

*М. В. Горбунова, А. А. Гресько, К. С. Солодухин*

## **НЕЧЕТКО-МНОЖЕСТВЕННАЯ МНОГОПЕРИОДНАЯ МОДЕЛЬ ВЫБОРА СТРАТЕГИЙ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОРГАНИЗАЦИИ С ГРУППАМИ ЗАИНТЕРЕСОВАННЫХ СТОРОН НА ОСНОВЕ ОБОБЩЕННОГО КРИТЕРИЯ<sup>1</sup>**

Предложена нечетко-множественная многопериодная модель выбора стратегий взаимодействия организации со стейкхолдерами, позволяющая осуществлять выбор наиболее целесообразного типа стратегии взаимодействия с каждой группой заинтересованных сторон. Основное отличие модели от разработанных авторами ранее заключается в том, что не только характеристики отношений, но и весовые коэффициенты целесообразности применения типов стратегий являются нечеткими числами. При этом для выбора наиболее целесообразного типа стратегии рассчитываются расстояния Хемминга между «идеальными» и «реальными» значениями целесообразности применения всех типов стратегий для всех рассматриваемых сценариев изменения отношений между организацией и группами стейкхолдеров. Окончательное решение о выборе того или иного типа стратегии принимается на основе обобщенного критерия, соединяющего в себе математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение расстояния Хемминга, рассматриваемого как случайная величина. Предложен новый способ расчета обобщенного критерия, который позволяет выделять и ранжировать Парето-оптимальное множество типов стратегий и определять границы меры склонности к риску лица, принимающего решение. Окончательный выбор типов стратегий остается за лицом, принимающим решение, и зависит не только от его склонности к риску, но и от опыта и интуиции. Модель описана на примере взаимодействия вуза с одной из его наиболее значимых групп заинтересованных сторон – «Сотрудники».

**Ключевые слова:** группы стейкхолдеров, нечеткие числа, нечетко-множественная модель, расстояние Хемминга, склонность к риску, стратегии взаимодействия со стейкхолдерами, целесообразность выбора стратегии, характеристики отношений.

### **Введение**

Данная работа продолжает наши исследования, посвященные проблеме выбора стратегий взаимодействия организации с группами заинтересованных сторон. Ранее нами были разработаны методы и модели выбора стратегий взаимодействия организации со стейкхолдерами в условиях определенности [1, 2] и неопределенности (риска) [3–10]. В то же время, поскольку выбор стратегий обычно осуществляется в условиях высокой неопределенности, недостатка релевантной информации, носящей невероятный характер (при одновременном огромном объеме неоднородной информации, которую необходимо учитывать при принятии решений), необходима модификация разработанных моделей с использованием нечетко-множественного инструментария.

В данной работе предлагается и апробируется на примере вуза нечетко-множественная многопериодная модель выбора стратегий взаимодействия организации со стейкхолдерами на основе обобщенного критерия. В отличие от разработанной ранее четкой динамической модели выбора стратегий взаимодействия организации с группами заинтересованных сторон на основе обобщенного критерия [5], все характеристики отношений между организацией и стейкхолдерами являются нечеткими числами. При этом коэффициенты целесообразности применения типов стратегий также рассчитываются как нечеткие числа, в отличие от некоторых работ, в которых данные коэффициенты рассчитывались как четкие числа с предварительной дефазификацией нечетких характеристик отношений [2–4, 7–10].

В данной работе все расчеты производятся в нечетких числах с использованием стандартных нечетко-множественных операций [11–15].

### **Методы и результаты исследования**

В предыдущих работах были выделены следующие характеристики отношений между организацией и группами заинтересованных сторон: степень желанности изменений (являющаяся функцией удовлетворенности и ожиданий в отношении контрагента), степень влияния (на контрагента).

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке РГНФ в рамках научного проекта № 15-32-01027.

Данные характеристики представляют собой нечеткие, размытые понятия, на значения которых сильное влияние оказывают суждения, восприятия и эмоции эксперта. Поэтому оценить характеристики отношений количественно зачастую труднее, чем качественно (вербально). Оценим характеристики отношений вербально и преобразуем их в нечеткие множества. Для этого представим характеристики отношений в виде лингвистических переменных  $Q_1, \dots, Q_s$ , описываемых с помощью нечетких чисел, определенных на множестве  $X$  – некотором отрезке шкалы безразмерных единиц измерения (баллов):

$$Q_i = \{(x, \mu(x)) : x \in X, \mu(x) \in [0; 1]\}, i = \overline{1, s},$$

где  $x$  – значение шкалы баллов на множестве  $X$ ;  $\mu(x)$  – значения функции принадлежности нечеткого числа  $Q_i$  на  $X$ .

Предполагается, что множество  $X$  является дискретным, т. е. его элементами являются лишь целые значения баллов. Это допущение существенно упрощает вычисления, необходимые для выполнения операций с нечеткими множествами при сохранении достаточной точности результатов.

В табл. 1 и 2 представлены возможные лингвистические шкалы и соответствующие функции принадлежности нечетких множеств.

