

О.А. Пискалова, к.т.н., доцент, НУГЗУ

**СИНТЕЗ МОДЕЛИ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО
ПОСТАВЩИКА ПРОТИВОПОЖАРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В
УСЛОВИЯХ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОСТИ
И НЕЧЕТКОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ**

(представлено д-ром техн. наук Комяк В.М.)

Рассмотрена модель выбора оптимального поставщика противопожарного оборудования в условиях многокритериальности и нечеткой неопределенности. Проанализирован способ задания весовых коэффициентов и частных критериев в виде нечетких чисел.

Ключевые слова: выбор оптимальных поставщиков, многокритериальность, интервальная неопределенность, функция полезности, метод рейтинговых оценок.

Постановка проблемы. На сегодняшний день обеспечение пожарной безопасности является одной из самых актуальных задач. Пожары наносят большой материальный ущерб и в ряде случаев сопровождаются гибелью людей. Поэтому защита от пожаров является важнейшей обязанностью каждого члена общества и проводится в общегосударственном масштабе.

Противопожарная защита имеет своей целью изыскание наиболее эффективных, экономически целесообразных и технически обоснованных способов и средств предупреждения пожаров и их ликвидации с минимальным ущербом при наиболее рациональном использовании сил и технических средств тушения. Поэтому проблема выбора поставщика качественного противопожарного оборудования является особенно актуальной. Важность ее объясняется не только тем, что на современном рынке функционирует большое количество поставщиков одинаковых товаров, но главным образом тем, что поставщик должен быть надежным партнером предприятия. В настоящее время наблюдается повышение внимания к тщательному выбору поставщиков и предъявлению более высоких требований.

Процесс выбора поставщика включает в себя поиск и отбор предприятием потенциальных поставщиков противопожарного оборудования; оценивание поставщика проводится с точки зрения обеспечения поставок продукции требуемого качества, в требуемые сроки и по приемлемой цене.

Обычно решение покупателя зависит от его оценки способности поставщика удовлетворять критериям качества, объема, условий доставки, цены и обслуживания. Решения о выборе поставщика можно рассматривать как решения, принимаемые в условиях неопределенности.

Анализ исследований и публикаций. В настоящее время для выбора оптимального поставщика используется методика, которая предложена в [1-3]. Однако в данной методике не учитывается что на практике задача выбора оптимального поставщика решается в условиях неполноты знаний о взаимосвязи показателей поставщиков и, как следствие, неточного ее описания, невозможности или неточности измерения некоторых показателей, случайных внешних и внутренних воздействий и т.д. Дополнительная сложность заключается в том, что показатели разнородны и могут быть представлены в виде случайных величин, нечетких множеств или просто интервальных величин.

Постановка задачи и ее решение. Целью работы является анализ особенностей и обоснование модели выбора оптимального поставщика противопожарного оборудования предприятия в условиях многокритериальности и неопределенности исходных данных.

На практике выделяют следующие этапы решения задачи выбора поставщика:

1. Поиск потенциальных поставщиков.

При этом могут быть использованы следующие методы:

- объявление конкурса;
- изучение рекламных материалов: фирменных каталогов, объявлений в средствах массовой информации и т. п.;
- посещение выставок и ярмарок;
- переписка и личные контакты с возможными поставщиками.

В результате перечисленных мероприятий формируется список потенциальных поставщиков, который постоянно обновляется и дополняется.

2. Анализ потенциальных поставщиков.

Составленный перечень потенциальных поставщиков анализируется на основании специальных критериев, позволяющих осуществить отбор приемлемых поставщиков. Количество таких критериев может составлять несколько десятков. Однако зачастую ограничиваются ценой и качеством поставляемой продукции, а также надежностью поставок, под которой понимают соблюдение поставщиком обязательств по срокам поставки, ассортименту, комплектности, качеству и количеству поставляемой продукции.

К другим критериям, принимаемым во внимание при выборе поставщика, относят следующие: удаленность поставщика от потребителя; сроки выполнения текущих и экстренных заказов; наличие резервных мощностей; организация управления качеством у поставщика; психологический климат у поставщика; способность обеспечить поставку запасных частей в течение всего срока службы поставляемого оборудования; финансовое положение поставщика, его кредитоспособность и др.

