

С. М. СЕЛЯКОВА, канд. техн. наук, доц., ДонНТУ, Донецк

ДВУХУРОВНЕВАЯ МОДЕЛЬ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СЛУЧАЕ ЗАВИСИМОСТИ ВЕСОВ КРИТЕРИЕВ ОТ СОСТОЯНИЙ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

Рассмотрен случай многокритериальной задачи принятия решений в условиях определённости в случае зависимости оценок важности критериев от нечёткого описания состояний среды. Предложена двухуровневая модель принятия решений, позволяющая на нижнем уровне определить веса критериев, а на верхнем – решить задачу выбора наилучшей альтернативы.

Ключевые слова: задача принятия решений, нечёткий риск, вес критерия оценки, модель, спрос на продукцию.

Введение. При проектировании сложных систем, управлении технологическими процессами и производствами существенна роль методов системного анализа, которые позволяют формализовать многие возникающие проблемы как задачи принятия решений в условиях определённости и неопределённости. При этом неопределённость может проявлять себя в виде многокритериальности, статистической неопределённости, нечёткости и недостаточности информации.

Анализ литературных источников. Задачи принятия решений в зависимости от имеющейся информации о множестве альтернатив и принципе оптимальности классифицируют следующим образом [1, 2]: общая задача принятия решений (множество альтернатив и принцип оптимальности неизвестны), задача выбора (множество альтернатив известно, принцип оптимальности неизвестен), задача упорядочения альтернатив (множество альтернатив и принцип оптимальности известны). При решении этих задач наряду с формальными методами теории принятия решений большую роль играют эвристические, неформальные и плохоформализуемые методы, использующие опыт, интуицию и ассоциативность мышления специалиста [3]. Основная проблема при решении задач принятия решений связана с многокритериальностью, с отсутствием одного признака, по которому можно упорядочить решения или выбрать лучшее. Основными способами преодоления многокритериальности является привлечение ЛПР (лица, принимающего решения) и решение задачи на основе его предпочтений [4, 5]. При этом качество процесса принятия решений находится в прямой зависимости от полноты учёта всех факторов, существенных для последствий от принятых решений. Однако часто эти факторы носят чисто субъективный характер, присущий как ЛПР, так и любому процессу принятия решений. В этих условиях элементы субъективности заметно сказываются на решении.

Как правило, при формализации постановки задач принятия решений в условиях определённости возникают трудности на этапе определения множества критериев и установлении степени важности для каждого критерия в отдельности, особенно в ситуациях, когда значимость критерия изменяется со временем или в зависимости от внешних условий. При этом если ЛПР не будет учитывать возможность изменения внешних или внутренних условий, влияющих на ранжирование критериев по важности, то это приведёт к снижению гибкости и эффективности принимаемых решений. Данная проблема особенно актуальна при автоматизированной поддержке принимаемых решений в режиме оперативного управления.

Постановка задачи моделирования. Разработать модель многокритериальной задачи принятия решений, которая позволит определить ряд приоритета критериев, зависящего от нечёткого описания состояний среды, и решить задачу выбора наилучшей альтернативы в условиях определённости.

Модель многокритериальной задачи принятия решений. С целью учёта изменения степени важности критериев в зависимости от ситуации необходимо разработать модель принятия решений, состоящую из двух уровней. Нижний уровень должен обеспечить решение задачи упорядочения альтернатив в условиях нечёткого описания состояний среды. При этом в качестве альтернатив будут выступать критерии оценки альтернатив верхнего уровня. На верхнем уровне будет решаться задача выбора наилучшей альтернативы в условиях определённости на основе составленного на нижнем уровне ряда приоритета критериев.

Проблемную ситуацию однокритериального принятия решений в условиях неопределённости, которая представлена на нижнем уровне, формально опишем следующей моделью:

- существуют альтернативы $z_k, k = 1, 2, \dots, m$ (критерии качества), которые образуют множество решений $Z = \{z_1, \dots, z_m\}$, которые надо упорядочить по степени важности;

- существует множество состояний среды $S = \{s_1, \dots, s_q\}$, ЛПР точно неизвестно, в каком конкретном состоянии находится или будет находиться среда;

- на множествах решений $Z = \{z_1, \dots, z_m\}$ и состояний среды $S = \{s_1, \dots, s_q\}$ определена характеристика качества, которая описывается функцией полезности $U_\xi = \|u_\xi(z_k, s_l)\|, z_k \in Z, s_l \in S$.

Как правило, неопределённость среды носит вероятностный характер. Однако во многих задачах существует дефицит информации для построения вероятностных моделей поведения среды. В этих случаях источником информации могут служить специалисты, эксперты, ЛПР. Информация,

получаемая от них, носит уже не статистический характер, а характер возможностей и может быть формализована в виде нечётких описаний состояний среды. При оценке важности критериев качества возможно использование трёх моделей нечёткого поведения среды [5].