Таблица 1

**Преобразование вербальных оценок характеристики «степень взаимного влияния» в нечеткие множества**

Вербальная оценка степени взаимного влияния	Значение $x$										
	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
	Значение $\mu(x)$										
Влияние ГЭС* на организацию несравнимо больше, чем влияние организации на ГЭС	1	1	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0
Влияние ГЭС на организацию существенно больше, чем влияние организации на ГЭС	0,4	1	1	0,4	0,1	0	0	0	0	0	0
Влияние ГЭС на организацию умеренно больше, чем влияние организации на ГЭС	0	0,4	1	1	0,2	0	0	0	0	0	0
Влияние ГЭС на организацию незначительно больше, чем влияние организации на ГЭС	0	0	0,4	1	1	0,4	0,1	0	0	0	0
Влияние ГЭС и организации друг на друга примерно одинаково	0	0	0	0,2	0,9	1	0,9	0,2	0	0	0
Влияние организации на ГЭС незначительно больше, чем влияние ГЭС на организацию	0	0	0	0	0,1	0,4	1	1	0,4	0	0
Влияние организации на ГЭС умеренно больше, чем влияние ГЭС на организацию	0	0	0	0	0	0	0,2	1	1	0,4	0
Влияние организации на ГЭС существенно больше, чем влияние ГЭС на организацию	0	0	0	0	0	0	0,1	0,4	1	1	0,4
Влияние организации на ГЭС несравнимо больше, чем влияние ГЭС на организацию	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	1	1

\* ГЭС – группа заинтересованных сторон.

Таблица 2

**Преобразование вербальных оценок характеристики «степень желания изменений отношений» в нечеткие множества**

Вербальная оценка степени желания изменений отношений	Значение $x$										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Значение $\mu(x)$										
Отсутствует	1	0,5	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0
Незначительная	0,6	1	0,8	0,2	0	0	0	0	0	0	0
Небольшая	0,1	0,4	0,8	1	1	0,8	0,1	0	0	0	0
Средняя	0	0	0,1	0,6	1	1	1	0,6	0,1	0	0
Выше среднего уровня	0	0	0	0	0,2	0,8	1	1	0,4	0	0
Большая	0	0	0	0	0	0,1	0,4	0,9	1	0,9	0,1
Очень большая	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,8	1	1

Рассмотрим на примере Владивостокского государственного университета экономики и сервиса (ВГУЭС) процесс выбора стратегии взаимодействия в отношении группы стейкхолдеров «сотрудники».

В работе [8] в 2014 г. уже рассматривались сценарии изменения отношений между ВГУЭС и сотрудниками. В реальности эти отношения развивались по следующему сценарию. Все эти годы университет последовательно ужесточал требования к профессорско-преподавательскому составу (ППС). Росли требования к количеству и качеству научных публикаций, результативности участия преподавателей в научно-исследовательских работах и консалтинговых проектах (с точки зрения привлеченных финансовых средств), методической обеспеченности проводимых занятий, степени использования современных образовательных технологий. Такую возможность университету давала ситуация на региональном рынке образовательных услуг, а именно объединение 4-х вузов, учредителем которых являлось Министерство образования и науки, в один – Дальневосточный федеральный университет. Сокращение возможных мест работы ППС привело к смещению степени взаимного влияния в паре «вуз – сотрудники» в пользу университета. При этом, однако, размер средней заработной платы сотрудников ВГУЭС и темпы ее роста выгодно отличались от зарплат в вузах-конкурентах. В результате удовлетворенность группы «Сотрудники» в целом не снижалась. При этом росла удовлетворенность вуза в отношении группы, поскольку наименее приспособленные к новым требованиям сотрудники были вынуждены уйти из университета. Кроме того, были привлечены высококвалифицированные преподаватели из других регионов России.

В дальнейшем, однако, темпы роста заработной платы снизились. При этом продолжающееся ужесточение требований к ППС привело к уходу из университета некоторого числа высококвалифицированных сотрудников. Одновременно с этим стали падать удовлетворенность и ожидания оставшихся, особенно на фоне сокращения государственного финансирования вуза. Тем не менее, вряд ли стоит ожидать массового увольнения квалифицированных сотрудников, поскольку, в свою очередь, стали ужесточать требования к ППС и вузы-конкуренты. Тем более, что проводимые реформы в Дальневосточном федеральном университете, являющемся основным конкурентом в регионе как за студентов, так и за квалифицированных преподавателей, привели к резкому падению удовлетворенности его ППС.

Мы по-прежнему будем рассматривать три возможных сценария изменения отношений между ВГУЭС и его сотрудниками, которые, в силу вышесказанного, будут отличаться от сценариев, рассматриваемых ранее. В табл. 3–5 представлены вербальные оценки характеристик отношений для 3-х сценариев развития отношений между вузом и сотрудниками, а также коэффициенты  $q_{rij}^k$ , отражающие степень уверенности эксперта (или ЛПП) в  $r$ -ой характеристике отношений в рамках  $i$ -го сценария для  $j$ -го периода. Заметим, что коэффициенты  $q_{rij}^k$  (степень уверенности эксперта) также можно задавать вербально с последующим представлением в виде нечетких чисел. В данной работе для простоты они заданы как четкие числа, равные для всех характеристик отношений в рамках каждого конкретного сценария.

