
ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ, ФУНКЦИОНИРУЮЩИХ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Овакимян Анна Седраковна¹, канд. техн. наук

Саркисян Сирануш Гегамовна¹, канд. физ.-мат. наук, доц.

Зироян Маня Альбертовна², д-р экон. наук, канд. физ.-мат. наук, проф.

Тинякова Виктория Ивановна³, д-р экон. наук, проф.

¹Ереванский государственный университет, ул. А. Манукяна, 1, Ереван, Армения, 0025; e-mail: ahovakimyan@ysu.am; siranushs@ysu.am

²Российский государственный социальный университет, ул. Вильгельма Пика, 4, стр.1, Москва, Россия, 129226; e-mail: zirmanya@mail.ru

³Российский экономический университет, Стремянный пер., 36, Москва, Россия, 117997; e-mail: tviktoria@yandex.ru

Цель: статья посвящена проблеме проектирования экспертных систем поддержки принятия решений в условиях неопределенности. *Обсуждение:* обсуждаются возможности использования для решения данной проблемы теории нечетких множеств и лингвистической модели принятия решений. *Результаты:* разработана Fuzzy-система принятия решений в условиях неопределенности. Входными данными для такой системы являются вектора, содержащие «четкую» информацию об исходных характеристиках оцениваемой системы и критериях, по которым следует улучшить ее качество. На выходе Fuzzy-система предлагает стратегию, направленную на улучшение качества системы по заданным критериям.

Ключевые слова: экспертные системы, моделирование неопределенности, нечеткие множества, лингвистические переменные.

Принятие решений является неотъемлемой частью деятельности человека в самых разных сферах и прежде всего – таких, как экономика, финансы, менеджмент, медицина, биология, лингвистика, психология и др. Для поддержки принятия решений разработан ряд моделей и моделей, широко используемых на практике во многих реальных прикладных контекстах.

Зачастую решения приходится принимать в условиях неопределенности. Одним из первых, кто обратил внимание на проблему неопределенности в рамках теории управления экономическими объектами, был Ф. Найт. В своей статье «Риск, неопределенность и прибыль», опубликованной в 1921 г., он достаточно подробно исследовал возможность вероятностного

описания ситуаций, которые теперь принято классифицировать как «ситуации принятия решений в условиях риска».

Согласно классическому подходу, распределение вероятностей альтернативных результатов остается неизменным на протяжении всего рассматриваемого периода. Однако, как правило, с течением времени параметры и характер распределения деформируются по неизвестному закону, что приводит к перераспределению степени риска между различными альтернативными вариантами. Фактически происходит трансформация условий риска в условия полной неопределенности, и, по сути, справедливо утверждать, что неопределенность есть единственная определенность.

Заметим, что в научной литературе, посвященной проблеме принятия решений в условиях неопределенности, нет единой точки зрения на дефиницию самого понятия «неопределенность». Но на интуитивном уровне понятно, что неопределенность возникает там, где отсутствует тот объем информации, который мог бы гарантировать однозначность результатов принимаемых решений. Это имеет место в тех случаях, когда недостаточно изучена вся совокупность обстоятельств (либо их в принципе нельзя изучить), в которых хозяйствующий субъект вынужден осуществлять свою управленческую деятельность. По сути, данные обстоятельства представляют собой своеобразные проявления неопределенности [10].

В последние десятилетия были предложены многие подходы и инструменты для моделирования и управления неопределенностью [1, 2, 5]. Любые ситуации, требующие принятия решений, содержат, как правило, большое количество неопределенностей. В этом случае информация, на основе которой принимается решение, может быть выражена нечетко.

В процессе принятия решений большую роль играют логические рассуждения, не поддающиеся формализации классическими методами математики. Приближенные, но в то же время достаточно эффективные способы анализа сложных, плохо определенных систем, не поддающихся точному математическому описанию, опираются на использование лингвистических переменных и нечетких алгоритмов.

Данный подход показал свою работоспособность при решении таких задач, как анализ риска фондовых инвестиций [7], прогнозирование банкротств кредитозаемщиков коммерческих банков [3], статистическое оценивание инвестиционной привлекательности мест рекреации [4].

