
СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

дами, и построены графики функций $T_1(t)$ и $T_2(t)$ при следующих значениях параметров $\alpha, \beta, \varepsilon, \lambda, u_0$ и v_0 : $\alpha=0,1$; $\beta=0,05$; $\varepsilon=0,0925$; $\lambda=1$.

Причем на рисунке 1 приняты $u_0=0, v_0=1$; на рисунке 2 $u_0=1, v_0=0$.

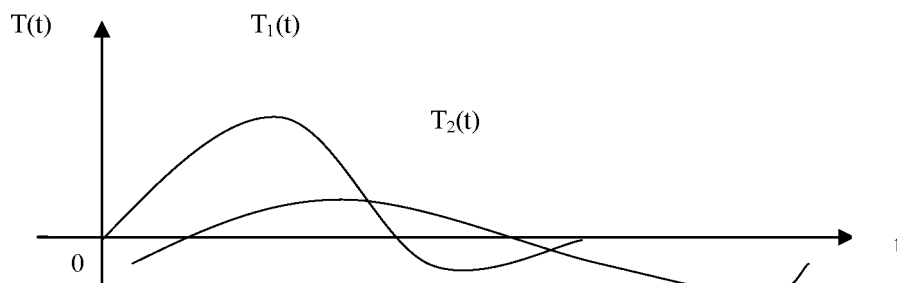


Рис. 1. Графики функции $T_1(t)$ и $T_2(t)$ при $u_0=0, v_0=1, \lambda=1$ для полипропилена

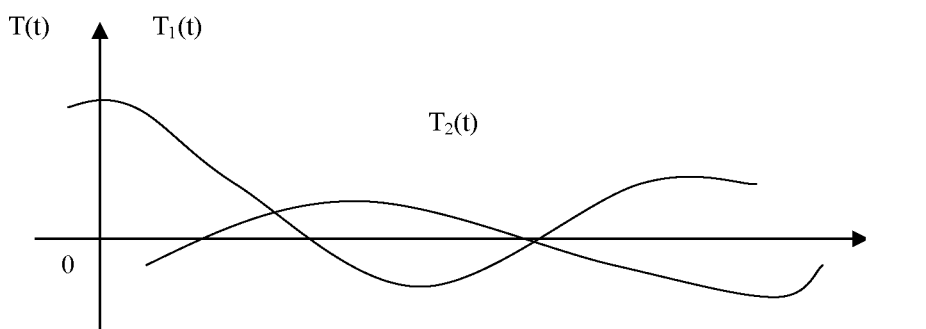


Рис. 2. Графики функции $T_1(t)$ и $T_2(t)$ при $u_0=1, v_0=0, \lambda=1$ для полипропилена

Из рисунков видно, что учет последующих членов ряда улучшает точность решения, так как при низких значениях частоты погрешность мала, а с увеличением частоты она увеличивается, причем амплитуды всех членов ряда с течением времени уменьшаются по экспоненциальному закону, а фазы сдвинуты.

¹ *Ильюшин А.А., Ларионов Г.С., Филатов А.Н.* К усреднению в системах интегро-дифференциального уравнения // ДАН СССР. 1969. Т. 188, № 1.

² *Ларионов Г.С.* Исследование колебаний релаксирующих систем методом усреднения // Механика полимеров. 1969. № 5.

УДК 658.713

ПРИЛОЖЕНИЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ К ВЫБОРУ ПОСТАВЩИКА ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССА «ЗАКУПКИ» СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

Д.В. Кутузов, Е.П. Быкова

В статье описано приложение метода анализа иерархий к оптимальному выбору поставщика. В работе сформирован список критериев, на основании которых производится выбор. На примере выбора из трех альтернатив показан алгоритм принятия наилучшего много-

критериального решения. Метод хорошо алгоритмизируется и может быть реализован в современных автоматизированных системах поддержки систем менеджмента качества.

Процесс закупок материалов, оборудования и комплектующих играет одну из наиболее важных ролей в деятельности любого предприятия. Поэтому от эффективности и стабильности процесса закупок зависит экономическая стабильность предприятия.

ГОСТ Р ИСО 9000 дает следующее определение процесса закупок: организация должна обеспечить соответствие закупленной продукции установленным требованиям к закупкам. Тип и степень управления, применяемые по отношению к поставщику и закупленной продукции, должны зависеть от ее воздействия на последующие стадии жизненного цикла продукции или готовую продукцию. Организация должна оценивать и выбирать поставщиков на основе их способности поставлять продукцию в соответствии с требованиями организации. Должны быть разработаны критерии отбора, оценки и повторной оценки. Записи результатов оценивания и любых необходимых действий, вытекающих из оценки, должны поддерживаться в рабочем состоянии¹.