Таблица 3

Вербальные оценки характеристик отношений для первого сценария

Характеристика отношений	Периоды					
	2016 г.	$q_1$	2017–2018 гг.	$q_2$	2019–2020 гг.	$q_3$
Степень взаимного влияния	Влияние организации на ГЭС незначительно больше, чем влияние ГЭС на организацию	1	Влияние организации на ГЭС умеренно больше, чем влияние ГЭС на организацию	0,7	Влияние организации на ГЭС существенно больше, чем влияние ГЭС на организацию	0,5
Степень желанности изменений отношений ГЭС в отношении вуза	Средняя	1	Средняя	0,7	Средняя	0,5
Степень желанности изменений отношений вуза в отношении ГЭС	Небольшая	1	Средняя	0,7	Выше среднего уровня	0,5

Таблица 4

Вербальные оценки характеристик отношений для второго сценария

Характеристика отношений	Периоды					
	2016 г.	$q_1$	2017–2018 гг.	$q_2$	2019–2020 гг.	$q_3$
Степень взаимного влияния	Влияние организации на ГЗС незначительно больше, чем влияние ГЗС на организацию	1	Влияние ГЗС и организации друг на друга примерно одинаково	0,8	Влияние организации на ГЗС незначительно больше, чем влияние ГЗС на организацию	0,6
Степень желаяния изменений отношений ГЗС в отношении вуза	Средняя	1	Выше среднего уровня	0,8	Большая	0,6
Степень желаяния изменений отношений вуза в отношении ГЗС	Небольшая	1	Небольшая	0,8	Средняя	0,6

Таблица 5

Вербальные оценки характеристик отношений для третьего сценария

Характеристика отношений	Периоды					
	2016 г.	$q_1$	2017–2018 гг.	$q_2$	2019–2020 гг.	$q_3$
Степень взаимного влияния	Влияние организации на ГЗС незначительно больше, чем влияние ГЗС на организацию	1	Влияние ГЗС и организации друг на друга примерно одинаково	0,75	Влияние ГЗС и организации друг на друга примерно одинаково	0,65
Степень желаяния изменений отношений ГЗС в отношении вуза	Средняя	1	Большая	0,75	Очень большая	0,65
Степень желаяния изменений отношений вуза в отношении ГЗС	Небольшая	1	Небольшая	0,75	Незначительная	0,65

Функции принадлежности вербальных оценок характеристик отношений в отношении  $k$ -ой ГЗС по каждому сценарию могут быть сведены к одной интегральной функции принадлежности ( $Q_{ri}^k$ ) по формуле

$$Q_{ri}^k = \frac{\sum_{j=1}^t Q_{rij}^k \cdot q_{rij}^k}{\sum_{j=1}^t q_{rij}^k} \quad (1)$$

Для каждой ГЗС на основе анализа характеристик отношений может быть выбран определенный (наиболее подходящий при прочих равных) тип стратегии взаимодействия: удовлетворение запросов, защита, воздействие, сотрудничество, сдержанность.

Для того чтобы определить, какой тип стратегии следует применять к стейкхолдеру в сложившейся ситуации, каждому из типов ставится в соответствие нечеткий весовой коэффициент, отражающий целесообразность применения стратегии данного типа (к этой ГЗС в данной ситуации). Целесообразность применения стратегии  $l$ -го типа ( $l = \overline{1,5}$ ) в отношении  $k$ -ой ГЗС ( $w_l^k$ ) рассчитывается по следующим формулам:

$$w_1^k = \frac{5+G_1^k-V^k}{20}; w_2^k = \frac{10-|G_1^k-5|-V^k}{15}; w_3^k = \frac{5+G_2^k+V^k}{20}; w_4^k = \frac{25-G_1^k-G_2^k-|V^k|}{25}; w_5^k = \frac{10-|G_2^k-5|+V^k}{15},$$

где  $V^k$  – степень взаимного влияния организации и  $k$ -ой ГЗС;  $G_1^k$  – степень желаяния изменений  $k$ -ой ГЗС в отношении организации;  $G_2^k$  – степень желаяния изменений организации в отношении  $k$ -ой ГЗС.

В качестве функций принадлежности перечисленных выше характеристик отношений берутся интегральные функции принадлежности, полученные при помощи формулы (1).