При выборе управляющего воздействия система, принимающая решения, может оперировать нечеткими понятиями, отношениями и высказываниями [9]. Нетрудно заметить, что элементами мышления человека не всегда являются выражаемые числовыми характеристиками понятия. Часто человек оперирует нечеткими понятиями, выражаемыми нечеткими множествами и классами объектов, для которых принадлежность к некоторому классу не скачкообразна, а плавна, непрерывна. Нечеткость, присущую человеческому мышлению, невозможно выразить в терминах двузначной или

многозначной логики. Ее можно выразить в рамках логики с нечеткими связями, нечеткими правилами вывода [2, 9, 11].

Обычно для автоматизации решения задач принятия решений привлекаются экспертные системы (ЭС), основанные на знаниях и механизмах логического вывода [8, 12]. Такие системы вырабатывают планы действий и помогают принимать решения, которые необходимы для достижения поставленных целей.

ЭС, как правило, работает в двух режимах: режиме приобретения знаний и режиме решения задач. В режиме приобретения знаний эксперт общается с ЭС при посредничестве «инженера по знаниям», в результате чего ЭС настраивается на конкретную предметную область: формируется база знаний ЭС и механизм логического вывода. В режиме решения задач в общении с ЭС участвует конечный пользователь, которого интересует результат решения задачи и способ его получения. Применение механизма вывода к данным, задаваемым пользователем, дает решение требуемой задачи [8, 12].

В данной работе предлагается методика проектирования экспертных систем по принятию решений, работающих в условиях неопределенности, моделируемой в рамках теории нечетких множеств и лингвистической модели принятия решений. Эти экспертные системы основаны на предлагаемых экспертами разных альтернативных стратегиях, приводящих, по их мнению, к улучшению качества некоторого оцениваемого объекта или системы на данном этапе. Отметим, что поскольку оцениваемые системы и их параметры имеют динамический характер, то предъявляемые стратегии также могут меняться. Экспертной системой выбирается наиболее подходящая альтернатива по принятию решения.

Для проектирования экспертных Fuzzy-систем, основанных на лингвистической модели принятия решений, необходимо описать лингвистическую модель предметной области в терминах теории нечетких множеств, а именно, лингвистические переменные, терм-множества, функции принадлежности, нечеткие правила вывода [2, 6, 9].

Пусть объекты предметной области описываются в некоторой таксономии, каждую компоненту которой будем представлять лингвистической переменной $\langle S, T, U \rangle$, где S – имя лингвистической переменной, T – терм-множество, и каждое терм-значение имеет свою функцию принадлежности на универсальном множестве U .

На этапе настройки экспертной системы (накопления знаний) необходимо решить следующие две задачи, связанные с:

- построением функции принадлежности для каждого терм-значения лингвистической переменной;
- формированием совокупности нечетких логических правил вывода.

При настройке экспертной системы группе экспертов предлагается совокупность эталонных объектов из рассматриваемой предметной области

для их оценки с точки зрения их удовлетворения критериям, представленным терм-значениями лингвистической переменной [2, 9, 11]. Предметной области присущи лингвистические переменные как с числовой, так и с нечисловой шкалой.

При построении функции принадлежности для терм-значения A лингвистической переменной с числовой шкалой учитывается мнение N экспертов. В универсальной области U выделяется конечное множество значений A , называемое терм-значением A , и для каждого значения x из области U определяется число $N_A(x)$ экспертов, которые считают, что x принадлежит множеству A . В этом случае $\mu_A(x) = N_A(x) / N$, где N - мощность множества A . Путем линейной интерполяции получаем функцию принадлежности $\mu_A(x)$ для терм-значения A .

Предлагаемые экспертами альтернативные стратегии по улучшению качественных характеристик оцениваемой системы представляются лингвистическими переменными с нечисловой шкалой. Для таких переменных нужно построить числовую шкалу на основе результатов оценки предлагаемых альтернатив $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$, которая будет использована для построения их функций принадлежности.

По каждому терм-значению лингвистической переменной экспертами проводится попарное сравнение стратегий A_1, A_2, \dots, A_n . Эксперт оценивает степень превосходства одной стратегии по сравнению с другой стратегией.