Требуется решить задачу упорядочения альтернатив по важности, т.е. составить ряд приоритета $I = \{1, \dots, m\}$. Затем на основании ряда приоритета необходимо определить весовой вектор $\bar{\gamma} = (\gamma_1, \dots, \gamma_m)$, который характеризует относительную важность k -го критерия z_k по отношению ко всем остальным критериям.

Неопределённость нечётких состояний среды преодолевается при помощи основных критериев принятия решений, к которым относятся следующие критерии: Байеса-Лапласа, минимума среднего квадратичного отклонения функции полезности, максимизации вероятности распределения функции полезности, модальный критерий и различные комбинированные критерии.

Проблемную ситуацию многокритериального принятия решений при определённости, которая представлена на верхнем уровне, зададим следующей стандартной детерминированной моделью:

– существуют альтернативы x , которые обладают m свойствами (характеристиками) z_1, \dots, z_m ;

– каждому i -му ($i = 1, \dots, m$) свойству z_i альтернативы x соответствует критериальная оценка $z_i = f_i(x)$ – локальный критерий;

– каждой альтернативе x соответствует в m -мерном критериальном пространстве Z решение (точка) $z = (z_1, \dots, z_m) = f(x) = (f_1(x), \dots, f_m(x)) \in R^m$;

– каждый локальный критерий характеризуется весовым значением $\gamma_i, i = 1, \dots, m$, вычисленным на нижнем уровне принятия решений;

– альтернативы x принадлежат исходному множеству альтернатив $X = \{x_1, \dots, x_n\}$, образованному ограничениями и условиями ($x \in X$);

– отображение множества X в критериальное пространство Z порождает в этом пространстве множество решений Z_X , являющееся образом множества X ;

– на множество решений в критериальном пространстве наложены критериальные ограничения, образующие подмножество Z_Z ;

– допустимое множество решений Z_D в критериальном пространстве Z образовано пересечением множеств Z_X и Z_Z ($Z_D = Z_X \cap Z_Z$).

Требуется найти альтернативу (решение) x^* , которая обеспечит значения локальных критериев, удовлетворяющие ЛППР, и для которой:

$$\max_{x \in X} f_i(x), i = 1, \dots, m, X = \{x : x \in \Omega, g_j(x) \geq b_j, j = 1, \dots, L\} \quad (1)$$

где $f_i(x)$ – локальные критерии, значения которых вычисляются по моделям или получены в результате измерений или с помощью экспертных оценок; $g_j(x) \geq b_j, j = 1, \dots, L$ – функции ограничений, определяющих допустимую область X многокритериальной задачи; Ω – исходное множество альтернатив.

Поставленная задача имеет решение только в одном случае, когда минимум всех m критериев достигается в одной точке. Обычно критерии являются противоречивыми и поэтому для устранения неопределённости, связанной с многокритериальностью, необходимо использование принципов оптимальности, которые обеспечивают способы сравнения решений в пространстве критериев или применение методов для поиска компромиссных решений.

Пример постановки двухуровневой задачи принятия решений. В качестве примера постановки и решения двухуровневой задачи принятия решений рассмотрим задачу выбора лучшего варианта действий для предприятия с целью увеличения спроса на свою продукцию в различных условиях конкуренции (s_1 – сильная конкуренция на рынке ($\mu_1 = 0,4$); s_2 – средний уровень конкуренции ($\mu_2 = 0,8$); s_3 – слабая конкуренция ($\mu_3 = 0,2$). К альтернативным действиям отнесены следующие: изменить технологию (x_1), модернизировать существующую технологию (x_2), понизить цену, не повышая качество продукции (x_3), повысить затраты на рекламу (x_4), изменить упаковку и оформление продукции (x_5).

Критерии, по которым оцениваются результаты действий, включают: увеличение объёма продаж в процентах (y_1); увеличение размера капиталовложений в тысячах гривен (y_2); повышение качества продукции в процентах (y_3); повышение затрат на производство в тысячах гривен (y_4).

Экспертами была проведена покритериальная оценка каждой из альтернатив, результаты которой приведены в табл. 1. Оценка важности критериев экспертами для различных конкурентных условий задана в виде табл. 2.

Таблица 1 – Оценка результатов действий для предприятия

Критерии	Альтернативы				
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
y_1	20	15	18	24	10
y_2	150	120	0	50	20
y_3	40	35	0	0	0
y_4	10,6	7,5	0	0	0

Таблица 2 – Оценка важности критериев в зависимости от условий конкуренции

Критерии	Вариант внешних условий конкуренции		
	s_1	s_2	s_3
y_1	100	100	100
y_2	50	75	95
y_3	90	80	60
y_4	55	70	90

Требуется выбрать лучший вариант действия для предприятия, который обеспечит высокий уровень спроса на продукцию в различных условиях конкуренции.

Решение задачи. Таким образом, на нижнем уровне принятия решений необходимо решить задачу определения весов критериев в зависимости от условий конкуренции, а на верхнем – задачу выбора лучшего варианта действий.