Расчет целесообразности применения типов стратегий производится с использованием следующих нечетко-множественных операций:

1) операция сложения нечетких чисел  $A + B = C = \{z, \mu_C(z)\}$ , где  $A$  и  $B$  – нечеткие числа с функциями принадлежности  $\mu_A(x)$  и  $\mu_B(y)$ ;  $\mu_C(z) = \sup_{z=x+y} \{\min\{\mu_A(x), \mu_B(y)\}\}$  – функция принадлежности результата сложения;

2) операция вычитания нечетких чисел  $A - B = C = \{z, \mu_C(z)\}$ , где  $A$  и  $B$  – нечеткие числа с функциями принадлежности  $\mu_A(x)$  и  $\mu_B(y)$ ;  $\mu_C(z) = \sup_{z=x-y} \{\min\{\mu_A(x), \mu_B(y)\}\}$  – функция принадлежности результата вычитания;

3) операция деления нечетких чисел  $A \div B = C = \{z, \mu_C(z)\}$ , где  $A$  и  $B$  – нечеткие числа с функциями принадлежности  $\mu_A(x)$  и  $\mu_B(y)$ ;  $\mu_C(z) = \sup_{z=x \div y} \{\min\{\mu_A(x), \mu_B(y)\}\}$  – функция принадлежности результата деления;

4) операция расчета абсолютного значения нечеткого числа  $|A| = \{x, \mu_{|A|}(x)\}$ , где  $\mu_{|A|}(x) = \begin{cases} \max\{\mu_A(x), \mu_A(-x)\}, & \text{для } x \geq 0 \\ 0, & \text{для } x < 0 \end{cases}$ .

Вначале рассчитываются «идеальные» значения целесообразности применения стратегий  $w_1^{uk}, w_2^{uk}, w_3^{uk}, w_4^{uk}, w_5^{uk}$  в виде нечетких чисел. Для этого характеристики отношений задаются в виде нечетких чисел, при которых весовые коэффициенты целесообразности применения типов стратегий достигают своих максимальных значений (в соответствии с выбранными лингвистическими шкалами).

Затем на основе реальных оценок характеристик отношений (табл. 3–5) рассчитываются «реальные» нечеткие значения целесообразности применения стратегий  $w_1^{pk}, w_2^{pk}, w_3^{pk}, w_4^{pk}, w_5^{pk}$ .

На последнем этапе для каждого типа стратегии определяется расстояние Хемминга между «идеальным» и «реальным» значением целесообразности применения стратегии по следующей формуле:

$$\rho(w_j^{uk}, w_j^{pk}) = \int_{-\infty}^{\infty} |\mu_{w_j^{uk}}(x_i) - \mu_{w_j^{pk}}(x_i)| dx,$$

где  $j$  – номер типа стратегии;  $\mu_{w_j^{uk}}(x_i)$  и  $\mu_{w_j^{pk}}(x_i)$  – функции принадлежности «идеальной» и «реальной» целесообразности применения типов стратегий.

В каждом сценарии выбор следует осуществлять в пользу того типа стратегии, которому будет соответствовать наименьшее расстояние Хемминга между «идеальной» и «реальной» целесообразностью применения стратегии.

В целях автоматизации вычислений была разработана программа, позволяющая осуществлять расчет целесообразности применения типов стратегий, строить графики функций принадлежности, а также определять расстояние Хемминга. Для нашего примера получились следующие значения расстояния Хемминга (табл. 6).

Таблица 6

Расстояния Хемминга

Сценарии (вероятности)	Типы стратегий взаимодействия				
	Удовлетворение запросов	Защита	Воздействие	Сотрудничество	Сдержанность
Сценарий 1 (0,2)	0,88	0,8	0,6	0,7	0,44
Сценарий 2 (0,5)	0,76	0,58	0,82	0,64	0,65
Сценарий 3 (0,3)	0,61	0,61	0,83	0,59	0,68
Математическое ожидание	0,739	0,633	0,779	0,637	0,617
Среднеквадратичное отклонение	0,009 2	0,007 1	0,008	0,001 5	0,008

Как видно из таблицы, представленные случайные величины  $\xi_{il}$  – расстояния Хемминга относительно различных сценариев – характеризуются парой показателей: математическим ожиданием ( $M\xi_{il}$ ) и среднеквадратичным отклонением ( $\sigma\xi_{il}$ ).

Для того чтобы выбрать наиболее подходящий тип стратегии взаимодействия, рассмотрим задачу двухкритериальной оптимизации, где в качестве частных критериев выступают  $M$  и  $\sigma$ . В работе [16] для решения данной задачи предлагается использовать обобщенный критерий, который представляет собой взвешенную сумму частных критериев  $M$  и  $\sigma$  с весовыми коэффициентами 1 и  $-\lambda$ :

$$\eta^*(M, \sigma) = M - \lambda\sigma, \tag{2}$$

где  $\lambda$  – некоторая постоянная;  $M$  – математическое ожидание случайных величин (средний ожидаемый выигрыш);  $\sigma$  – среднееквадратичное отклонение случайных величин.

Значение  $\lambda$  характеризует склонность к риску лица, принимающего решение (ЛПР). При  $\lambda > 0$  ЛПР не склонно к риску, т. к. в этом случае оценка случайной величины, полученная с помощью обобщенного критерия, меньше, чем ее среднее значение, что характеризует осторожного человека. При  $\lambda < 0$  складывается обратная ситуация: ЛПР склонно к риску. Наконец, при  $\lambda = 0$  ЛПР безразлично к риску, т. к. оценка (2) случайной величины совпадает с ее средним значением. Отметим также, что параметр  $\lambda$  отражает субъективно-психологические качества человека и определяется из наблюдений за тем, как ЛПР принимает решения в рискованных ситуациях.

