

Новая математическая модель риск-менеджмента образовательной деятельности вуза

Ю. В. Шевцова, В. С. Канев, А. Н. Полетайкин, Н. В. Кулешова

В статье предлагается оригинальный математический подход к решению актуальной задачи риск-менеджмента в отношении образовательной деятельности вуза в части обеспечения её качества. В качестве базового метода управления рисками применяется рисковый термометр, идентифицирующий рисковый фон образовательного процесса. Оценивание рисков осуществляется посредством нечёткой композиции полученных температурных данных с нечётким отношением соответствия рисков их ключевым индикаторам. Для построения функции принадлежности рисковой температуры с оптимальными параметрами применяется метод нечёткой кластеризации. По результатам экспертизы на основе температурных данных сформирован оптимальный комплекс мероприятий развития образовательной организации.

Ключевые слова: риск-менеджмент, ключевые индикаторы риска, рисковый термометр, температурные данные, нечёткая кластеризация, нечёткая композиция, мероприятия развития образовательной организации, минимизация рисков.

1. Введение

Образовательные организации, являясь элементом нестабильной социально-экономической среды общества, так же как и коммерческие компании испытывают необходимость перманентного управления рисками. Несмотря на то, что напрямую вопросам риск-менеджмента образовательных организаций в настоящее время уделено недостаточно внимания как со стороны научного [1, 2], так и со стороны делового сообществ, процесс управления рисками в них, безусловно, реализуется, однако, на наш взгляд, опосредованно. Так, в качестве процедур риск-менеджмента вуза можно видеть механизмы оценки качества образовательной деятельности и подготовки обучающихся, что, в свою очередь, является требованием современных ФГОС ВО (3++). «Качество образовательной деятельности и подготовки обучающихся ... определяется в рамках системы внутренней оценки, а также системы внешней оценки... Организация при проведении регулярной внутренней оценки качества образовательной деятельности и подготовки обучающихся ... привлекает юридических и (или) иных физических лиц, включая педагогических работников Организации... Внешняя оценка качества образовательной деятельности ... [осуществляется] в рамках процедуры государственной аккредитации» [3, п. 4.6].

Так или иначе, стоит признать, что концепция управления рисками образовательной организации в настоящее время находится во фрагментарном, ограниченном, слабоструктурированном состоянии. При этом на начальном этапе внедрения культуры риск-менеджмента в корпоративную среду организация должна иметь простой, универсально понятный, эффективный (с точки зрения ресурсов на внедрение и поддержание его устойчивого функционирования) инструмент. Одним из таких инструментов является рисковый термометр (РТ), который позволяет в первом приближении определить рисковый фон организации.

2. Формальное описание рискового термометра

По сути, РТ является формализацией некоторого опроса, выявляющего основные рисковые уязвимости компании. Пример рискового термометра коммерческой компании представлен в [4].

Методика РТ приводит статистически обработанные результаты опроса, извлеченные из опросного листа, к интегральному показателю, который может быть интерпретирован как рисковая температура компании. Причем важно заметить, что, как правило, вопросы опросного листа идентифицируют риски компании неявно, поэтому не требуют от респондента специфических знаний и навыков в области риск-менеджмента.

Интегральный показатель рисковей температуры компании (T) определяется по формуле:

$$T = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m k_{ij}^l x_{ij}, \quad l = \overline{1, p},$$

где x_{ij} – переменная j -го ответа респондента на i -й вопрос опросного листа: $x_{ij} = 1$, если респондент присвоил i -му вопросу j -й ответ, $x_{ij} = 0$ – наоборот; k_{ij}^l – рисковый вес j -го ответа на i -й вопрос; l – индекс рискового состояния объекта, p – число таких состояний.

Рисковые веса (k_l) устанавливаются ответам экспертно и выступают нормирующими коэффициентами, приводящими интегральные результаты к определённым показателям температуры:

$$k_l = \frac{T_l}{n}, \quad l = \overline{1, p}.$$

Так, представляя вуз некоммерческой образовательной организацией (ОО), разумно видеть следующие его температурные состояния:

- нормальное $T_1 = 36.6^\circ\text{C}$ – полное соответствие требованиям ФГОС ВО;
- лихорадочное $T_2 = 38^\circ\text{C}$ – частичное соответствие требованиям ФГОС ВО;
- катастрофическое $T_3 = 42^\circ\text{C}$ – полное несоответствие требованиям ФГОС ВО.

Таким образом, под рисковей температурой образовательной программы предлагается понимать степень её соответствия требованиям ФГОС ВО. Именно в этой связи мы не рассматриваем, как это принято для коммерческих организаций, пониженную температуру вуза (ниже 36.6°C) как неблагоприятный рисковый фон.

Кроме того, мы нашли хорошее соответствие анкеты научно-педагогических работников (НПР), используемой при проведении аккредитационной экспертизы основной образовательной программы [5], задачам измерения рисковей температуры программы. Данная анкета рассматривает ценности образовательной организации, находящиеся под риском: *процессы, персонал, системы, репутацию*, и позволяет оценить их состояние именно с точки зрения степени соответствия требованиям ФГОС ВО. Структура анкеты НПР представлена в табл. 1. Группы вопросов, адресуемых НПР, будем рассматривать как целевые факторы (ЦФ), рациональные и целенаправленные воздействия на которые, по идее данного исследования, должны привести исследуемую образовательную систему в нормальное (соответствующее требованиям ФГОС ВО) состояние.

