторов  $(C_i, T_i)$ ,  $i = \overline{1, N}$ .

В основу метода выбора паретооптимальных поставщиков предлагается положить прямой перебор элементов множества  $G$  с использованием упорядочивающего конуса (ортанта) [4, 5], который имеет вид

$$C \leq C_s, T \leq T_s. \quad (3)$$

Графическое представление этого ортанта приведено на рис. 1а.

При построении паретооптимальных решений будем использовать следующее решающее правило: «Если некоторая  $r$ -я точка множества  $G$  с координатами  $(C_r, T_r)$  лежит в упорядочивающем конусе (ортанте) (3), т.е. выполняются условия вида (см. рис. 1а):

$$C_r \leq C_s, T_r \leq T_s, \quad (4)$$

то  $s$ -я точка этого множества считается неэффективной и исключается из последующего рассмотрения». Паретооптимальными решениями задачи в пространстве критерия (2) являются точки, у которых построенные в них ортанты не содержат других точек множества  $G$ . На рис. 1б показаны точки 1, 5, 8, являющиеся паретооптимальными решениями.

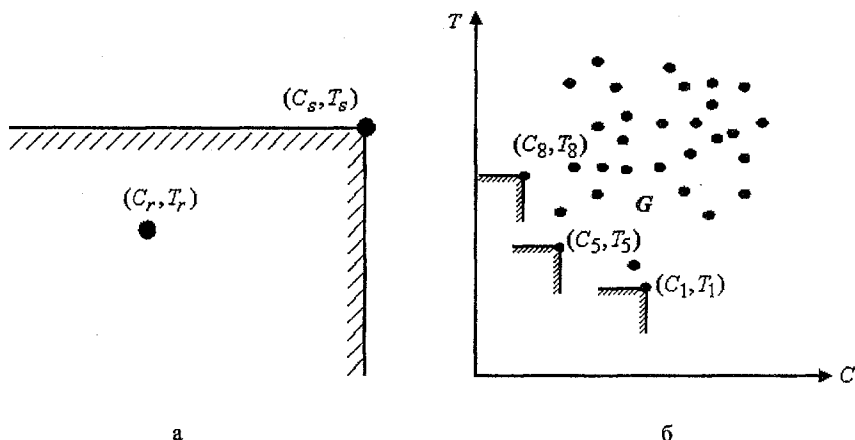


Рис. 1

Получив оптимальное по Парето множество решений, лицо, принимающее решения (менеджер по закупкам), должно выбрать из него конкретный компромиссный вариант, удовлетворяющий его с точки зрения учета неформализованных в решаемой задаче (2) условий.

Для практического применения рассмотренного метода предлагается использовать следующий алгоритм решения задачи [6].

1°. Путем прямого перебора элементов множества оценок  $G$  паретооптимальные решения будут выбираться следующим образом. Произвольная  $s$ -я точка  $(C_s, T_s)$  из множества  $G$  назначается текущей. Остальные точки множества сравниваются с ней, то есть для каждой  $r$ -й точки,  $r \neq s$ , проверяется выполнение условий вида (4).

2°. Если условия (4) выполняются,  $s$ -я точка этого множества считается неэффективной и исключается из последующего рассмотрения, а  $r$ -я точка назначается текущей и перебор точек продолжается. Если не выполняются оба условия из (4), то  $r$ -я точка этого множества считается не-

эффективной и исключается из последующего рассмотрения. Если не выполняется какое-либо одно условие из (4), а второе выполняется в виде строгого неравенства, то  $r$ -я точка оставляется в множестве  $G$ , и перебор осуществляется дальше.

3°. В результате в конце первого «прохода» по множеству  $G$  формируется одно паретооптимальное решение. Пусть это будет некоторая  $l$ -я точка  $(C_l, T_l)$ .

4°. Оставшиеся в множестве  $G$  точки сравниваются с  $l$ -й точкой. Тем самым из него исключаются те точки, которые будут неэффективны по сравнению с точкой  $(C_l, T_l)$ .

5°. Паретооптимальная точка  $(C_l, T_l)$  запоминается и исключается из множества оценок.

Этапы 1°-5° алгоритма повторяются до тех пор, пока в множестве  $G$  не останется ни одной точки.

В результате применения данного алгоритма формируется паретооптимальное множество поставщиков

$$J = \{i_1, i_2, \dots, i_m\},$$

где  $m < N$ . На рис. 1б это множество представляется как  $J = \{1, 5, 8\}$ .