В работе [5] нами уже использовался метод выбора стратегий взаимодействия вуза с группами стейкхолдеров на основе обобщенного критерия. Однако в этой работе в качестве случайных величин использовались весовые коэффициенты целесообразности применения типов стратегий. В нашем случае в качестве случайных величин используются расстояния Хемминга, рассчитанные при помощи нечетко-множественных операций, а это значит, что чем меньше значение  $M_{\xi_{ij}}$ , тем предпочтительней тип стратегии, которому оно соответствует. Поэтому в формуле (2) вместо  $M$  будем использовать обратную величину  $\frac{1}{M}$ . Тогда обобщенный критерий  $\eta$  выглядит следующим образом:

$$\eta(M, \sigma) = \frac{1}{M} - \lambda\sigma.$$

Представим рассматриваемые типы стратегий взаимодействия точками на координатной плоскости переменных  $\left(\frac{1}{M}, \sigma\right)$  (рис. 1). На рисунке можно легко определить Парето-оптимальное множество типов стратегий (защита (З), сотрудничество (С), сдержанность (СД)).

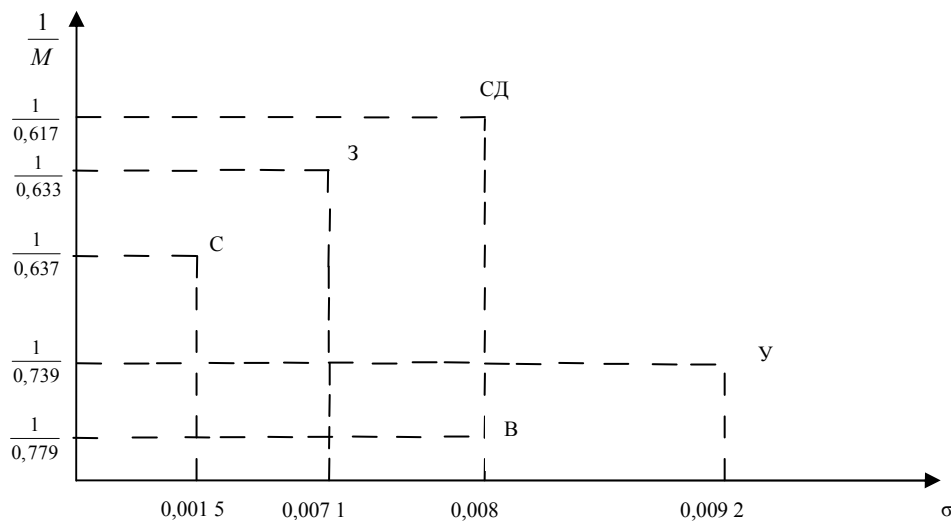


Рис. 1. Соотношение среднееквадратичного отклонения и обратного значения математического ожидания для типов стратегий взаимодействия

Окончательный выбор оптимального типа стратегии должен производиться из этого множества. Стратегию удовлетворения запросов (У) и стратегию воздействия (В) можно исключить из дальнейшего рассмотрения, т. к. остальные стратегии превосходят данную стратегию по Парето. Стратегии (З), (С), (СД) несравнимы по Парето. Сужение Парето-оптимального множества может быть произведено только при наличии дополнительной информации о соотношении критериев  $M$  и  $\sigma$ .

Найдем оптимальную стратегию с помощью обобщенного критерия  $\eta$ . Здесь  $\eta(З) = \frac{1}{0,633} - 0,0071\lambda$ ;  $\eta(С) = \frac{1}{0,637} - 0,0015\lambda$ ;  $\eta(СД) = \frac{1}{0,617} - 0,008\lambda$ . Для установления ранжирования Парето-оптимального множества (З, С, СД) по обобщенному критерию  $\eta$  найдем нижнюю границу меры несклонности к риску  $\lambda^0$  и верхнюю границу меры несклонности к риску  $\lambda^*$  по следующим формулам:

$$\lambda^0 = \min \left\{ \left( \frac{1}{M_{i_1}} - \frac{1}{M_{i_2}} \right) / (\sigma_{i_1} - \sigma_{i_2}) \right\}; \quad \lambda^* = \max \left\{ \left( \frac{1}{M_{i_1}} - \frac{1}{M_{i_2}} \right) / (\sigma_{i_1} - \sigma_{i_2}) \right\},$$

где  $(M_{i_1}, \sigma_{i_1})$  и  $(M_{i_2}, \sigma_{i_2})$  – математическое ожидание и среднее квадратичное отклонение 2-х фиксированных альтернатив  $a_{i_1}$  и  $a_{i_2}$ ; операторы  $\min$  и  $\max$  распространяются на такие пары индексов  $(i_1, i_2)$ , для которых альтернативы  $a_{i_1}, a_{i_2}$  оптимальны по Парето. Причем  $M_{i_1} < M_{i_2}$  и  $\sigma_{i_1} > \sigma_{i_2}$ .

