

УДК 65.01

**НЕЧЕТКО-МНОЖЕСТВЕННАЯ МНОГОПЕРИОДНАЯ МОДЕЛЬ ВЫБОРА СТРАТЕГИЙ  
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОРГАНИЗАЦИИ С ГРУППАМИ СТЕЙКХОЛДЕРОВ НА ОСНОВЕ  
ДЕТЕРМИНИРОВАННОГО ЭКВИВАЛЕНТА**

© 2017

**Гресько Александр Александрович**, кандидат экономических наук, доцент кафедры  
«Математика и моделирование»**Солодухин Константин Сергеевич**, доктор экономических наук, профессор кафедры  
«Математика и моделирование», заведующий лабораторией «Стратегическое планирование»  
*Владивостокский государственный университет экономики и сервиса*  
(690012, Россия, Владивосток, улица Гоголя 41, e-mail: k.solodukhin@mail.ru)

**Аннотация.** В работе предложена нечетко-множественная многопериодная модель выбора стратегий взаимодействия организации со стейкхолдерами, позволяющая осуществлять выбор наиболее целесообразного типа стратегии взаимодействия с каждой группой заинтересованных сторон на основе детерминированного эквивалента (критерия ожидаемой полезности). Описаны ее преимущества по сравнению с ранее разработанными подобными моделями. Основное отличие модели от соответствующей четкой модели заключается в том, что детерминированный эквивалент каждого типа стратегии определяется не на основе четких весовых коэффициентов целесообразности применения типов стратегий, а на основе «близости» нечетких «идеальных» и «реальных» оценок целесообразности применения каждого типа стратегий. Мерой «близости» является расстояние Хэмминга. В результате эмпирическая кривая эквивалентов меняет свое поведение (кривая является убывающей). Соответственно, более предпочтительным оказывается такой тип стратегий взаимодействия, которому соответствует наименьший детерминированный эквивалент. При этом в отличие от других нечетких моделей, в которых рассматриваются различные сценарии изменения отношений организации с группами заинтересованных сторон, нечеткими являются также вероятности сценариев и степени уверенности экспертов в данных оценках. Модель описана на примере взаимодействия вуза с одной из наиболее значимых его групп заинтересованных сторон – «сотрудники».

**Ключевые слова:** группы стейкхолдеров, стратегии взаимодействия со стейкхолдерами, целесообразность выбора стратегии, характеристики отношений, детерминированный эквивалент, критерий ожидаемой полезности, нечеткая модель, многопериодная модель, расстояние Хемминга.

**FUZZY MULTI-PERIOD MODEL FOR SELECTING TYPES OF STAKEHOLDER ENGAGEMENT  
STRATEGIES OF THE COMPANY USING CERTAINTY EQUIVALENT**

© 2017

**Gresko Alexander Alexandrovich**, candidate of economical sciences, docent of «Mathematics and Modeling»  
**Solodukhin Konstantin Sergeevich**, doctor of economical sciences, professor of «Mathematics and Modeling»,  
Head of the Laboratory «Strategic Planning»*Vladivostok State University of Economics and Service*  
(690012, Russia, Vladivostok, street Gogol 41, e-mail: k.solodukhin@mail.ru)

**Abstract.** The article describes a fuzzy multi-period model for selection of the most suitable types of engagement strategies of the company with different stakeholders using certainty equivalent (expected utility criterion). The advantages of the model are described in comparison with previously developed similar models. The main difference of the model from the similar crisp model previously developed by the authors is that the certainty equivalent of each type of strategy is determined not on the basis of crisp weighting factors of the appropriateness of the use of strategy types, but on the basis of the “proximity” of “ideal” and “real” fuzzy values of the appropriateness of the use of strategy types. The measure of “proximity” is the Hamming distance. The result is an empirical curve of equivalents to change their behavior (curve is decreasing). Accordingly, more preferable is this type of engagement strategies, which corresponds to the smallest certainty equivalent. In contrast to other fuzzy models, which considers different scenarios of changes in the relationship of the organization with stakeholders, in the model, the probabilities of scenarios and the degree of confidence of experts in their assessments are also fuzzy. The model is described by the example of interaction between the University and its staff that forms one of the most important stakeholder groups

**Keywords:** stakeholder groups, stakeholder engagement strategies, appropriateness of application of the strategy, characteristics of relationships, deterministic equivalent, expected utility criterion, fuzzy model, multi-period model, Hamming distances.