Также следует обращать внимание на характеристики поставщи-

ка, которые свидетельствуют о его способности соответствовать заявленным требованиям покупателя: предыдущая история компании, развитость инфраструктуры, финансовое положение, организация и управление, репутация, местонахождение. С точки зрения управления отношениями с поставщиками ценность приобретенного потребителем товара или услуги – это окончательная (в долгосрочной перспективе) полезность этого приобретения. Это не обязательно самая низкая цена покупки, минимальные инвестиции в запасы, самое быстрое время доставки, или самый быстрый жизненный цикл, или самое высокое качество; это оптимальное сочетание всего перечисленного.

В результате анализа потенциальных поставщиков формируется перечень конкретных поставщиков, с которыми проводится работа по заключению договорных отношений.

3. Оценка результатов работы с поставщиками.

На выбор поставщика существенное влияние оказывают результаты работы по уже заключенным договорам. Для этого разрабатывается специальная шкала оценок, позволяющая рассчитать рейтинг поставщика [3].

В общем случае задачу выбора оптимальных партнеров можно свести к функции полезности

$$P(x) = \sum_{i=1}^n a_i k_i^H(x), \quad (1)$$

где $P(x)$ – функция полезности; a_i – относительные безразмерные весовые коэффициенты, для которых выполняются ограничения

$$\begin{cases} 0 \leq a_i \leq 1; \\ \sum_{i=1}^n a_i = 1, \forall i = 1, n; \end{cases} \quad (2)$$

а $k_i^H(x)$ – нормализованные, т.е. приведенные к изоморфному виду частные критерии [4]. Нормализация критериев проводится по формуле

$$k_i^H(x) = \left(\frac{k_i(x) - k_i^{HX}}{k_i^{HL} - k_i^{HX}} \right)^{\alpha_i}, \quad (3)$$

где $k_i(x)$ – значение частного критерия; k_i^{HL} , k_i^{HX} – соответственно наилучшее и наихудшее значение частного критерия, которое он принимает на области допустимых решений $x \in X$.

В зависимости от вида экстремума (направления доминирования)

$$k_i^{HL} = \begin{cases} \max_{x \in X} k_i(x), & \text{если } k_i(x) \rightarrow \max \\ \min_{x \in X} k_i(x), & \text{если } k_i(x) \rightarrow \min \end{cases} \quad (4)$$

$$k_i^{HX} = \begin{cases} \min_{x \in X} k_i(x), & \text{если } k_i(x) \rightarrow \max \\ \max_{x \in X} k_i(x), & \text{если } k_i(x) \rightarrow \min \end{cases} \quad (5)$$

общая модель определения полезности решения $x \in X$ имеет вид

$$P(x) = G[J(a_i), k_i(x)], \quad i = \overline{1, n}, \quad (6)$$

где $J(a_i)$ – информация о значениях коэффициентов относительной важности.

Крайними ситуациями являются случаи, когда:

1) весовые коэффициенты a_i заданы в виде точных точечных количественных значений;

2) информация о предпочтительности частных критериев полностью отсутствует.

Как правило, между этими крайностями имеется множество ситуаций с различной степенью неопределенности задания весовых коэффициентов.

В инженерной практике часто встречаются ситуации принятия решения многокритериальных решений в условиях, когда предпочтения частных критериев (весовые коэффициенты a_i) заданы в виде интервалов возможных значений $[a_{i \min}, a_{i \max}]$, $\forall i = \overline{1, n}$. При этом возможны следующие случаи:

– задание числовых значений a_i в виде интервалов, без указания предпочтений внутри интервала;

– задание распределения a_i на интервале возможных значений в виде вероятностных характеристик;

– задание возможных значений a_i с помощью лингвистических переменных.

Общим для всех перечисленных выше случаев условием корректности задания интервалов возможных значений a_i является одновременное выполнение условий

$$\sum_{i=0}^n a_{i \max} > 1; \quad \sum_{i=0}^n a_{i \min} < 1. \quad (7)$$

Таким образом, экстремальное решение $x^\circ \in X$ (оптимальный поставщик) определяется по формуле

$$x^\circ = \arg \max_{x_i \in X} P(x_i), \quad i = \overline{1, n}. \quad (8)$$

Необходимо рассмотреть два случая: когда a_i заданы с помощью лингвистических переменных и когда весовые коэффициенты заданы в виде нечетких множеств.