Для каждого паретооптимального решения из памяти извлекаются соответствующие значения показателей  $(C_{i_\alpha}, T_{i_\alpha})$ ,  $\alpha = \overline{1, m}$ , которые выдаются лицу, принимающему решения, для последующего анализа.

При необходимости поиска единственного решения в паретооптимальном множестве предлагается использовать метод «идеальной» точки [7]. Для задачи (2) в качестве «идеальной» выбираем точку с координатами  $(C^*, T^*)$ , где  $C^* = \min_{1 \leq i \leq N} C_i$ ,  $T^* = \min_{1 \leq i \leq N} T_i$ . Далее для каждой точки сформированного паретооптимального множества вычисляется ее расстояние до «идеальной» точки по формуле вида

$$\rho_{i_\alpha} = \sqrt{(C_{i_\alpha} - C^*)^2 + (T_{i_\alpha} - T^*)^2}. \quad (5)$$

В множестве  $J$  выбирается индекс  $i_\beta$  такой, что

$$\rho_{i_\beta} = \min_{1 \leq \alpha \leq m} \rho_{i_\alpha}. \quad (6)$$

В этом случае выбирается поставщик, которому соответствует индекс (номер)  $i_\beta$ .

Для реализации вышеописанного алгоритма в составе информационной системы производственного или торгового предприятия предлагается прикладная информационная технология (ИТ) многокритериального выбора поставщиков товара [6], структура которой приведена на рис. 2. Все процедуры ИТ выполняются последовательно с извлечением требуемой

информации из базы данных (БД) информационной системы предприятия.

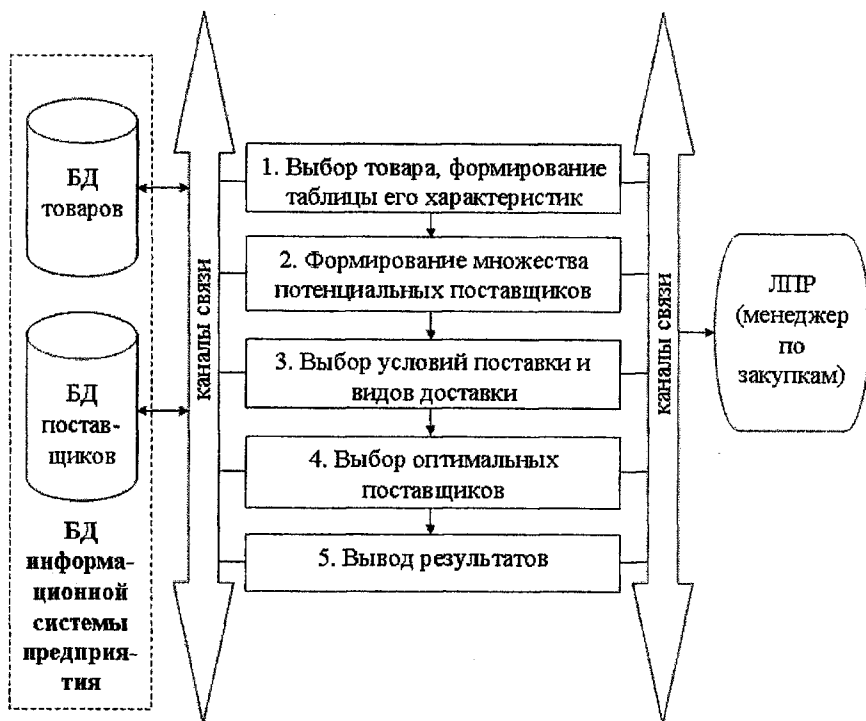


Рис. 2. Структура прикладной информационной технологии многокритериального выбора поставщиков товара

После выбора требуемого предприятию товара, поставщиков которого необходимо определить (процедура 1), производится динамическое формирование таблицы характеристик товара. На основе полученных данных в процедуре 2 осуществляется формирование потенциальных поставщиков товара. Результаты выполнения процедуры 3 используются для поиска в БД поставщиков тех предложений, которые удовлетворяют заданным параметрам. В результате формируется совокупность  $N$  поставщиков, среди которых в процедуре 4 осуществляется оценка и выбор оптимальных поставщиков товара по разработанному алгоритму.