Получим:

$$\left( \frac{1}{M_З} - \frac{1}{M_С} \right) / (\sigma_З - \sigma_С) = \left( \frac{1}{0,633} - \frac{1}{0,637} \right) / (0,0071 - 0,0015) = 1,74;$$

$$\left( \frac{1}{M_{СД}} - \frac{1}{M_З} \right) / (\sigma_{СД} - \sigma_З) = \left( \frac{1}{0,617} - \frac{1}{0,633} \right) / (0,008 - 0,0071) = 47,63;$$

$$\left( \frac{1}{M_{СД}} - \frac{1}{M_С} \right) / (\sigma_{СД} - \sigma_С) = \left( \frac{1}{0,617} - \frac{1}{0,637} \right) / (0,008 - 0,0015) = 7,78.$$

Отсюда  $\lambda^0 = \min \{1,74; 47,63; 7,78\} = 1,74$ ;  $\lambda^* = \max \{1,74; 47,63; 7,78\} = 47,63$ .

Таким образом, интервал  $(0, +\infty)$  можно разбить на 3 интервала:  $(0; 1,74)$  – зона малой несклонности к риску (зона малой осторожности);  $(1,74; 47,63)$  – зона неопределенности;  $(47,63; +\infty)$  – зона большой несклонности к риску (зона большой осторожности) (рис. 2).

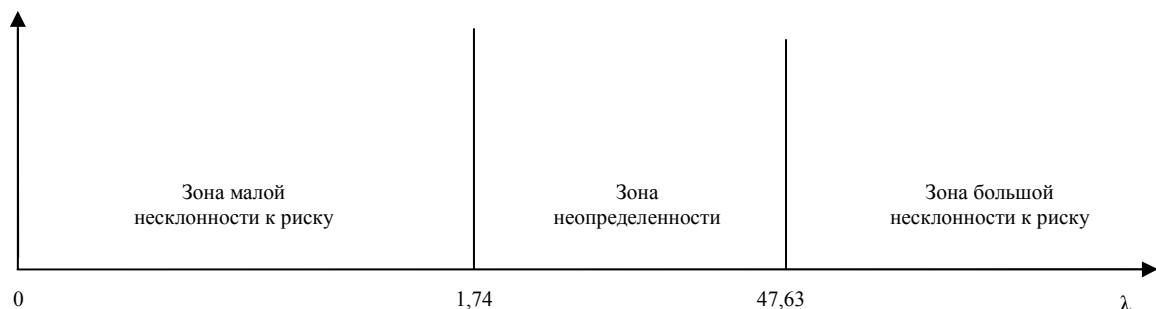


Рис. 2. Зоны несклонности к риску

Если для ЛПР его мера несклонности к риску  $0 \leq \lambda < 1,74$ , то для него ранжирование множества Парето-оптимальных альтернатив совпадает с их ранжированием по обратной величине математического ожидания:  $СД \succ З \succ С$  (знаком  $\succ$  обозначается предпочтение по величине обобщенного критерия  $\eta$ ). При этом оптимальной будет стратегия сдержанности (СД).

Если для ЛПР его мера несклонности к риску  $\lambda > 47,63$ , то для него ранжирование множества Парето-оптимальных альтернатив совпадает с их ранжированием по показателю риска:  $СД > З > С$ . При этом оптимальной будет стратегия сотрудничества (С).

Рассмотрим случай, когда мера несклонности к риску ЛПР попадает в зону неопределенности.

Возьмем, например,  $\lambda = 10$ . Тогда  $\eta(З) = \frac{1}{0,633} - 0,0071 \cdot 10 = 1,51$ ;  $\eta(С) = \frac{1}{0,637} - 0,0015 \cdot 10 = 1,56$ ;

$\eta(СД) = \frac{1}{0,617} - 0,008 \cdot 10 = 1,54$ . Получаем ранжирование  $СД > З > С$ .

### Выводы

В работе описана 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 обобщенного критерия. Использование нечетко-множественного инструментария облегчает работу экспертов в условиях высокой неопределенности и недостатка релевантной информации, носящей невероятностный характер.

Использование в качестве случайной величины расстояния Хемминга между «идеальными» и «реальными» значениями целесообразности применения типов стратегий потребовало нового способа расчета обобщенного критерия.