Дифференциальная (частная) рисковая температура (T^s) по укрупненной группе показателей образовательной программы (множество групп показателей представлено в столбце «Целевой фактор» табл. 1, его мощность $q = 5$) определяется следующим образом:

$$T^s = \frac{n}{n^s} \sum_{i=1}^{n^s} \sum_{j=1}^m k_{ij}^l x_{ij}, \quad l = \overline{1, p}, \quad s = \overline{1, q}. \quad (1)$$

Таблица 1. Рисковый термометр образовательной программы бакалавриата

Целевой фактор	Вопросы НПР аккредитуемой программы	Варианты ответов	Рисковый вес ответа
I. Структура ООП.	Какие технологии при проведении занятий Вы используете?	Активные	2.38
		Интерактивные	2.29
		Другие	2.63
	Реализуется ли в Вашей ОО учебные курсы с применением информационных технологий?	Да	2.29
		Нет	2.63
		Не знаю	2.63
II. Общесистемные требования к реализации ООП.	Являетесь ли Вы штатным сотрудником?	Да	2.29
		Нет	2.63
		Внутренний совместитель	2.29
	Создана ли в Вашей ОО электронная информационно-образовательная среда?	Да	2.29
		Нет	2.63
		Затрудняюсь ответить	2.63
	Насколько Вы удовлетворены информационной наполненностью сайта программы?	Не удовлетворен	2.63
		Не в полной мере	2.38
		В большей степени	2.29
		Удовлетворен полностью	2.29
	Есть ли у Вас возможность пройти курсы повышения квалификации, обучающие семинары, стажировки?	Да	2.29
		Нет	2.63
	С какой периодичностью Вы проходите повышение квалификации?	Раз в пять лет	2.63
		Раз в три года	2.29
		Ежегодно	2.29
III. Кадровое обеспечение ООП.	Имеете ли Вы ученую степень, ученое звание?	Да. Кандидат, доктор	2.29
		Да. Доцент, профессор	2.29
		Нет	2.38
	Имеете ли Вы опыт практической работы по профилю преподаваемых дисциплин?	Да	2.29
		Нет	2.38
		Работаю в данное время	2.29
		Было давно	2.38
	Являетесь ли Вы научным руководителем магистерских программ?	Да	2.29
		Нет	2.29
	Есть ли у Вас публикации в научных рецензируемых изданиях за последние 5 лет?	Да	2.29
		Нет	2.63
		Другое	2.63
	Принимаете ли Вы участие в научных семинарах, конференциях?	Да	2.29
		Нет	2.63
		Редко	2.38
		Не знаю	2.63
IV. Материально-техническое обеспечение ООП.	Всегда ли доступна Вам вся необходимая информация, касающаяся учебного процесса, внеучебных мероприятий?	Да, всегда	2.29
		Нет, не всегда	2.38
		Затрудняюсь ответить	2.63
		Другое	2.63
	Удовлетворены ли Вы качеством аудиторий, помещений кафедр, учебных лабораторий и оборудования?	Полностью	2.29
		В большей мере	2.29
		Не в полной мере	2.38
		Не удовлетворен	2.63
	Удовлетворяет ли Вас качество фондов читального зала и библиотеки?	Не удовлетворяют	2.63
		Не в полной мере	2.38
		В большей степени	2.29
		Удовлетворяют	2.29
V. Условия организации образовательного процесса в целом.	Оцените, пожалуйста, условия организации образовательного процесса по программе в целом.	Неудовлетворительно	2.63
		Удовлетворительно	2.38
		Хорошо	2.29
		Отлично	2.29

3. Разработка модели риск-менеджмента образовательной деятельности

Стандарты ФГОС ВО модификации 3++ устанавливают, что «в целях совершенствования программы бакалавриата Организация [должна] проводить регулярную оценку качества образовательной деятельности...» [3, п. 4.6]. Нетрудно видеть, что эта процедура по своей сути соответствует мониторингу рисковому фону образовательной организации. Мониторинг рисков подразумевает оценку эффективности функционирования системы управления рисками ОО и, в соответствии с её результатами, корректировку управленческих процедур, а также поддержание непрерывности их выполнения.

Мониторинг рисковому фону может быть реализован с помощью системы обобщенных показателей деятельности компании, называемых ключевыми индикаторами риска (Key Risk Indicators, KRI) [6]. В качестве ключевых индикаторов риска должны применяться показатели, состояние которых свидетельствует об уровне рисковому фону компании. В связи с этим представляется естественным рассматривать ЦФ ОО в качестве ключевых индикаторов риска, по крайней мере, на уровне экспресс-диагностики рисковому фону.

Содержательная сущность ЦФ ОО позволила выявить характерные рисковые события, индикаторами которых они выступают (табл. 2).