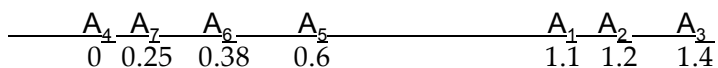
Результаты опроса представляются матрицей $B = \{b_{ij}\}$, ($i, j = 1, 2, \dots, n$), где b_{ij} - степень превосходства стратегии A_i по отношению к стратегии A_j ($i, j = 1 \dots n$), выраженная в нечетких терминах и определяемая по некоторой, например, пятибалльной шкале:

- если нет преимущества стратегии A_i относительно стратегии A_j ;
- если есть слабое преимущество стратегии A_i относительно стратегии A_j ;
- если есть существенное преимущество стратегии A_i относительно стратегии A_j ;
- если есть очевидное преимущество стратегии A_i относительно стратегии A_j ;
- если есть полное преимущество стратегии A_i относительно стратегии A_j .

Матрица B обладает следующими свойствами: $b_{ii} = 1$, ($i = 1, \dots, n$), $b_{ij} = 1/b_{ji}$, ($i, j = 1, \dots, n$). На основе матрицы сравнений определяется наиболее приоритетная стратегия. Значение функции принадлежности на этом элементе полагается равной единице.

Пусть $z_{ij} = d_i - d_j$ - это расстояние между объектами i и j , d_i, d_j - расположение элементов на числовой шкале. Положим, что оценки экспертов для z_{ij} имеют нормальное распределение $N(z_{ij}, 0, 1)$ со средним значением 0 и дисперсией 1 [2]. Воспользовавшись табличными значениями функции Бесселя, получаем матрицу относительных расстояний. Выбрав за точку от-

счета на числовой прямой «наилучшую» стратегию, получим расположение остальных стратегий на числовой прямой:



Значения функций принадлежности для стратегии A_i вычисляется на основе расстояния h_i стратегии A_i от наиболее приоритетной стратегии A_k по формуле $\mu(A_i) = (1 - m \cdot h_i) \mu(A_k)$, где m – коэффициент пропорциональности.

Каждая стратегия направлена на улучшение качества системы. Оценка системы может быть одномерной или многомерной.

Рассмотрим одномерный случай. Пусть, например, улучшение системы должно быть выполнено по критерию K , имеющему числовую шкалу $U = [0, 100]$. Будем полагать, что альтернативные действия выражены лингвистической переменной *Action* с терм-множеством $T = \{\text{«оставить без изменения»}, \text{«увеличить незначительно»}, \text{«увеличить значительно»}\}$ альтернативных стратегий.

Так как $|K_r - K'_r| \leq 100$, где K_r – исходное значение критерия K , K'_r – значение критерия после его улучшения, то для *Action* универсальным будем считать множество $U = [-100, 100]$. Для терм-значений v лингвистической переменной *Action* нужно построить функции принадлежности. Рассмотрим, например, терм-значение $v = \text{«оставить без изменения»}$. Пусть v_j – некоторое значение термина v . Тогда, если $|v_j| > 10$, то положим $\mu_v(v_j) = 0$; если $v_j = 0$, то $\mu_v(v_j) = 1$. В результате линейной интерполяции получим функцию принадлежности следующего вида (рис. 1):

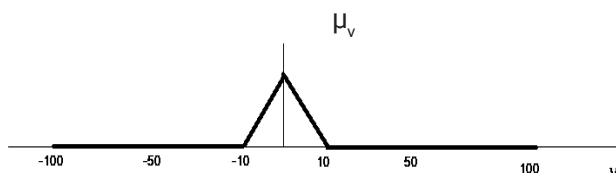


Рис. 1. Функция принадлежности для терм-значения $v = \text{«оставить без изменения»}$ лингвистической переменной *Action*

Аналогичным образом можно построить функции принадлежности остальных терм-значений лингвистической переменной *Action*.

Правила логического вывода отражают обобщенное мнение экспертов относительно применения той или иной альтернативы в случае удовлетворения системы значениям входных критериев. Правило вывода имеет следующий формат:

если x_1 есть k_1 , x_2 есть k_2 , ..., x_l есть k_l , то y есть A ,

где x_i ($i=1, 2, \dots, l$) входные качественные характеристики оцениваемой системы, k_i ($i=1, 2, \dots, l$) – их нечеткие значения, y – лингвистическая переменная для стратегии, A – ее терм-значение.