1. Дефазификация весовых коэффициентов, заданных нечеткими числами.

Для конструктивного решения задачи многокритериальной оптимизации необходимо определить численные значения весовых коэффициентов a_i . Эта задача может быть решена двумя способами: методом экспертного оценивания или методом компараторной идентификации [5]. Однако в обоих случаях можно определить не точечную, а интервальную оценку значений a_i , $i = \overline{1, n}$. Это обусловлено тем, что оба метода базируются на определении, хотя и разными способами, некоторого ограниченного множества индивидуальных, субъективных оценок и последующей их обработке путем усреднения [4]. Таким образом, исходную информацию можно представить в виде

$$a_j^{\min} \leq a_j \leq a_j^{\max}, \quad \forall j = \overline{1, n}, \quad (9)$$

а точечную оценку, как

$$a_j^{cp} = \frac{a_j^{\min} + a_j^{\max}}{2}; \quad \forall j = \overline{1, n}. \quad (10)$$

При этом в общем случае

$$\sum_{j=1}^n a_j^{\min} < 1, \quad \sum_{j=1}^n a_j^{\max} > 1, \quad \sum_{j=1}^n a_j^{cp} \neq 1, \quad (11)$$

т.е., не выполняется ограничение (2).

Необходимо устранить возникающую в процессе идентификации параметров a_j , $j = \overline{1, n}$ интервальную неопределенность, т.е. детерминировать параметры модели многокритериального оценивания (1).

Один из возможных подходов к решению сформулированной задачи заключается в интерпретации интервалов (9), как нечетких множеств.

Будем полагать, что кортеж весовых коэффициентов $A = \langle a_i \rangle$, $i = \overline{1, n}$ задан в виде интервалов, на которых экспертным пу-

тем определены функции принадлежности $\mu(a_i), i = \overline{1, m}$. При этом значения a_i^* соответствуют функции принадлежности $\mu(a_i^*) = 1$. Носителем каждой нечеткой оценки $a_j, \forall j = \overline{1, n}$, является соответствующий интервал $[a_j^{\min}, a_j^{\max}]$, а a_j^* соответствует $\mu(a_j^*) = 1$. Для простоты, но без потери общности рассматриваются функции принадлежности треугольного вида.

Необходимо определить детерминированные точечные значения a_j^D , при этом должно выполняться условие

$$\sum_{j=1}^m a_j^D = 1. \quad (12)$$

Если $\sum_{j=1}^m a_j^* = 1$, то решение задачи тривиально, т.е. $a_j^D = a_j^*$. В

противном случае, т.е. в случае если $\sum_{j=1}^m a_j^* \neq 1$ необходимо определить

такой кортеж значений $A^D = \langle a_j^D \rangle$ для которого:

- 1) удовлетворяется условие $\sum_{j=1}^n a_j^* = 1$;
- 2) минимизируется отклонение

$$\Delta\mu_{\sum a_j} = \mu\left(\sum_{j=1}^n a_j^*\right) - \mu\left(\sum_{j=1}^n a_j^D\right) \quad (13)$$

или с учетом, что $\mu\left(\sum_{j=1}^n a_j^*\right) = 1$, максимизируется $\mu\left(\sum_{j=1}^n a_j^D\right)$.

Так как, по определению, значение функции принадлежности суммы нечетких чисел определяется минимальным значением μ_{a_j} на множестве слагаемых (1), то очевидно, что условие (13) будет выполняться при равенстве всех $\mu(a_j), \forall j = \overline{1, n}$. Это означает, что в качестве $a_j^D, \forall j = \overline{1, n}$, необходимо выбрать такие значения из интервала неопределенности, для которых

$$\mu(a_j^D) = \mu\left(\sum_{j=1}^n a_j^D = 1\right), \forall j = \overline{1, n}. \quad (14)$$

Для треугольных функций принадлежности нетрудно получить следующую формулу

$$a_j^D = a_j^* \pm [1 - \mu(\sum_{i=1}^n a_i^D = 1)] \cdot \frac{a_j^{\max} - a_j^{\min}}{2}. \quad (15)$$

Знак (+) соответствует, случаю, когда

$$\sum_{j=1}^n a_j^* < 1, \quad (16)$$

а (-) противоположному случаю. Формула достаточно хорошо аппроксимирует и нелинейные (колоколообразные, гауссовы) функции принадлежности [6].