Полученные результаты записываются в таблицу (процедура 5) и выдаются лицу, принимающему решения, для выбора конкретного варианта. Также для ЛПР выдаются рекомендации по выбору одного варианта с помощью отмеченного выше метода «идеальной» точки.

Данная ИТ была использована при совершенствовании информационной системы управления выбором поставщиков комплектующих изделий одного из предприятий г. Казани.

**Пример.** Пусть некоторое предприятие занимается производством ПЭВМ и серверов. Для этого требуются различные виды комплектующих изделий. Будем считать, что после работы процедур 1-3, приведенных на рис. 2, сформировалось множество из девяти поставщиков некоторого комплектующего изделия (КИ) с условными значениями показателей, представленными в табл. 1 и на рис. 3.

Табл. 1

№ п/п	Поставщик	Стоимость единицы КИ ( $C$ , евро)	Время поставки КИ ( $T$ , недель)
1	Фирма «А»	200.0	5
2	Фирма «В»	225.0	4
3	Фирма «С»	225.0	4
4	Фирма «D»	220.0	2
5	Фирма «Е»	210.0	5
6	Фирма «F»	210.0	5
7	Фирма «J»	230.0	3
8	Фирма «H»	238.0	5
9	Фирма «I»	230.0	4

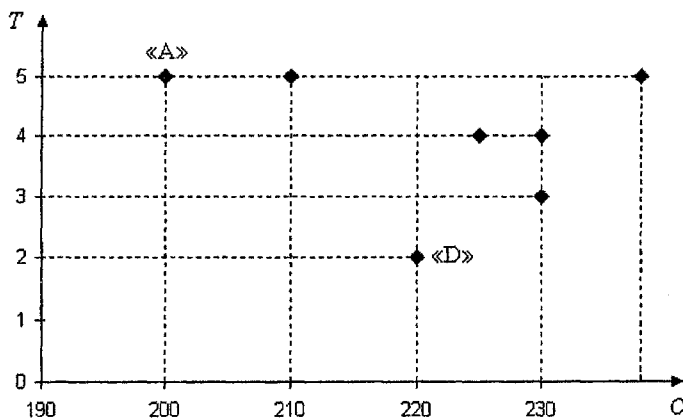


Рис. 3

После работы процедуры 4 получено следующее множество парето-оптимальных поставщиков  $J = \{1, 4\}$  (табл. 1). Если проанализировать предложения этих фирм, то видно, что фирма-поставщик «А» предлагает самую низкую цену за единицу комплектующего, но имеет достаточно большой срок поставки. Фирмы-поставщики «В» и «С» имеют наименьший срок поставки и одинаковую цену. Данные варианты выдаются ЛПР,

из которых он должен выбрать компромиссный вариант, устраивающий его с точки зрения учета неформализованных в решаемой задаче условий.

Если ЛПР будет использовать метод «идеальной» точки, то согласно выражениям (5), (6), требуемое комплектующее изделие необходимо получить от фирмы-поставщика «А».

В общем случае при решении задачи (1) можно использовать приведенный выше алгоритм, в котором условия упорядочивающего конуса (ортанта) вида (3) заменяются на условия

$$W_{ji} \leq W_{js}, \quad j = \overline{1, k}.$$

При этом структура представленной на рис. 2 прикладной информационной технологии многокритериального выбора поставщиков сохраняется.

### Литература

1. Новиков М.В. Маркетингово-экономическая модель аттестации поставщиков. // <http://www.cfin.ru>.
2. Крюков С.П., Бодрунов С.Д., Александровская Л.Н., Захаревич А.П., Кремлева И.В. Информационные технологии корпоративного менеджмента. – Спб.: Корпорация «Аэрокосмическое оборудование», 2006.
3. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. – М.: Наука, 1981.
4. Подиновский В.В., Ногин В.Д. Паретооптимальные решения многокритериальных задач. – М.: Наука, 1982.
5. Ногин В.Д. Принятие решений в многокритериальной среде. – М.: Физматлит, 2004.
6. Моисеев В.С., Альмухаметова А.Ф. Информационные технологии многокритериального выбора оптимальных поставщиков продукции // Будущее технической науки: Тез. докл. VI Международной молодежной научно-технич. конф. – Нижний Новгород: 2007. – С.37-38.
7. Салуквадзе М.Е. Об оптимизации векторных функционалов. I. Программирование оптимальных траекторий // Автоматика и телемеханика. - 1971. - №8. - С. 5-15.