Лежащий в основе модели метод выбора альтернатив, в нашем случае – типов стратегии взаимодействия организации с группами заинтересованных сторон – является не единственным и имеет ряд недостатков, наиболее существенный из которых состоит в том, что критерий основывается на предположении постоянства меры несклонности к риску ЛПР. Вместе с тем, для большинства людей их мера склонности к риску меняется в зависимости от величины ожидаемого выигрыша и степени риска. Также недостатком метода является необходимость в большой дополнительной информации о соотношении математического ожидания и среднеквадратичного отклонения. Однако это не является недостатком для нашего примера, поскольку нам на начальном этапе уже известны данные критерии. Преимуществом же метода является то, что для установления ранжирования альтернатив достаточно знать не точное значение показателя  $\lambda$ , а некоторый интервал, в который он входит. В этой связи, возможно, следует определять границы интервалов как нечеткие числа.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Солодухин К. С., Плешкова Т. Ю. Инновационный подход к выбору стратегий взаимодействия вуза с его заинтересованными сторонами // Экономические науки. 2009. № 1 (50). С. 140–145.
2. Солодухин К. С. Стратегическое управление вузом как стейкхолдер-компанией. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. 290 с.
3. Горбунова М. В., Гресько А. А., Солодухин К. С. Многопериодная модель выбора типов стратегий взаимодействия организации со стейкхолдерами с учетом отношений заинтересованных сторон между собой // Фундаментальные исследования. 2015. № 2-25. С. 5626–5630.
4. Гресько А. А. Выбор стратегий взаимодействия организации со стейкхолдерами с учетом возможных сценариев взаимодействия стейкхолдеров между собой // Научное обозрение. Сер. 1: Экономика и право. 2012. № 5. С. 84–100.
5. Гресько А. А., Солодухин К. С. Метод выбора стратегий взаимодействия вуза со стейкхолдерами в условиях риска // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 4. С. 226.
6. Гресько А. А., Солодухин К. С. Метод выбора стратегий взаимодействия вуза со стейкхолдерами на основе детерминированного эквивалента // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 4. С. 226.
7. Гресько 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.
8. Гресько А. А., Солодухин К. С. Модели и методы выбора стратегий взаимодействия вуза с группами заинтересованных сторон в условиях неопределенности. Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2014. 176 с.
9. Гресько А. А., Рахманова М. С., Солодухин К. С. Разработка стратегий взаимодействия вуза с группами заинтересованных сторон с учетом отношений заинтересованных сторон между собой // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 5. С. 115.
10. 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. No. 7. P. 840–844.
11. Заде Л. А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976. 226 с.



12. Грубов Е. О. Разработка системы поддержки принятия решений в вузе на основе теории нечетких множеств: дис. ... канд. экон. наук. Иваново, 2001. 203 с.
13. Недосекин А. О. Нечетко-множественный анализ фондовых инвестиций. СПб: Изд-во Сезам, 2002. 181 с.
14. Птускин А. С. Нечеткие модели задач принятия стратегических решений на предприятиях: дис. ... д-ра экон. наук. М., 2004. 316 с.
15. Zadeh L. A. Fuzzy algorithms // Information and Control. 1968. No. 12. P. 94–102.
16. Розен В. В. Математические модели принятия решений в экономике: учеб. пособие. М.: Книжный дом «Университет», Высшая школа, 2002. 288 с.

Статья поступила в редакцию 20.10.2016

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Горбунова Мария Владимировна** – Россия, 690039, Владивосток; Владивостокский государственный университет экономики и сервиса; старший преподаватель кафедры межкультурных коммуникаций и переводоведения; Mariya.Gorbunova@vvsu.ru.

**Греско Александр Александрович** – Россия, 690039, Владивосток; Владивостокский государственный университет экономики и сервиса; канд. экон. наук; доцент кафедры математики и моделирования; gresko\_al@mail.ru.

**Солодухин Константин Сергеевич** – Россия, 690039, Владивосток; Владивостокский государственный университет экономики и сервиса; д-р экон. наук, профессор; профессор кафедры математики и моделирования, зав. лабораторией стратегического планирования; k.solodukhin@mail.ru.



*M. V. Gorbunova, A. A. Gresko, K. S. Solodukhin*

### FUZZY MULTI-PERIOD MODEL FOR SELECTION OF STAKEHOLDER INTERACTION STRATEGIES OF THE COMPANY USING GENERALIZED CRITERION

**Abstract.** The paper proposes a fuzzy multi-period model for selection of the most suitable types of interaction strategies of the company with its different stakeholders. The main difference of the model from the models previously developed by the authors is that not only the characteristics of the relations, but also the weight coefficients of appropriateness of the types of stakeholder interaction strategies are fuzzy numbers. In the present model, the Hamming distance between "ideal" and "real" expediency of application of each strategy type for all considered scenarios of changes in relations between the organization and its stakeholders is used for the selection of the most appropriate interaction strategy type. The final decision on the selection of a type of the strategy is based on the generalized criterion that combines the mathematical expectation and standard deviation of the Hamming distances, considered as a random variable. At the same time, a new method for calculating the generalized criterion is presented. The proposed method allows to identify and rank the Pareto optimal set of the types of strategies and to determine the boundaries of decision maker risk inclination. The decision maker produces a final choice of the types of strategies. His decision depends not only on risk appetite, but also on his experience and intuition. The model is described by the example of interaction between the University and one of the most important stakeholder groups – "employees".

**Key words:** stakeholder groups, fuzzy sets, fuzzy model, Hamming distance, inclination to risk, strategies of interaction with stakeholders, appropriateness of strategic choice, characteristics of relationships.

### REFERENCES

1. Solodukhin K. S., Pleshkova T. Iu. Innovatsionnyi podkhod k vyboru strategii vzaimodeistviia vuza s ego zainteresovannymi storonami [Innovative approach to the choice of strategies of interaction between the university and its stakeholders]. *Ekonomicheskie nauki*, 2009, no.1 (50), pp. 140–145.