Среди работ, посвященных проблеме выбора наиболее подходящих типов стратегий взаимодействия организации с ее стейкхолдерами (группами заинтересованных сторон (ГЗС)), отдельно можно выделить однопериодные и многопериодные модели, в которых принятие решения происходит на основе детерминированного эквивалента (критерия ожидаемой полезности) [1-3]. В данной работе будет предложена нечетко-множественная многопериодная модель выбора стратегий взаимодействия организации с ГЗС на основе критерия ожидаемой полезности. Использование нечетко-множественных инструментов связано с тем, что обычно выбор стратегий осуществляется в условиях высокой неопределенности, недостатка релевантной информации, носящей невероятный характер (при одновременном огромном объеме неоднозначной информации, которую необходимо учитывать при принятии решений). Кроме того, измерение характеристик отношений в лингвистических шкалах существенно облегчает работу экспертов с расплывчатыми (нечеткими) понятиями и повышает точность их оценок и прогнозов [4, 5].

Ранее авторами уже был предложен ряд нечетких однопериодных и многопериодных моделей, в которых принятие решения осуществляется на основе других критериев (например, на основе обобщенного критерия) [6, 7]. Некоторые подходы, использованные в данных моделях, могут быть применены и в рассматриваемой модели. В этих моделях рассматривалось пять типов стратегий взаимодействия (а не четыре, как в ранее разработанных моделях с критерием ожидаемой полезности).

Опишем алгоритм практического использования нечетко-множественной многопериодной модели выбора стратегий взаимодействия организации со стейкхолдерами на примере Владивостокского государственного университета экономики и сервиса (ВГУЭС) и его группы стейкхолдеров «сотрудники».

1. Задаем лингвистические шкалы для экспертного оценивания сложившихся характеристик отношений между организацией и группой стейкхолдеров и их возможных изменений. В предыдущих работах были выделены следующие характеристики отношений между

организацией и группами заинтересованных сторон: степень взаимного влияния, степень желаний изменений (являющаяся функцией удовлетворенности и ожиданий в отношении контрагента). Каждому значению шкалы (вербальной оценке) ставим в соответствие функцию принадлежности некоторого нечеткого множества. В работе [8] представлены методы построения функций принадлежности, удовлетворяющие определенным требованиям, обеспечивающим адекватность отображения знаний и опыта экспертов. При этом в работе [9] разработаны методы нечеткого анализа групповой экспертной информации, обеспечивающие возможность принятия решений в зависимости от требований к надежности полученной экспертной информации.

2. Рассматриваем возможные сценарии изменения отношений организации с группой заинтересованных сторон. Вероятности сценариев также могут быть заданы нечетко с помощью соответствующей лингвистической шкалы с последующим переводом в нечеткие множества и нормированием (см.: [10]). В рамках каждого сценария экспертами по периодам нечетко задаются предполагаемые изменения характеристик отношений и степени уверенности.

В работе [6] рассматривались три сценария изменения отношений между ВГУЭС и сотрудниками. Мы по-прежнему будем рассматривать данные сценарии (с учетом произошедших за год изменений). Однако степени уверенности и вероятности сценариев будем теперь задавать нечетко. В таблице 1 представлены вербальные оценки характеристик отношений (и соответствующие степени уверенности) для первого сценария.

Таблица 1 – Вербальные оценки характеристик отношений для первого сценария

Характеристики отношений	Периоды					
	2017 г.	Степень уверенности	2018-2019 гг.	Степень уверенности	2020-2021 гг.	Степень уверенности
Степень взаимного влияния	Влияние организации на ГЭС умеренно больше, чем влияние ГЭС на организацию	Очень большая	Влияние организации на ГЭС существенно больше, чем влияние ГЭС на организацию	Большая	Влияние организации на ГЭС умеренно больше, чем влияние ГЭС на организацию	Средняя
Степень желаний изменений отношений ГЭС в отношении вуза	Средняя	Очень большая	Средняя	Большая	Ниже среднего уровня	Большая
Степень желаний изменений отношений вуза в отношении ГЭС	Средняя	Очень большая	Выше среднего уровня	Большая	Средняя	Средняя

3. Функции принадлежности вербальных оценок характеристик отношений в отношении  $k$ -ой ГЭС по каждому сценарию могут быть сведены к одной интегральной функции принадлежности по формуле, приведенной в работе [6].

Здесь и далее при расчетах используются стандартные нечетко-множественные операции (см.: [11-16]).