Таблица 2. Рисковые события, идентифицируемые ключевыми индикаторами риска

Категория KRI	Объекты риска	Идентифицируемые риски
I. Структура ООП.	Процессы	1. Риск морального устаревания знаний. 2. Рассогласование интересов работодателей, выпускников, вузов и органов власти. 3. Сбои в работе технических систем.
II. Общесистемные требования к реализации ООП.	Процессы	1. Риск морального устаревания знаний. 2. Рассогласование интересов работодателей, выпускников, вузов и органов власти. 4. Риск зависимости от ключевого персонала. 5. Вымывание кадров. 6. Застой в научных исследованиях. 7. Нивелирование творческой и созидательной энергии НПР.
III. Кадровое обеспечение ООП.	Персонал	1. Риск морального устаревания знаний. 2. Рассогласование интересов работодателей, выпускников, вузов и органов власти. 5. Вымывание кадров. 6. Застой в научных исследованиях. 7. Нивелирование творческой и созидательной энергии НПР.
IV. Материально-техническое обеспечение ООП.	Системы	1. Риск морального устаревания знаний. 3. Сбои в работе технических систем. 6. Застой в научных исследованиях. 7. Нивелирование творческой и созидательной энергии НПР.
V. Условия организации образовательного процесса в целом.	Репутация	8. Утрата своеобразия, уникальности, колорита вуза.

При этом доля вопросов из анкеты НПР (столбец 2 табл. 1), которые идентифицируют соответствующее рисковое событие, позволили определить частотные характеристики сопоставления идентифицируемых рисков с их ключевыми индикаторами (табл. 3). Коль скоро эти

частоты характеризуют степень связи рисков с их индикаторами, значит, их в некотором приближении можно понимать как нечёткие характеристики уверенности в этом соответствии. Иными словами, матрицу размером 8×5 , представленную в табл. 3, можно рассматривать как бинарное нечёткое отношение (БНО) $RC = \{\langle r_i, c_j \rangle, \mu_{RC} \langle r_i, c_j \rangle\}$, где $r_i \in R$ и $c_j \in C$ – элементы чётких множеств рисков и KRI соответственно, $\mu_{RC} \langle r_i, c_j \rangle$ – функция принадлежности (ФП) БНО, которая определяется как отображение $\mu_{RC} : R, C \rightarrow [0, 1]$.

Таблица 3. Частотные характеристики индикации рисков

Идентифицируемые риски	Категория KRI (см. табл. 2)				
	I	II	III	IV	V
1. Риск морального устаревания знаний.	1.0	0.4	1.0	0.67	0.2
2. Рассогласование интересов работодателей, выпускников, вузов и органов власти.	0.8	0.4	1.0	0.67	0.2
3. Сбой в работе технических систем.	0.9	0.2	0	0.67	0.2
4. Риск зависимости от ключевого персонала.	0	0.2	0.4	0	0.2
5. Вымывание кадров.	0	0.2	0.4	0	1.0
6. Застой в научных исследованиях.	0	0.4	1.0	0.67	0.8
7. Нивелирование творческой и созидательной энергии НПП.	0	0.4	1.0	1.0	0.8
8. Утрата своеобразия, уникальности, колорита вуза.	0.8	0.8	0.8	0.8	1.0

Технология применения нечётких вычислений на основе БНО применительно к оцениванию образовательного процесса рассмотрена в [7]. Погрешность оценивания 89 личностных качеств обучающихся составила 8 %, что в условиях высокого уровня неопределённости, характерного для существенного присутствия в исследуемой системе человеческого фактора, можно считать удовлетворительным результатом.

Технология предполагает выполнение операции композиции БНО, которая применительно к решаемой задаче нечёткого оценивания рисков и в наиболее распространенном способе определения ФП результатного БНО методом минимакса реализуется следующим образом:

$$R_T = RC \otimes C_T, \quad \mu_{R_T} \{\langle r_i, l_k \rangle\} = \min_{c_j \in C} \left\{ \max \left\{ \mu_{RC} \langle r_i, c_j \rangle, \mu_{C_T} \langle c_j, l_k \rangle \right\} \right\}, \quad (2)$$

где левое БНО RC – условно-постоянное (содержит справочные нечёткие данные о соответствии рисков их ключевым индикаторам, представленные в табл. 3), правое БНО C_T – переменное и содержит фазифицированные оценки рисковой температуры, чёткие оценки которой рассчитаны по формуле (1) для основных категорий KRI $c_j \in C$, четверками оценок уровня температуры $l_k \in \overline{TL}$ ($k = 1, 4$), выраженных в виде лингвистических термов (см. табл. 4) в соответствии с установленной функцией принадлежности (см. рис. 1).

Таблица 4. Базисное множество лингвистических термов ($TL4$) для нечёткого оценивания рисковой температуры

Обозначение	Англоязычная нотация	Русскоязычная нотация
N	Normal	Нормальная температура
AN	Above the Normal	Повышенная температура (выше нормы)
H	High	Высокая температура
Cr	Critical	Критическая температура