Из данного определения видно, что стандарт не дает четких определений для выбора метода и критериев отбора поставщика. Организация сама должна предложить метод и критерии выбора.

В качестве одного из методов, позволяющих произвести многокритериальный выбор поставщика, может быть предложен метод анализа иерархий², разработанный в 1976 г. американским математиком Томасом Саати. Метод анализа иерархий является замкнутой логической конструкцией, обеспечивающей с помощью простых правил анализ сложных проблем во всем их разнообразии и приводящей к наилучшему ответу. К тому же применение метода позволяет включить в иерархию все имеющиеся у исследователя по рассматриваемой проблеме знания и воображение.

Метод анализа иерархий – математическая процедура системного (иерархического) представления критериев, определяющих суть проблемы. Метод состоит в делении проблемы на более простые составляющие части и дальнейшей отработке последовательности суждений по парном сравнении объектов выбора. В результате нахождения относительной степени взаимодействия элементов в системе сформулированные суждения получают количественные оценки. Метод анализа иерархий включает: 1) процедуры синтеза множества суждений; 2) получение приоритетов критериев; 3) нахождение альтернативных решений.

С математической точки зрения, иерархию можно рассматривать как специальный тип упорядоченных множеств или частный случай графа. Первая интерпретация, как правило, используется в качестве формального определения, а вторая – в качестве иллюстрации.

Пусть H – конечное, частично упорядоченное множество с наибольшим элементом b .

H есть иерархия, если выполняются следующие условия.

1. Существует разбиение H на подмножества L_k , $k = 1, \dots, h$, где $L_1 = \{b\}$.

2. Из $x \in L_k$ следует, что $x^- \subset L_{k+1}$, $k = 1, \dots, h-1$, где $x^- = \{y \mid x \text{ покрывает } y\}$ для любого элемента x в упорядоченном множестве.

3. Из $x \in L_k$ следует, что $x^+ \subset L_{k-1}$, $k = 2, \dots, h$, где $x^+ = \{y \mid y \text{ покрывает } x\}$ для любого элемента x в упорядоченном множестве.

Для каждого $x \in H$ существует такая весовая функция (сущность ее зависит от явления, для которого строится иерархия):

$$\omega_x = x^- \rightarrow [0, 1], \text{ что } \sum_{y \in x^-} \omega_x(y) = 1 \quad (1)$$

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Множества L_i являются уровнями иерархии, а функция ω_x есть функция приоритета элемента одного уровня относительно цели x . Заметим, что даже если $x^- \notin L_{k+1}$ (для некоторого уровня L_k), то ω_x может быть определена для всех L_k , если приравнять ее к нулю для всех элементов в L_{k-1} , не принадлежащих x^- . Весовая функция вносит важный вклад в применение метода анализа иерархии.

Иерархия называется полной, если для всех $x \in L_k$ множество $x^+ = L_{k-1}$, при $k = 2, \dots, h$.

Основная задача сводится к определению для любого заданного элемента $x \in L_\alpha$ и подмножества $S \subset L_\beta$, ($\alpha < \beta$) функции $\omega_{x,S} : S \rightarrow [0,1]$, чтобы она отражала свойства функций приоритетов ω_x на уровнях L_k , $k = \alpha, \dots, \beta - 1$.

Изложим алгоритм, служащий для выбора поставщика при реализации процесса «закупки» с применением метода анализа иерархий, считая, что множество поставщиков состоит из трех предприятий: ООО Альфа, ООО Бета, ООО Гамма.

Пусть A_1, \dots, A_n – множество из n элементов, в качестве которых будут выступать критерии сравнений или поставщики.

Тогда W_1, \dots, W_n – их взаимные оценки, которые соотносятся следующим образом (2):

$$W = \begin{matrix} & A_1 & \dots & A_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ \dots \\ A_n \end{matrix} & \begin{pmatrix} 1 & \dots & W_1/W_n \\ \dots & 1 & \dots \\ W_n/W_1 & \dots & 1 \end{pmatrix} \end{matrix} \quad (2)$$

Оценка компонент вектора приоритетов производится по формулам (3):

$$X_1 = (1 \cdot (W_1/W_2) \cdot \dots \cdot (W_1/W_n))^{1/n} \quad (3)$$

...

$$X_n = ((W_n/W_1) \cdot \dots \cdot (W_n/W_{n-1}) \cdot 1)^{1/n}$$

Тогда веса по отдельным критериям рассчитываются по формуле:

$$W(A_i) = \frac{X_i}{\sum_i X_i} \quad (4)$$

Сформируем критерии выбора поставщиков.