Построение правил вывода основано на следующем подходе. Пусть экспертами рассматривается некоторая совокупность альтернатив $\{A_1, A_2, \dots, A_j\}$, которые описывают действия по улучшению качества системы по неко-

торому критерию. С каждым исходом x_i , определяющим качество системы, связывается характеристика полезности $u(x_i)$ и условная вероятность $P(x_i/A_r)$ наступления исхода x_i в случае выбора альтернативы A_r . Тогда функция полезности $u_{exp}(A_r)$ альтернативы A_r равна:

$$u_{exp}(A_r) = \sum_i u(x_i)P(x_i / A_r).$$

Поскольку в нашем случае исходы имеют лингвистический характер, то, воспользовавшись понятием вероятности нечеткого события [2], имеем:

$$P(x_i/A_r) = \sum_j \mu_{x_i}(v_j) pr(v_j),$$

где μ_{x_i} – функция принадлежности термина x_i , $pr(v_j)$ – вероятность выбора значения v_j исхода при выборе альтернативы A_r , v_j – значение из универсального множества U . Из совокупности $\{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ альтернатив для включения в правило вывода выбирается альтернатива A^* , для которой значение функции полезности u_{exp} имеет максимальное значение, то есть $A^* = \arg[\max u_{exp}(A_r)]$.

В многомерном случае, когда исход X_i описывается совокупностью критериев $(K_i^1, K_i^2, \dots, \dots, K_i^s)$, вышеописанный подход применяется по каждому критерию.

Логический вывод в Fuzzy-системе принятия решений основывается на известном правиле Мамдани [2, 9].

Схема разработанной Fuzzy-системы принятия решений представлена на рис. 2.

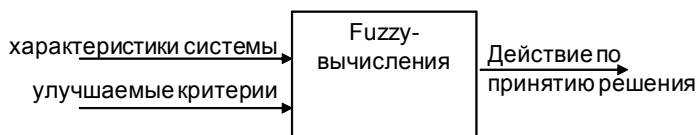


Рис. 2. Укрупненная схема Fuzzy-системы принятия решений

Разработанный Fuzzy-подход, основанный на нечетких понятиях по оценке качественных характеристик системы и по выбору одного из альтернативных действий, направленных на усовершенствование и улучшение системы по заданным критериям, может быть внедрен в приложения по принятию решений в условиях неопределенности.

Список источников

1. Блюмин С.Л., Шуйкова Л.А. *Модели и методы принятия решений в условиях неопределенности*. Липецк, ЛЭГИ, 2001.
2. Борисов А.Н., Крумберг О.А., Федоров И.П. *Принятие решений на основе нечетких моделей*. Примеры использования. Рига, Зинатне, 1990.
3. Воищева О.С., Тинякова В.И. *Нечетко-множественный подход к анализу и прогнозированию банкротств кредитозаемщиков коммерческих банков. Экономическое прогнозирование: модели и методы: материалы междунар. науч.-практ. конф.* Воронеж, ВГУ, 2005.
4. Давнис В.В., Тинякова В.И. *Нечетко-множественные описания в задачах статистического оценивания инвестиционной привлекательности мест рекреации. Инвестиционная привлекательность туристических фирм и мест рекреации ре-*

гионов: тезисы Всерос. науч.-практ. конф. Карачаево-Черкессия, САО РАН, 2004.

5. Зак Ю.А. *Принятие решений в условиях нечетких и размытых данных. Fuzzy-технологии.* Москва, Либроком, 2013.

6. Леденева Т.М. *Обработка нечеткой информации.* Воронеж, ВГУ, 2006.

7. Недосекин А.О. *Нечетко-множественный анализ риска фондовых инвестиций.* Санкт-Петербург, 2002.

8. Овакимян А.С., Саркисян С.Г., Зироян М.А. Об одном методе построения сценариев электронного обучения. Образование, наука и экономика в вузах и школах. *Интеграция в международное*

образовательное пространство: труды межд. науч. конф. Армения, Цахкадзор, 2014.

9. Рыжов Р.А. *Элементы теории нечетких множеств и ее приложений.* Москва, Диалог-МГУ, 2003.

10. Тинякова В.И. *Модели адаптивно-рационального прогнозирования экономических процессов.* Воронеж, ВГУ, 2008.

11. Уотермен Д. *Руководство по экспертным системам.* Москва, Мир, 1989.

12. Хейес-Рот Ф., Уотерман Д., Ленат Д. *Построение экспертных систем.* Москва, Мир, 1987.