4. Для каждого из пяти типов стратегий взаимодействия (удовлетворение запросов, защита, воздействие, сотрудничество, сдержанность) рассчитываем «реальные» целесообразности применения типов стратегий по формулам из работы [6].

В качестве функций принадлежности нечетких характеристик отношений берутся интегральные функции принадлежности, полученные в п. 3.

5. Для каждого из пяти типов стратегий взаимодействия рассчитываем «идеальные» целесообразности применения типов стратегий. Для этого в расчетные формулы подставляем такие функции принадлежности характеристик отношений (соответствующие заданным значениям лингвистических шкал), при которых целесообразности применения типов стратегий принимают наибольшие возможные значения.

6. Для каждого типа стратегии определяем расстояние Хемминга между «идеальным» и «реальным» значением целесообразности его применения [6].

Выбор следует осуществлять в пользу того типа стратегии, которому будет соответствовать наименьшее

расстояние Хемминга между «идеальной» и «реальной» целесообразностью применения стратегии. Для нашего примера получились следующие значения расстояния Хемминга (таблица 2).

Таблица 2 – Расстояния Хемминга

Сценарии (вероятности)	Типы стратегий взаимодействия				
	Удовлетворение запросов	Защита	Воздействие	Сотрудничество	Сдержанность
Сценарий 1 (низкая)	0,88	0,8	0,6	0,7	0,44
Сценарий 2 (средняя)	0,76	0,58	0,82	0,64	0,65
Сценарий 3 (ниже среднего)	0,61	0,61	0,83	0,59	0,68

Рассмотрим далее для данного примера метод выбора стратегий взаимодействия вуза со стейкхолдерами на основе критерия ожидаемой полезности (детерминированного эквивалента) (см.: [17, 18]).

7. Будем рассматривать случайную величину  $\xi = [x_1 \dots x_m]$ , где  $p_s \geq 0$ ,  $\sum_{s=1}^m p_s = 1$  как лотерею с

выигрышами  $x_1, \dots, x_m$ , в которой  $p_s$  – доля билетов с выигрышами  $x_s (s = \overline{1, m})$ . В качестве  $p_s$  будем рассма-

тривать вероятности сценариев (т.е.  $m$  будет равно количеству заданных выше сценариев), а в качестве  $x_s$  – расстояния Хемминга для данного типа стратегии взаимодействия для каждого сценария.

При нечетком задании вероятностей сценариев нечеткие нормированные вероятности переведем в четкие путем дефазификации (например, нахождением «центра тяжести»).

Таким образом, всего лотерей будет пять (по количеству рассматриваемых типов стратегий взаимодействия):

$$\xi_1 = [0,88 \quad 0,76 \quad 0,61]$$

$$\xi_2 = [0,17 \quad 0,52 \quad 0,31]$$

$$\xi_3 = [0,8 \quad 0,58 \quad 0,61]$$

$$\xi_4 = [0,17 \quad 0,52 \quad 0,31]$$

$$\xi_5 = [0,6 \quad 0,82 \quad 0,83]$$

$$\xi_6 = [0,17 \quad 0,52 \quad 0,31]$$

$$\xi_7 = [0,7 \quad 0,64 \quad 0,59]$$

$$\xi_8 = [0,17 \quad 0,52 \quad 0,31]$$

$$\xi_9 = [0,44 \quad 0,65 \quad 0,68]$$

$$\xi_{10} = [0,17 \quad 0,52 \quad 0,31]$$

8. Определяем детерминированный эквивалент (ДЭ) для каждого типа стратегии. Под детерминированным эквивалентом типа стратегии взаимодействия будем рассматривать расстояние Хемминга при абсолютно вероятном сценарии, которое для ЛПР эквивалентно (равноценно) принятию данного типа стратегии взаимодействия в условиях неопределенности (т.е. ЛПР не знает в рамках какого сценария будут выстраиваться отношения вуза с группой стейкхолдеров). Заметим, что в данном случае, поскольку о целесообразности типа стратегии мы судим по расстоянию Хемминга (чем меньше, тем целесообразней), то кривая эквивалентов будет не возрастающей, как раньше (см.: [1]), а убывающей. И окончательный выбор будет осуществляться в пользу такого типа, которому будет соответствовать наименьший детерминированный эквивалент.

Чтобы определить детерминированный эквивалент типа стратегии взаимодействия можно воспользоваться следующим алгоритмом:

Шаг 1. Построить по заданному типу стратегии взаимодействия  $\xi$  тип стратегии взаимодействия в полезных  $u[\xi]$ . Для этого надо в типе стратегии взаимодействия  $\xi$  заменить каждое расстояние Хемминга  $x_s$  на полезность  $u(x_s)$ .