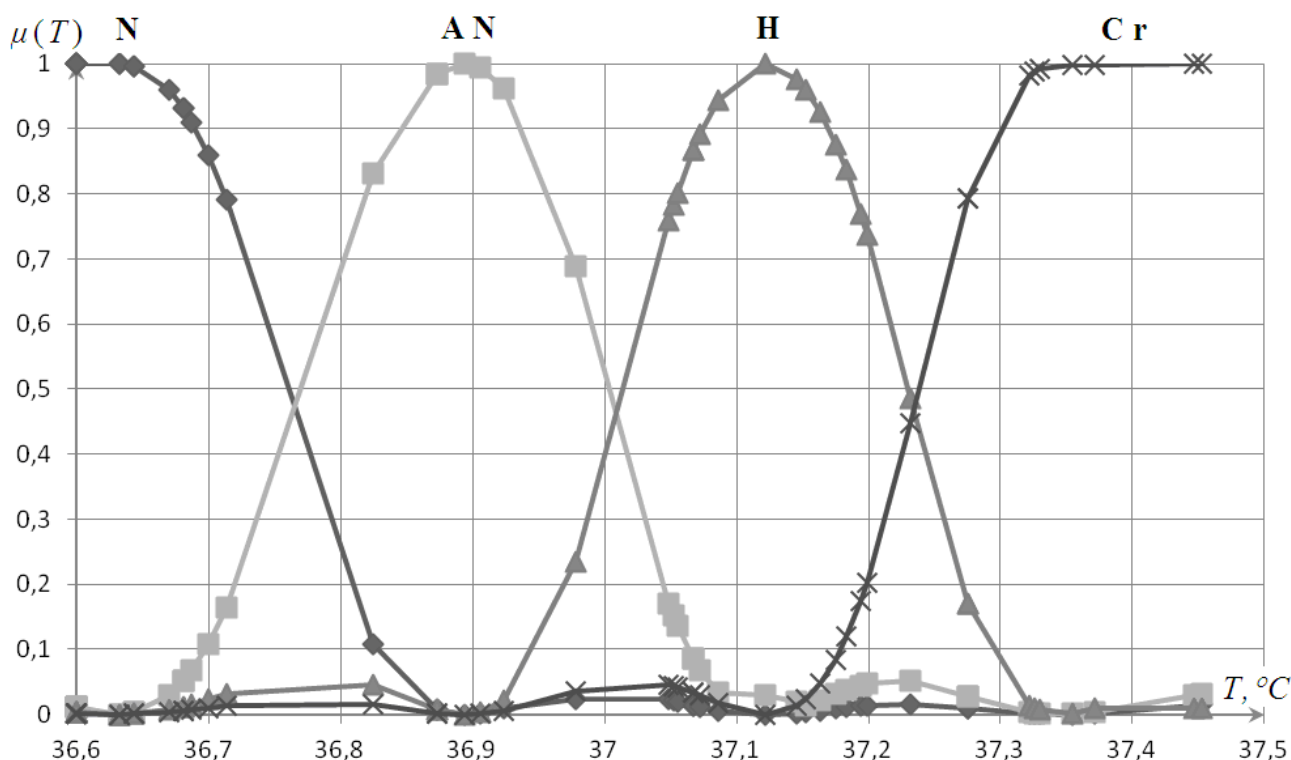


Рис. 1. Функции принадлежности лингвистической переменной «Нечёткая рисковая температура»

Операция композиции (2) не дистрибутивна и имеет своим результатом БНО R_T размером $|R| \times 4$, каждая строка которого выражает нечёткую характеристику четырех уровней выраженности риска в тех же терминах, что и уровень рисковой температуры, согласно ФП, показанной на рис. 2. В табл. 5 показано соответствие шкалы оценки вероятности наступления риска [2] и лингвистических термов из табл. 4.

Чёткая количественная оценка i -го риска r_i может быть получена посредством дефаззификации методом центра тяжести для одноточечных множеств:

$$P_{r_i} = \frac{\sum_{k=1}^4 (r_{ik} \cdot b_{ik})}{\sum_{k=1}^4 r_{ik}}, \quad (3)$$

где r_{ik} – элемент БНО R_T , соответствующий k -му терму, $k = \overline{1, 4}$; b_{ik} – чёткое значение соответствующего элемента базисного множества лингвистических термов $TL4$ (см. табл. 4), определяемое на основе ФП «Нечёткая оценка риска», график которой показан на рис. 2.

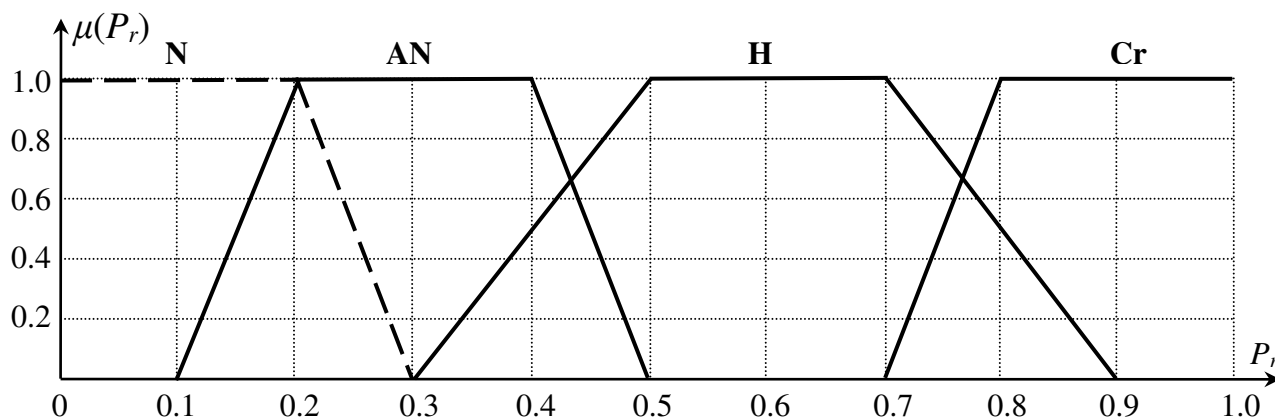


Рис. 2. Функции принадлежности лингвистической переменной «Нечёткая оценка риска»

Таблица 5. Шкала для нечёткого оценивания вероятности реализации риска [2]