2. Solodukhin K. S. *Strategicheskoe upravlenie vuzom kak steikkholder-kompaniei* [Strategic management of the university as a stakeholder-company]. Saint-Petersburg, Izd-vo Politekhicheskogo universiteta, 2009. 290 p.
3. Gorbunova M. V., Gres'ko A. A., Solodukhin K. S. Mnogoperiodnaia model' vybora tipov strategii vzaimodeistviia organizatsii so steikkholderami s ucheto otnošenii zainteresovannykh storon mezhdu soboi [Multi-phase model of choosing types of strategies of interaction between organizations and stakeholders taking into account the relationships of stakeholders themselves]. *Fundamental'nye issledovaniia*, 2015, no. 2-25, pp. 5626–5630.
4. Gres'ko A. A. Vybor strategii vzaimodeistviia organizatsii so steikkholderami s ucheto vozmozhnykh stsensariiev vzaimodeistviia steikkholderov mezhdu soboi [Choice of strategies of interaction between stakeholders and stakeholders taking into account the scenarios of interaction of stakeholders with each other]. *Nauchnoe obozrenie. Seriia 1: Ekonomika i pravo*, 2012, no. 5, pp. 84–100.
5. Gres'ko A. A., Solodukhin K. S. Metod vybora strategii vzaimodeistviia vuza so steikkholderami v usloviakh riska [Method of choosing the strategies of interaction of the university with stakeholders in risk conditions]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniia*, 2013, no. 4, pp. 226.
6. Gres'ko A. A., Solodukhin K. S. Metod vybora strategii vzaimodeistviia vuza so steikkholderami na osnove determinirovannogo ekvivalenta [Method of choosing the strategies of interaction of the university with stakeholders based on determined equivalent]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniia*, 2013, no. 4, p. 226.
7. Gres'ko A. A., Solodukhin K. S. Mnogoperiodnye modeli vybora strategii vzaimodeistviia vuza so steikkholderami v usloviakh riska [Multi-phase models of choosing strategies of interaction of the university with stakeholders in risk conditions]. *Universitetskoe upravlenie: praktika i analiz*, 2014, no. 4–5, pp. 36–43.
8. Gres'ko A. A., Solodukhin K. S. *Modeli i metody vybora strategii vzaimodeistviia vuza s gruppami zainteresovannykh storon v usloviakh neopredelennosti* [Models and methods of choosing strategies of interaction of the university with stakeholders in uncertain conditions]. Vladivostok, Izd-vo VGUES, 2014. 176 p.
9. Gres'ko A. A., Rakhmanova M. S., Solodukhin K. S. Razrabotka strategii vzaimodeistviia vuza s gruppami zainteresovannykh storon s ucheto otnošenii zainteresovannykh storon mezhdu soboi [Development of the strategies of interaction of the university with the groups of stakeholders taking into account their relationships]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniia*, 2011, no. 5, pp. 115.
10. 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, no. 7, pp. 840–844.
11. Zade L. A. *Poniatie lingvisticheskoi peremennoi i ego primenenie k priniatiuu priblizhennykh reshenii* [The notion of linguistic variable and its application to decision making]. Moscow, Mir Publ., 1976. 226 p.
12. Grubov E. O. *Razrabotka sistemy podderzhki priniatiia reshenii v vuze na osnove teorii nechetkikh mnozhestv: dis. kand. ekon. nauk* [Development of the system of support of decision making at the university based on the theory of fuzzy sets: dis. cand. econ. sci.]. Ivanovo, 2001. 203 p.
13. Nedosekin A. O. *Nechetko-mnozhestvennyi analiz fondovykh investitsii* [Fuzzy set analysis of fund investments]. Saint-Petersburg, Izd-vo Sezam, 2002. 181 p.
14. Ptuskin A. S. *Nechetkie modeli zadach priniatiia strategicheskikh reshenii na predpriiatiakh: dis. d-ra ekon. nauk* [Fuzzy models of the tasks of strategic decision making at the enterprises: dis. doc. econ. sci.]. Moscow, 2004. 316 p.
15. Zadeh L. A. Fuzzy algorithms. *Information and Control*, 1968, no. 12, pp. 94–102.
16. Rozen V. V. *Matematicheskie modeli priniatiia reshenii v ekonomike: uchebnoe posobie* [Mathematical models of decision making in economics: textbook]. Moscow, Knizhnyi dom «Universitet», Vysshiaia shkola, 2002. 288 p.

The article submitted to the editors 20.10.2016

### **INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

**Gorbunova Maria Vladimirovna** – Russia, 690039, Vladivostok; Vladivostok State University of Economics and Service; Senior Teacher of the Department of Intercultural Communication and Translation; Mariya.Gorbunova@vvsu.ru.

**Gresko Alexander Alexandrovich** – Russia, 690039, Vladivostok; Vladivostok State University of Economics and Service; Candidate of Economics; Assistant Professor of the Department of Mathematics and Modeling; gresko\_al@mail.ru.

**Solodukhin Konstantin Sergeevich** – Russia, 690039, Vladivostok; Vladivostok State University of Economics and Service; Doctor of Economics, Professor; Professor of the Department of Mathematics and Modeling, Head of the Laboratory of Strategic Planning; k.solodukhin@mail.ru.