Шаг 2. Найти ожидаемую полезность  $E(u[\xi])$  типа стратегии взаимодействия  $\xi$  по формуле:

$$E(u[\xi]) = \sum_{s=1}^m p_s u(x_s)$$

Шаг 3. От точки  $E(u[\xi])$ , лежащей на оси абсцисс, «перейти» через кривую эквивалентов на ось ординат. Полученная точка  $u^{-1}(E(u[\xi]))$  и будет детерминированным эквивалентом типа стратегии взаимодействия.

Вначале построим кривую эквивалентов типов стратегий взаимодействия, расстояния Хэмминга которых заключены между 0,44 и 0,88 (между наилучшим и наихудшим значением расстояния Хэмминга). Чтобы построить данную кривую необходимо найти пять точек  $(a; 0), (A; 1), (x_{0,25}; 0,25), (x_{0,5}; 0,5), (x_{0,75}; 0,75)$ , причем последние три – путем опроса лица принимающего решение (ЛПР). Заметим также, что здесь  $a$  – наихудшее значение расстояния Хэмминга;  $A$  – наилучшее значение расстояния Хэмминга.

Опрос ЛПР происходит в следующей форме. Например, для нахождения точки  $(x_{0,5}; 0,5)$  ЛПР задает-

ся вопрос: «Каким должно быть расстояние Хэмминга между идеальным и реальным значением целесообразности применения типа стратегии взаимодействия при уровне полезности равным 0,5?». Аналогичным образом задаются вопросы для нахождения точек  $(x_{0,3}; 0,25)$  и

$(x_{0,3}; 0,75)$ . После нахождения пяти точек, через них

проводится гладкая кривая – эмпирическая кривая эквивалентов (рисунок 1).

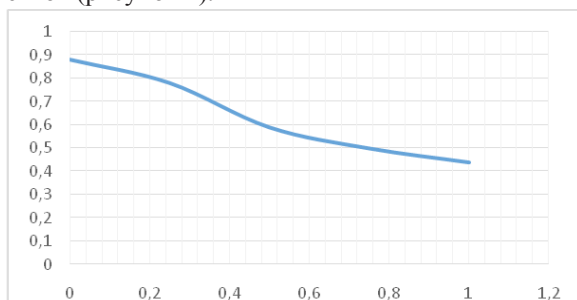


Рисунок 1 – Эмпирическая кривая эквивалентов

Определим пошагово детерминированный эквивалент каждого типа стратегии взаимодействия:

$$\begin{aligned} \text{Шаг 1. } u[\xi_1] &\approx \begin{bmatrix} 0 & 0,29 & 0,45 \\ 0,17 & 0,52 & 0,31 \end{bmatrix}, \\ u[\xi_2] &\approx \begin{bmatrix} 0,22 & 0,51 & 0,45 \\ 0,17 & 0,52 & 0,31 \end{bmatrix}, \\ u[\xi_3] &\approx \begin{bmatrix} 0,44 & 0,21 & 0,2 \\ 0,17 & 0,52 & 0,31 \end{bmatrix}, \\ u[\xi_4] &\approx \begin{bmatrix} 0,36 & 0,41 & 0,5 \\ 0,17 & 0,52 & 0,31 \end{bmatrix}, \\ u[\xi_5] &\approx \begin{bmatrix} 1 & 0,39 & 0,4 \\ 0,17 & 0,52 & 0,31 \end{bmatrix}. \end{aligned}$$

$$\text{Шаг 2. } E(u[\xi_1]) = 0,29, E(u[\xi_2]) = 0,44, E(u[\xi_3]) = 0,246, E(u[\xi_4]) = 0,429, E(u[\xi_5]) = 0,497.$$

$$\text{Шаг 3. } u^{-1}(E(u[\xi_1])) = u^{-1}(0,29) \approx 0,76,$$

$$u^{-1}(E(u[\xi_2])) = u^{-1}(0,44) \approx 0,62,$$

$$u^{-1}(E(u[\xi_3])) = u^{-1}(0,246) \approx 0,79,$$

$$u^{-1}(E(u[\xi_4])) = u^{-1}(0,429) \approx 0,63,$$

$$u^{-1}(E(u[\xi_5])) = u^{-1}(0,497) \approx 0,58.$$

Наименьший детерминированный эквивалент был получен для пятого типа стратегии – стратегии сдержанности. Таким образом, по критерию ожидаемой полезности данный тип стратегии взаимодействия является наиболее предпочтительным.