Обозначение	Ранг	Интерпретация вероятности реализации риска	
N	I	Реализация риска маловероятна	< 0.20
AN	II	Средняя вероятность реализации риска	$[0.20...0.50)$
H	III	Высокая вероятность реализации риска	$[0.50...0.75)$
Cr	IV	Очень высокая вероятность реализации риска	≥ 0.75

4. Оценивание рисков на основе анкетных данных НПР

Как замечено ранее, апробация предлагаемого подхода к измерению рискованного фона вуза в целом и его отдельных образовательных программ проводилась на базе ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» (СибГУТИ). Её результаты, полученные на основе анкетных данных НПР при проведении аккредитационной экспертизы основной образовательной программы в приложении к 9 направлениям подготовки, аккредитованных в СибГУТИ, представлены на рис. 3. Рисунок демонстрирует оценки рискованной температуры по группам показателей, рассчитанные по формуле (1).

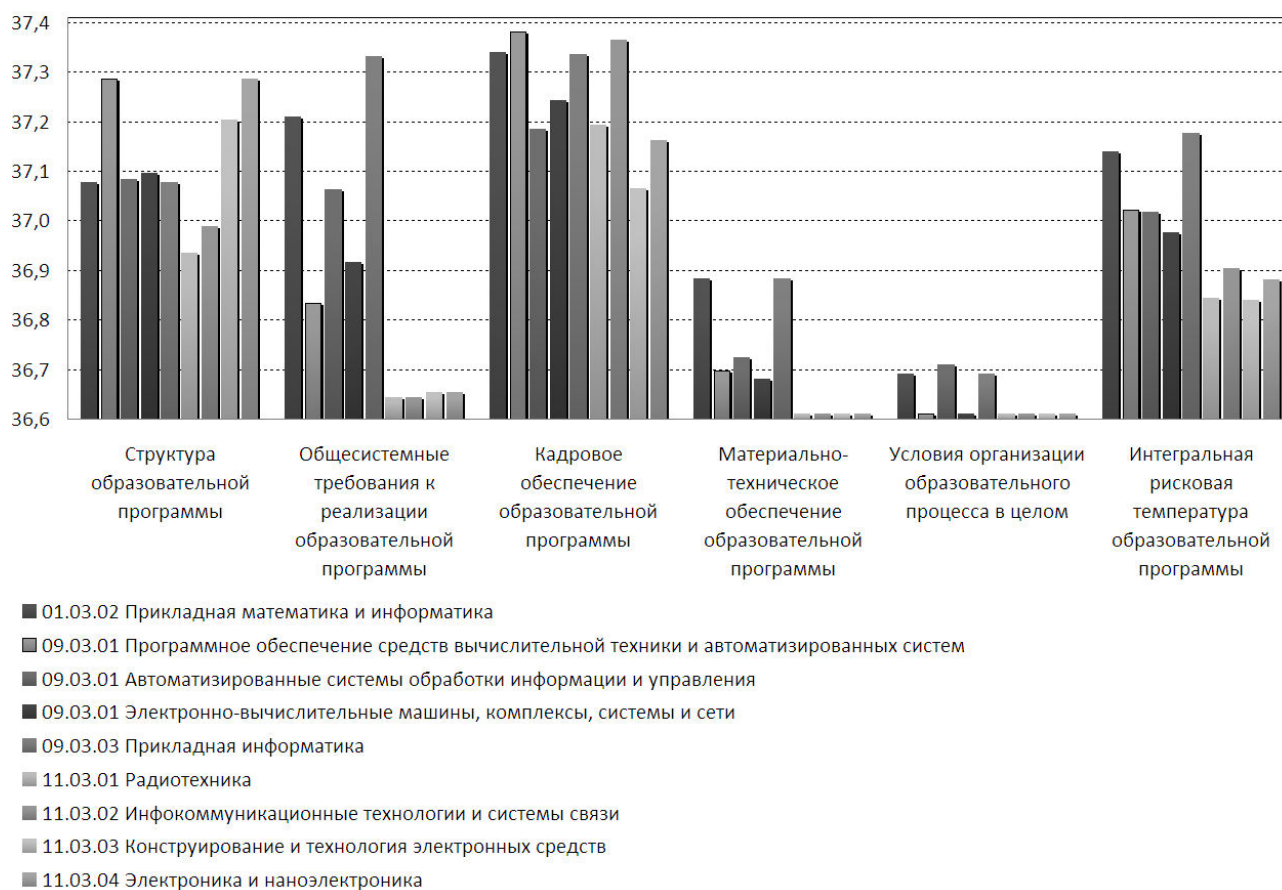


Рис. 3. Рискованная температура образовательных программ бакалавриата СибГУТИ (в легенде порядок направлений подготовки соответствует порядку рядов на диаграмме)

Функция принадлежности термов лингвистической переменной «Нечёткая рискованная температура» (см. рис. 1) была определена эмпирически с применением метода нечёткой кластеризации с-средних (с-means) [8] и пакета математического моделирования MATLAB R2018b. При этом в качестве обучающей выборки применялись полученные в СибГУТИ температурные данные образовательных программ бакалавриата (см. рис. 4).