DESIGN SYSTEMS DECISION FUNCTIONING UNDER UNCERTAINTY

Hovakimian Anna Sedrakovna¹, Cand. Sc. (Eng.)

Sarkisian Siranoush Gegamovna¹, Cand. Sci. Sciences, Assoc. Prof

Ziroyan Albertovna Mania², Dr. Sc. (Econ.), Cand. Sc. (Phys.-Math), Prof.

Tiniakova Viktoria Ivanovna³, Dr. Sc. (Econ.), Prof.

¹Yerevan State University, Manoogian st., 1, Yerevan, Armenia, 0025; e-mail: ahovakimyan@ysu.am; siranushs@ysu.am

²Russian State Social University, Wilhelm Pieck st., 4, building 1, Moscow, Russia, 129226; e-mail: zirmanya@mail.ru

³Russian University of Economics, Stremianniy Per., 36, Moscow, Russia, 117997; e-mail: tviktoria@yandex.ru

Purpose: the article deals with the design of expert systems to support decision making under uncertainty. *Discussion:* the possibility of using to address the problem of the theory of fuzzy sets and linguistic model of decision making. *Results:* a Fuzzy-system of decision making under uncertainty. The input data for such a system is a vector containing the «clear» information on baseline characteristics evaluated the system and the criteria by which to improve its quality. At the output of Fuzzy-system offers a strategy aimed at improving the quality of search criteria.

Keywords: expert systems, uncertainty simulation, fuzzy sets, linguistic variables.

Reference

1. Bliumin S.L., Shuikova L.A. *Modeli i metody priniatia reshenii v usloviakh neopredelennosti*. Lipetsk, LEGI, 2001. (In Russ.)
2. Borisov A.N. Krumberg O.A., Fedorov I.P. *Priniatie reshenii na osnove nechetkikh modelei*. Primery ispol'zovaniia. Riga, Zinatne, 1990. (In Russ.)
3. Voishcheva O.S., Tiniakova V.I. *Nechetko-mnozhestvennyi podkhod k analizu i prognozirovaniu bankrotstv kreditozhaemshchikov kommercheskikh bankov. Ekonomicheskoe prognozirovanie: modeli i metody: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Voronezh, VGU, 2005.* (In Russ.)
4. Davnis V.V., Tiniakova V.I. *Nechetko-mnozhestvennye opisaniia v zadachakh statisticheskogo otsenivaniia investitsionnoi privlekatel'nosti mest rekreatsii. Investitsionnaia privlekatel'nost' turistskikh firm i mest rekreatsii regionov: tezisy Vseros. nauch.-prakt. konf. Karachaevo-Cherkessia, SAO RAN, 2004.* (In Russ.)
5. Zak Iu.A. *Priniatie reshenii v usloviakh nechetkikh i razmytykh dannykh. Fuzzy tekhnologii*. Moscow, Librokom, 2013. (In Russ.)
6. Ledeneva T.M. *Obrabotka nechetkoi informatsii*. Voronezh, VGU, 2006. (In Russ.)
7. Nedosekin A.O. *Nechetko-mnozhestvennyi analiz riska fondovykh investitsii*. Sankt-Peterburg, 2002. (In Russ.)
8. Ovakimian A.S., Sarkisian S.G., Ziroian M.A. *Ob odnom metode postroeniia stsenaiev elektronnoho obuchenii. Obrazovanie, nauka i ekonomika v vuzakh i shkolakh. Integratsiia v mezhdunarodnoe obrazovatel'noe prostranstvo: trudy mezhd. nauch. konf. Armeniia, Tsakhkadzor, 2014.* (In Russ.)

9. Ryzhov R.A. *Elementy teorii nechetkikh mnozhestv i ee prilozhenii*. Moscow, Dialog-MGU, 2003. (In Russ.)
10. Tiniakova V.I. *Modeli adaptivno-ratsional'nogo prognozirovaniia ekonomicheskikh protsessov*. Voronezh, VGU, 2008. (In Russ.)
11. Uotermen D. *Rukovodstvo po ekspertnym sistemam*. Moscow, Mir, 1989. (In Russ.)
12. Kheies-Rot F, Uoterman D., Lenat D. *Postroenie ekspertnykh sistem*. Moscow, Mir, 1987. (In Russ.)