Нижний уровень. В данной задаче используется модель первого нечёткого состояния среды. Поэтому для её решения применим критерии Байеса-Лапласа для функции полезности U_i следующего вида:

$$B_i(\mu, y_k) = \frac{\sum_{l=1}^q \mu_l u_i(y_k, s_l)}{\sum_{l=1}^q \mu_l} . \quad (2)$$

Результаты вычислений значений критерия и весовых значений критериев приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Результаты решения задачи нижнего уровня

Критерии	Вариант внешних условий конкуренции			$B_i(\mu, y_k)$	γ_i
	s_1	s_2	s_3		
y_1	100	100	100	100	0,3
y_2	50	75	95	70,7	0,25
y_3	90	80	60	80	0,25
y_4	55	70	90	68,6	0,2

Верхний уровень. На основании найденных весов критериальных оценок альтернатив необходимо решить задачу выбора наилучшей альтернативы в условиях определённости.

Однако критерии оценки альтернатив измеряются в разных единицах, шкалах, поэтому, чтобы сравнить значения разных критериев, необходимо перейти к однонаправленным шкалам и выразить их значения в одинаковых абсолютных единицах.

Для преобразований значений критериев будем использовать операции смены направленности цели и полной нормализации критериев, которая задаётся следующей формулой:

$$z_i = \frac{\overline{z_i} - \min_{x \in \Omega} \overline{z_i}}{\max_{x \in \Omega} \overline{z_i} - \min_{x \in \Omega} \overline{z_i}}, \quad (3)$$

где z_i – нормализованная величина, $\overline{z_i}$ – исходная величина критерия.

Для решения задачи применим принцип идеальной точки, согласно которому лучшим считается решение, расположенное в пространстве параметров ближе всего к «идеальной точке» z^I .

Для евклидовой нормы будем использовать следующую формулу:

$$x^* = \arg \min_{x \in X} \sum_{i=1}^m \gamma_i^2 \cdot (z_i^I - z_i)^2. \quad (4)$$

В нашем случае идеальной точкой является точка $z^I = (1,1,1,1)$. Результаты нормализации и расчётов по формуле (4) приведены в табл. 4.

Таблица 4 – Результаты решения задачи верхнего уровня

Альтернативы	Критерии				$\sum_{i=1}^4 \gamma_i^2 \cdot (z_i^I - z_i)^2$
	y_1	y_2	y_3	y_4	

x_1	0,71	0	1	0	0,110
x_2	0,36	0,2	0,88	1	0,08
x_3	0,57	1	0	0	0,12
x_4	1	0,67	0	0	0,112
x_5	0	0,87	0	0	0,14

Таким образом, наилучшей альтернативой по принципу идеальной точки является альтернатива x_2 – модернизировать существующую технологию, значение нормы для которой минимально.

Выводы. Представление многокритериальной задачи принятия решений в виде двухуровневой модели принятия решений позволяет выбрать наилучшую альтернативу из множества решений с учётом зависимости уровня важности критериев от нечёткого описания состояний среды. Применение предложенной модели для формализации и решения задач принятия решений в условиях определённости обеспечивает получение более точных и адекватных решений за счёт применения методов принятия решений при нечётком риске с целью формирования ряда приоритета критериев в ситуациях, где важность критериев меняется в зависимости от состояний внешней среды.

Список литературы: 1. Козлов В. Н. Системный анализ и принятие решений / Козлов В. Н. – СПб. : Изд-во СПбГТУ, 2000. – 190 с. 2. Ларичев О. И. Теория и методы принятия решений / Ларичев О. И. – М. : Логос, 2000. 3. Черноуцкий И. Г. Методы принятия решений / Черноуцкий И. Г. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 416с. 4. Ногин В. Д. Принятие решений в многокритериальной среде / Ногин В. Д. – М. : Физматлит, 2002. 5. Рыков А. С. Модели и методы системного анализа: принятие решений и оптимизация: Учебное пособие для вузов / Рыков А. С. – М. : МИСИС, Издательский дом «Руда и металлы», 2005. – 352 с.

Надійшла до редколегії 11.11.2013

УДК 004.02

Двухуровневая модель принятия решений в случае зависимости весов критериев от состояний внешней среды / С. М. Селякова // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Х. : НТУ «ХПІ», 2013. – № 62 (1035). – С. 111–127. – Бібліогр.: 5 назв.

Розглянуто випадок багатокритеріальної задачі прийняття рішень в умовах визначеності у випадку залежності оцінок важності критеріїв від нечіткого опису станів середовища. Запропонована дворівнева модель прийняття рішень, що дозволяє на нижньому рівні визначити вагу критеріїв, а на верхньому – розв’язати задачу вибору найкращої альтернативи.

Ключові слова: задача прийняття рішень, нечіткий ризик, вага критерію оцінки, модель, попит на продукцію.

The case of a multicriteria problem of decision-making in the conditions of definiteness in case of dependence of estimates of importance of the fuzzy description criteria on the environment conditions is considered. The two-level model of decision-making allowing at the bottom level to define of weight of criteria is offered, and on the top – to solve a problem of a choice of the best alternative.

Keywords: problem of decision-making, fuzzy risk, the weight of criterion of an assessment, the model, the demand for products.