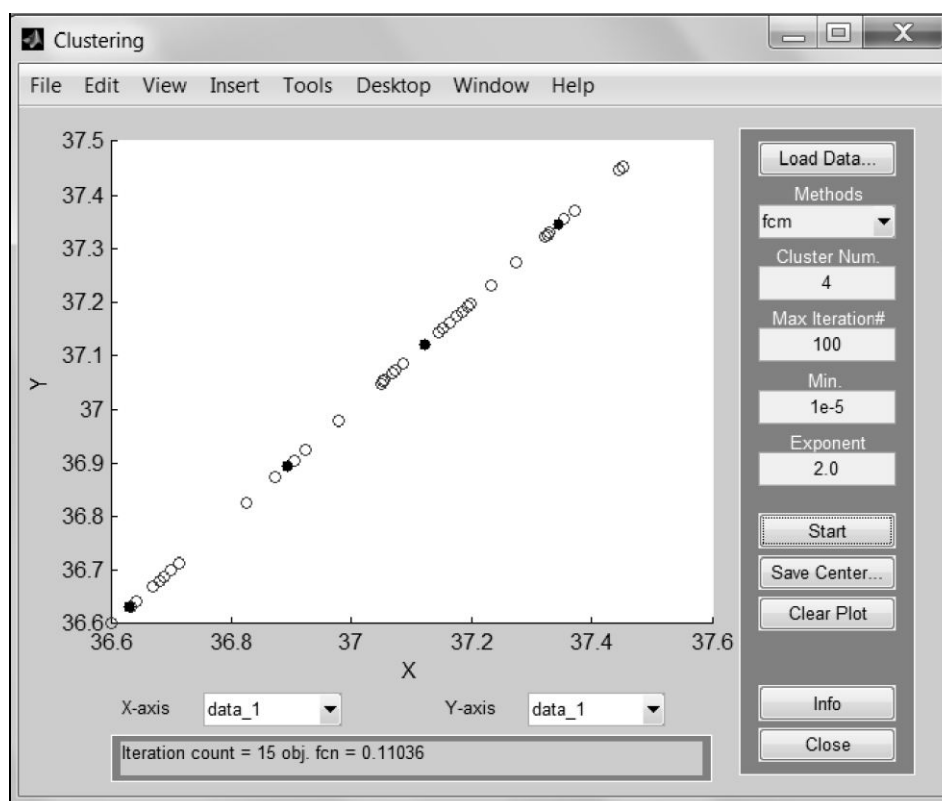


Рис. 4. Окно моделирования MATLAB при решении задачи нечеткой кластеризации температурных данных методом с-средних

В ходе нечёткой кластеризации фактически решается задача минимизации целевой функции разброса, задающей сумму расстояний от элементов исходного множества температурных данных до центра своего кластера. Характерная отличительная особенность нечёткой кластеризации состоит в том, что в результате каждый элемент множества оказывается одновременно принадлежащим нескольким кластерам (нечётким множествам) с определённой степенью принадлежности.

Рассмотрим расчёт оценок характерных рисков на примере данных по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика (ряд № 1 на рис. 3). Температурные данные представлены в табл. 6, где нечёткая рисковая температура рассчитана посредством процедуры фаззификации согласно ФП на рис. 1.

Результат операции композиции (2) представлен в табл. 7. Чёткие оценки рисков в виде вероятностей их наступления (согласно шкале в табл. 4) рассчитаны посредством процедуры дефаззификации по формуле (3) согласно ФП на рис. 2.

Таблица 6. Температурные данные по направлению подготовки
01.03.02 Прикладная математика и информатика

Категория KRI	Рисковая температура	Нечёткая температура			
		N	AN	H	Cr
I. Структура ООП.	37.07	0.014	0.086	0.867	0.033
II. Общесистемные требования к реализации ООП.	37.20	0.014	0.047	0.737	0.202
III. Кадровое обеспечение ООП.	37.33	0.001	0.001	0.006	0.992
IV. Материально-техническое обеспечение ООП.	36.87	0.007	0.984	0.007	0.002
V. Условия организации образовательного процесса в целом.	36.68	0.932	0.051	0.012	0.005

Таблица 7. Оценки характерных рисков образовательного процесса

Идентифицируемые риски	Нечёткая характеристика (R_T)				Вероятность риска
	N	AN	H	Cr	
1. Риск морального устаревания знаний.	0.400	0.200	0.200	0.200	0.434
2. Рассогласование интересов работодателей, выпускников, вузов и органов власти.	0.400	0.200	0.200	0.200	0.434
3. Сбои в работе технических систем.	0.001	0.001	0.006	0.200	0.706
4. Риск зависимости от ключевого персонала.	0.007	0.086	0.007	0.002	0.325
5. Вымывание кадров.	0.007	0.086	0.007	0.002	0.325
6. Застой в научных исследованиях.	0.014	0.086	0.670	0.033	0.567
7. Нивелирование творческой и созидательной энергии НПР.	0.014	0.086	0.737	0.033	0.569
8. Утрата своеобразия, уникальности, колорита вуза.	0.800	0.800	0.800	0.800	0.467

Из табл. 7 видно, что наиболее высокие значения имеют риски 3, 6 и 7, вероятности которых согласно экспертным оценкам из табл. 5 отнесены к III рангу и характеризуются как высокие. Остальные риски относятся ко II рангу и характеризуются средней вероятностью их реализации. Такой рисковый фон может быть классифицирован как неблагоприятный и требующий принятия комплекса превентивных мер, понижающих указанные риски и соотнесенные с ними ключевые индикаторы риска.

5. Определение оптимального комплекса мероприятий развития вуза

В результате анализа первичных результатов оценивания рисков экспертами были предложены наиболее действенные мероприятия (табл. 8), которые были сгруппированы по четырем группам и оценены лингвистическими оценками согласно данным табл. 9.