2. Учет частных критериев, заданных нечеткими множествами.

На практике частные критерии чаще всего задаются в интервальном виде, а статистическая информация о характере распределения значений внутри интервала неизвестна. Эксперт в таком случае может назначить функцию принадлежности внутри интервала. Тогда значение частного критерия будет представлено в виде нечеткого числа с функцией принадлежности, при этом, то значение функции принадлежности, при котором она равна единице не обязательно будет находиться на середине интервала.

Для вычисления функции полезности, когда частные критерии заданы в виде НЧ, а весовые коэффициенты – в виде детерминированных значений, необходимо дефазифицировать частные критерии и найти точечные значения оценки альтернатив. Для этого необходимо выделить модальные значения нечетких чисел, т.е. значения при которых функция принадлежности равна 1, и вычислить детерминированную оценку функции полезности. При этом значения весовых коэффициентов должны удовлетворять условию (2).

Выводы. В статье был выполнен анализ особенностей и обоснование модели выбора оптимального поставщика противопожарного оборудования предприятия в условиях многокритериальности и неопределенности исходных данных.

Было разработано программное средство, которое позволяет осуществлять выбор оптимальных поставщиков методом рейтинговых оценок. При этом критерии поставщиков могут быть заданы либо детерминированно, либо лингвистически.

Разработанное программное средство призвано повысить эффективность предприятия при выборе поставщиков противопожарного оборудования. Благодаря этому должны снизиться затраты, время выполнения, а также возможные риски данного бизнес-процесса. Про-

граммное средство предусматривает для решения данной задачи эффективный набор аналитических средств, автоматизирующих и упрощающих подбор оптимального поставщика по заданным критериям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Троицкая Н.А. Единая транспортная система: учеб. пособие / Н.А. Троицкая, А.Б. Чубуков. – М.: АКАДЕМІА, 2003. – 240 с.
2. Миротин Л.Б. Логистика: обслуживание потребителей: учеб. пособие / Л.Б. Миротин, И.Э. Ташбаев, А.Г. Касенов – М.: ИНФРА-М, 2002. – 190 с.
3. Гаджинский А.М. Логистика / А.М. Гаджинский. – М.: Информационно-внедренческий центр "Маркетинг", 1999. – 228 с.
4. Катулев А.Н. Современный синтез критериев в задачах принятия решений / А.Н. Катулев, Л.С. Виленчук, В.Н. Михно. – М.: Радио и связь, 1992. – 119 с.
5. Петров Е.Г. Методи і засоби прийняття рішень в соціально-економічних системах / Е.Г. Петров, М.В. Новожилова, І.В. Гребеннік. – К.: Техніка, 2004. – 256 с.
6. Бодров В.И. Математические методы принятия решений: учеб. пособие / В.И. Бодров, Т.Я. Лазарева, Ю.Ф. Мартемьянов. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. тех. ун-та, 2004. – 124 с.
7. Петров Э.Г. Детерминизация нечетких параметров модели многокритериального оценивания / О.А. Писклакова, Н.А. Брынза // Вестник ХГТУ. – 2008. – №2(31). – С. 71-75.

О.О. Писклакова

Синтез моделі вибору оптимального постачальника протипожежного обладнання в умовах багатокритеріальності і невизначеності

Запропонована модель вибору оптимального постачальника протипожежного обладнання в умовах багатокритеріальності і невизначеності. Розглянуто випадки, коли вагові коефіцієнти та часткові критерії задані у вигляді нечітких чисел.

Ключові слова: вибір оптимальних постачальників, багатокритеріальність, інтервальна невизначеність, функція корисності, метод рейтингових оцінок.

O.A. Pisklakova

The Synthesis of optimal supplier selection model of fire fighting equipment in a multicriteria and fuzzy uncertainty

A model of selecting the optimum supplier of fire fighting equipment in multicriteria and uncertainties. Consider the case where the weights and the particular criteria given in the form of fuzzy numbers.

Keywords: selection of optimal suppliers multicriteria, interval uncertainty, utility function, method of ratings.