Предложенная нечеткая многопериодная модель выбора стратегий взаимодействия организации со стейкхолдерами имеет ряд преимуществ по сравнению с ранее разработанными подобными моделями. В модели учитываются возможные изменения в отношениях организации с группами заинтересованных сторон. При этом измерение характеристик отношений, вероятностей сценариев и степеней уверенности экспертных оценок в лингвистических шкалах существенно облегчает работу экспертов и повышает точность их оценок и прогнозов.

Использование критерия ожидаемой полезности более предпочтительно по сравнению с обобщенным критерием, поскольку не происходит эффекта компенсации «плохих» показателей «хорошими». Рассмотрение дополнительного типа стратегии взаимодействия расширяет возможности лица принимающего решения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Греско А.А., Солодухин К.С. Метод выбора стратегии взаимодействия вуза со стейкхолдерами на основе детерминированного эквивалента // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – №4. – С.226.
2. Греско А.А., Солодухин К.С. Многопериодные модели выбора стратегий взаимодействия вуза со стейкхолдерами в условиях риска // Университетское управление: практика и анализ. – 2014. – № 4-5. – С. 36-43.
3. Solodukhin K.S., Gresko A.A. Using expected utility criterion for choosing strategies of interaction of university with stakeholders // World applied Sciences Journal. – 2013. – Vol. 27. – № 7. – P. 840-844.
4. Чиликин В.Э. Современные подходы к прогнозированию и диагностике систем и ситуаций // Информационные технологии и проблемы математического моделирования сложных систем. – 2014. – Т. 1. – № 1-11. – С. 46-52.
5. Полещук О.М. О развитии систем обработки нечеткой информации на базе полных ортогональных семантических пространств // Лесной вестник. Forestry Bulletin. – 2003. – № 1. – С. 112-117.
6. Горбунова М.В., Греско А.А., Солодухин К.С. Нечетко-множественная многопериодная модель выбора стратегий взаимодействия организации с группами заинтересованных сторон на основе обобщенного критерия // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. – 2016. – №4. – С.46-54.
7. Греско А.А., Солодухин К.С. Динамическая модель выбора стратегий взаимодействия вуза со стейкхолдерами на основе обобщенного критерия // Инновационная экономика и промышленная политика региона (ЭКОПРОМ-2014): материалы международной научно-практической конференции. – СПб: Изд-во Политехнического университета, 2014. – С. 554-558.
8. Полещук О.М. Методы предварительной обработки нечеткой экспертной информации на этапе ее формализации // Лесной вестник. Forestry Bulletin. – 2003. – № 5. – С. 160-167.
9. Полещук О.М. Кластерный анализ групповой экспертной информации // Лесной вестник. Forestry Bulletin. – 2015. – Т. 19. – № 1. – С. 75-81.
10. Птушкин А.С. Нечеткие модели задач принятия стратегических решений на предприятиях: дис.. д-ра экон. наук: 08.00.13. – Москва, 2004. – 316 с.
11. Аньшин В. М., Демкин И. В., Царьков И. Н., Никонов И. М. Применение теории нечетких множеств к задаче формирования портфеля проектов // Проблемы анализа риска. – 2008. – № 3. – Т. 5. – С. 8-21.
12. Грубов Е.О. Разработка системы поддержки принятия решений в вузе на основе теории нечетких множеств: дис.. кан. экон. наук: 08.00.13. – Иваново, 2001. – 203 с.
13. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 226 с.
14. Недосекин А.О. Нечетко-множественный анализ фондовых инвестиций. СПб: Изд-во Сезам, 2002. – 181.
15. Пивкин В.Я, Бакулин Е.П, Кореньков Д.И. Нечеткие множества в системах управления. Методическое пособие / Под ред. Ю.Н. Золотухина. Изд-во НГУ, 1997.
16. Zadeh L.A. Fuzzy algorithms // Information and Control. – 1968. – № 12. – P. 94-102.
17. Кини Р. Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения – М.: Радио и связь, 1981. – 242с.

---

18. Розен В.В. Математические модели принятия решений в экономике: учеб. пособие. М.: Книжный дом «Университет», Высшая школа, 2002. – 288 с.

*Статья публикуется при поддержке гранта  
РФФИ в рамках научного проекта № 15-32-01027.*

*Статья поступила в редакцию 13.07.2017.*

*Статья принята к публикации 25.09.2017.*