Таблица 8. Матрица влияния мероприятий развития образовательной организации на целевые факторы удовлетворённости из табл. 2

Наименование мероприятия развития образовательной организации	Стоимость (C), усл. ед.	Влияние на ЦФ (KRI) (см. табл. 2)				
		I	II	III	IV	V
1	2	3	4	5	6	7
Развитие кадровой политики						
1. Формирование непрерывного графика повышения квалификации для НПР по профилю читаемых дисциплин, по вопросам внедрения новых ФГОС ВО, по информационным и педагогическим технологиям.	50	PB	PB	PM	NB	PB
2. Разработка программ профессиональной переподготовки и повышения квалификации НПР с учетом требований ФГОС.	100	PB	PB	PM	NB	PB
3. Организация программ стажировок на предприятиях в сфере телекоммуникаций и информатики.	30	NB	PB	PM	NB	PB
4. Создание системы наставничества для работы и профессионального роста молодых преподавателей.	60	NB	PM	PB	NB	PB

Окончание таблицы 8

1	2	3	4	5	6	7
Развитие материально-технической базы						
5. Модернизация учебно-лабораторного и спортивного оборудования в соответствии с современными техническими требованиями и требованиями ФГОС.	100	PB	NS	NB	PB	PB
6. Обновление основных фондов учебных аудиторий, помещений кафедр, учебных лабораторий: полная или частичная замена мебели, компьютеров, оргтехники и др. Обеспечение условий доступа в Интернет в каждой аудитории.	100	PB	NS	NB	PB	PB
7. Полное оснащение компьютерным и мультимедийным оборудованием учебных аудиторий и читальных залов библиотеки.	100	PB	NS	NB	PB	PB
8. Приобретение лицензионного программного обеспечения, необходимого для проведения лабораторных и практических занятий.	90	PB	NS	NB	PB	PB
Совершенствование научно-исследовательской деятельности						
9. Регулярное проведение научно-технических и научно-методических конференций и семинаров с целью повышения уровня профессиональной компетентности.	50	PB	PM	PB	NB	PB
10. Совершенствование системы материального стимулирования в зависимости от качества выполненных научно-исследовательских работ.	80	PS	Z	PB	NS	PM
11. Разработка механизма мотивации аспирантов и повышения эффективности организации деятельности научных руководителей.	80	NB	PM	PB	NB	PS
12. Создание единого научно-методического комплекса интеграции образования, науки и производства с участием ННПР, обучающихся всех уровней и форм обучения и представителей работодателей.	100	NB	PS	PB	PS	PB
Совершенствование образовательной деятельности						
13. Создание единого информационного внутривузовского пространства: сайт вуза, локальные сети, информационные стенды.	50	PB	PB	PS	PB	PB
14. Внедрение единой методики разработки основных профессиональных образовательных программ в соответствии с изменениями законодательства и новыми ФГОС.	70	PB	NB	NB	NB	PB
15. Создание автоматизированной системы документооборота с целью согласования учебно-методической документации между сотрудниками разных подразделений вуза.	50	NB	NB	NB	PB	PB

Таблица 9. Базисное множество лингвистических термов для нечёткого оценивания действенности мероприятий развития образовательной организации

Обозначение	Степень влияния (k)	Англоязычная нотация	Русскоязычная нотация
NB	-75 %	Negative Big	Отрицательное большое
NM	-50 %	Negative Middle	Отрицательное среднее
NS	-25 %	Negative Small	Отрицательное малое
Z	0 %	Zero	Ноль, близкое к нулю
PS	25 %	Positive Small	Положительное малое
PM	50 %	Positive Middle	Положительное среднее
PB	75 %	Positive Big	Положительное большое

Под степенью влияния определённого мероприятия развития ОО понимается степень влияния данного мероприятия на фактор риска, сопровождающаяся изменением рискованной температуры по каждой категории KRI и в идеале приводящая её к нормальному состоянию ($T_{\text{норм.}} = 36.6^\circ\text{C}$), соответствующему, напомним, полному соответствию требованиям ФГОС ВО и, соответственно, полной удовлетворённости НПР.

Кроме того, из всего вышеизложенного легко видеть следующее функциональное отображение:

$$T \rightarrow \mu(C_T) \rightarrow \mu(R_T) \rightarrow P_r.$$

Тогда задача определения оптимального комплекса мероприятий развития вуза ($A^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_m^*)$) представляет собой задачу минимизации вероятности реализации рискованного события на определённом наборе данных мероприятий:

$$P_{r,A} = f(T_A^1, T_A^2, \dots, T_A^q) \rightarrow \min,$$

$$T_A^s = \begin{cases} T_{\text{исх.}} - \sum_{j=1}^m \frac{k_{a_j}^s}{100} \times x_{a_j} \times (T_{\text{исх.}} - T_{\text{норм.}}), & \text{если } \sum_{j=1}^m \frac{k_{a_j}^s}{100} \times x_{a_j} < 1, \quad s = \overline{1, q}, \\ T_{\text{норм.}} = 36,6, & \text{если } \sum_{j=1}^m \frac{k_{a_j}^s}{100} \times x_{a_j} \geq 1, \quad s = \overline{1, q}, \end{cases}$$

$$x_{a_j} = \{0, 1\}, \quad j = \overline{1, m},$$

где $k_{a_j}^s$ – степень влияния j -го мероприятия на s -й целевой фактор удовлетворённости (частный пример значений данного коэффициента представлен в табл. 9). Совместное влияние набора мероприятий на s -й целевой фактор удовлетворённости в самом простом случае может быть получено суммированием их влияния $\left(\sum_{j=1}^m \frac{k_{a_j}^s}{100} \times x_{a_j} \right)$.