Наиболее важным критерием при выборе поставщика является цена на продукцию, которая в будущем определит прибыль предприятия от реализации продукции или услуг. Однако нельзя утверждать, что только цена на продукцию определяет выбор поставщика. Его выбор также во многом зависит от стабильности поставок, возможности закупки заменяющей продукции в случае срыва поставок и т.п. Этот выбор может быть определен, например, через следующие критерии.

Стабильность поставок и соответствие поставляемой продукции стандартам отчасти определяется наличием у поставщика сертифицированной системы менеджмента качества. Это требование определяет и ГОСТ Р ИСО 9000.

На стабильность поставок материалов, оборудования и комплектующих влияет в большой степени и такой фактор, как история деятельности, положительно характеризующая поставщика.

Четвертым фактором, определяющим выбор поставщика, может служить наличие предприятий, выпускающих аналогичную продукцию. Стандартизированная продукция, как правило, выпускается несколькими предприятиями и в случае срыва субподрядчиком поставок может быть заменена аналогом.

Резюмируя вышеизложенное, можно выделить следующие критерии:

- 1) A_1 – цена на продукцию;
- 2) A_2 – наличие сертифицированной СМК;
- 3) A_3 – наличие предприятий, выпускающих аналогичную продукцию (заменитель);
- 4) A_4 – наличие истории деятельности, положительно характеризующей поставщика.

Сравнение влияния основных критериев на выбор поставщика производится, исходя из значений шкалы значимости (см. табл. 1):

Таблица 1

Шкала значимости

Степень важности	Определение	Объяснение
1	Одинаковая значимость	Два действия вносят одинаковый вклад в достижение цели
3	Некоторое преобладание значимости одного действия перед другим (слабая значимость)	Опыт и суждение дают лёгкое предпочтение одному действию перед другим
5	Существенная или сильная значимость	Опыт и суждение дают сильное предпочтение одному действию перед другим
7	Очень сильная или очевидная значимость	Предпочтение одного действия перед другим очень сильно. Его превосходство практически явно.
9	Абсолютная значимость	Свидетельство в пользу предпочтения одного действия другому в высшей степени предпочтительно
2, 4, 6, 8	Промежуточные значения между соседними значениями шкалы	Ситуация, когда необходимо компромиссное решение
Обратные величины чисел	Если действию i при сравнении с действием j приписывается одно из приведённых выше чисел, то действию j при сравнении с i приписывается обратное значение	Обоснованное предположение

Граф, представляющий данную иерархию, показан на рис. 1.
 Выбор поставщика

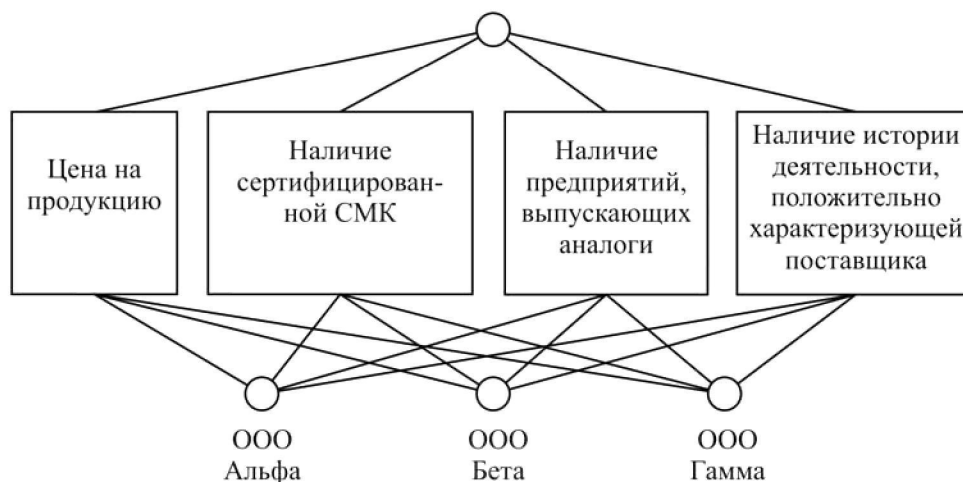


Рис. 1. Иерархия выбора

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Матрица попарных сравнений критериев по степени важности приведена в табл. 2.

Таблица 2

Попарные сравнения критериев

		A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	X _i	W(A _i)
Цена на продукцию	A ₁	1	5	7	7	3,00	0,57
Наличие сертифицированной СМК	A ₂	1/5	1	2	4	1,10	0,21
Наличие предприятий, выпускающих аналогичную продукцию	A ₃	1/7	1/2	1	3	0,73	0,14
Наличие истории деятельности, положительно характеризующей поставщика	A ₄	1/7	1/4	1/3	1	0,41	0,08
Сумма						5,25	1,00

Далее производятся сравнения влияний каждого из критериев на выбор того или иного поставщика. В табл. 3 в качестве примера приведены сравнения поставщиков по критерию «Цена на продукцию». Для краткости изложения таблицы сравнения по другим критериям не приводятся.

Таблица 3

Сравнение поставщиков по критерию «Цена на продукцию»

		ООО Альфа	ООО Бета	ООО Гамма	X _i	W(A _i)
		A ₁	A ₂	A ₃		
ООО Альфа	A ₁	1	1/7	3	0,75	0,15
ООО Бета	A ₂	7	1	8	3,83	0,78
ООО Гамма	A ₃	1/3	1/8	1	0,35	0,07
Сумма					4,93	1,00

Итоговая таблица, отражающая приоритеты выбора поставщика с учетом сформированных критериев, приведена ниже (табл. 4).

Таблица 4

Приоритеты выбора поставщика с учетом сформированных критериев

	Цена на продукцию	Наличие сертифицированной СМК	Наличие предприятий, выпускающих аналогичную продукцию	Наличие истории деятельности, положительно характеризующей поставщика	K _i
	W=0,57	W=0,21	W=0,14	W=0,08	
ООО Альфа	0,15	0,63	0,49	0,30	0,31
ООО Бета	0,78	0,05	0,06	0,05	0,47
ООО Гамма	0,07	0,32	0,45	0,65	0,22
Сумма					1,00

Из итоговой таблицы видно, что наибольшее значение веса имеет предприятие ООО Бета, которое и следует выбрать в качестве поставщика.

Метод анализа иерархий и его приложение к поддержке принятия решений при обеспечении процессов управления качеством легко алгоритмируется и может быть реализован программно. На сегодняшний день наиболее известна автоматизированная система TRIM Q2M, разработанная НПП СпецТек и охватывающая многие аспекты системы управления качеством. Однако в этой автоматизированной системе не реализованы процедуры многокритериального выбора альтернатив, что не позволяет решать многие проблемы, связанные с принятием решений СМК. В Астраханском государственном университете в настоящее время ведутся работы по созданию автоматизированной системы поддержки менеджмента качества, реализующей в полной мере методы теории принятия решений и оценки эффективности процессов СМК.

Подобные системы позволяют более активно внедрять стандарты ГОСТ Р ИСО 9000, вовлекая в процесс обеспечения качества управляющий состав предприятия, что, в свою очередь, делает автоматизированную систему СМК мощным инструментом качества.

¹ ГОСТ Р ИСО 9000-2001. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. Введ. 2001-08-15. М.: Изд-во стандартов, 2001.

² Саати Т. Принятие решений: метод анализа иерархий: Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1993.

УДК 519.816

**МЕТОД ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
НА ОСНОВЕ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫХ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ
ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК**

Б.Х. Санжапов, И.С. Калина

В статье рассматривается модель принятия решений на основе многокритериальной оценки объектов, представленной в виде нечетких распределенных величин. Метод обработки информации основывается на решении задачи минимизации разности полезностей двух рассматриваемых альтернатив. Знание функций полезности не является обязательным, достаточно определить линейный порядок на используемых дискретных градациях рассматриваемых шкал.

Анализ концепции развития сложной системы связан с исследованием реализации альтернативных вариантов, каждый из которых способствует успешному достижению сформулированной генеральной цели. В частности, при исследовании экономико-социального развития региона с позиций системного анализа такими средствами достижения генеральной цели могут быть различные программы: инновационные, технические, связанные с разработкой и производством новых образцов техники, технологические (разработка и внедрение прогрессивных технологий), социальные, экономические и др. Поэтому важно определить наиболее перспективную реализацию принятой к выполнению программы. Иными словами, необходимо проранжировать исходное множество таких исследуемых объектов по их предпочтительности.

Рассматриваемое множество альтернатив оценивается экспертами по многим критериям, причем следует заметить, что каждая альтернатива характеризуется в общем случае своим набором специфических свойств, отличающихся друг от друга¹. Вопросы анализа вариантов реализации конкретной программы связаны с моделированием принятия решений и рассмотрением целого ряда возможных последствий. Все это обуславливает необходи-