Рассматриваемая оптимизационная задача не является гладкой, поэтому её решение было получено с помощью эволюционного программирования (табл. 10). Отметим, что в табл. 10 представлен один из множества альтернативных оптимальных наборов мероприятий по управлению каждым идентифицированным ранее риском (см. табл. 2.).

Таблица 10. Оптимальный набор мероприятий по управлению рискованными событиями развития образовательной организации

№ риска из табл. 7	№ мероприятия из табл. 8															Модифицированная вероятность риска ($P_{r,A}$)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0.352
2	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0.352
3	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0.200
4	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0.200
5	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0.200
6	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0.200
7	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0.200
8	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0.453

Итак, на данном этапе мы получили оптимальный набор мероприятий по управлению рисками развития ОО по критерию минимизации вероятности их возникновения. При этом очевидно, что для определения комплексной эффективности определённого набора меропри-

ятий необходимо помимо степени его воздействия на вероятность реализации рискованного события учитывать также и стоимость внедрения данного набора, т.е., по сути, решить двухкритериальную оптимизационную задачу следующего вида:

$$P_{r,A} = f(T_A^1, T_A^2, \dots, T_A^q) \rightarrow \min,$$

$$\sum_{j=1}^m C_{a_j} \times x_{a_j} \rightarrow \min,$$

$$x_{a_j} = \{0,1\}, \quad j = \overline{1,m},$$

где C_{a_j} – стоимость реализации j -го мероприятия (в табл. 8 представлены экспертные оценки стоимости реализации рассматриваемых мероприятий, мы намеренно даём эти оценки в условных единицах и, главным образом, имеем целью отразить отношение их порядка).

Рассмотрим решение двухкритериальной задачи поиска оптимального набора мероприятий по управлению рискованной ситуацией «Сбой в работе технических систем» как событием, имеющим наибольшую вероятность реализации в исходном состоянии ОО. Для этого, следуя классической схеме решения задач многокритериальной оптимизации, преобразуем её во множество однокритериальных задач условной оптимизации с ограничением на бюджет (B):

$$P_{r,A} = f(T_A^1, T_A^2, \dots, T_A^q) \rightarrow \min,$$

$$\sum_{j=1}^m C_{a_j} \times x_{a_j} \leq B, \quad B \in [0; \infty],$$

$$x_{a_j} = \{0,1\}, \quad j = \overline{1,m}.$$

Результаты расчетов представлены в табл. 11.

Таблица 11. Парето-оптимальные наборы мероприятий по управлению рискованной ситуацией «Сбой в работе технических систем» с учётом их стоимости

Бюджетное ограничение	№ мероприятия из табл. 8															Модифицированная вероятность риска ($P_{r,A}$)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
[0; 30)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
[30; 50)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.444
[50; 80)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.294
[80; 150)	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.233
[150; 290)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0.210
[290; ∞)	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0.200

Выбор конкретного набора мероприятий из Парето-оптимального множества определяется отношением ЛПР к риску и величиной бюджета на их внедрение.

6. Заключение

В статье рассмотрены результаты разработки и исследования новой математической модели регулирования рискованного фона образовательной организации. Исходными данными для исследования выступили результаты опроса преподавательского состава СибГУТИ, а также результаты экспертизы комплекса возможных развивающих мероприятий. Полученные с применением метода рискованного термометра температурные данные о функционировании образовательной организации показали существенно повышенный температурный и рискованный фон. Используемая в модели нечеткая технология позволила получить оптимальный набор

мероприятий, нормализующий рисковый фон образовательной организации, которые могут быть использованы для принятия управленческих решений с целью её развития.

Вместе с тем мы осознаем ограниченность используемого эмпирического материала и видим перспективной калибровку модели на более широком и разнообразном наборе данных, что также должно повысить точность и достоверность результатных оценок рисков и мероприятий, а также улучшить прогностические свойства модели. Однако ещё раз подчеркнём, что глобальной целью данного исследования видим развитие именно концептуального подхода к реализации процедур управления рисками образовательных организаций.

Литература

1. *Игнатова О. А., Ситников С. Г., Канев В. С.* Управление стратегическими рисками развития вуза в нестабильной среде функционирования // Интеграция образования и науки в современном университете: перспективы, проблемы, решения: сб. тез. докл. LI науч.-метод. конф. СибГУТИ, Новосибирск, 2010.
2. *Ильина Т. С., Баранова А. И., Канев В. С.* Управление рисками оценивания образовательных компетенций в высших учебных заведениях // Вестник СибГУТИ. 2017. № 1. С. 3–11.
3. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 09.03.03 Прикладная информатика (уровень бакалавриата). М: Министерство образования и науки РФ, 2017. 20 с.
4. *Вяткин В. Н., Гамза В. А.* Управление рисками фирмы: программа интегративного риск-менеджмента. М.: Финансы и статистика, 2006. 400 с.
5. Методические рекомендации по проведению аккредитационной экспертизы в отношении основных образовательных программ. М: ФГБУ «Росаккредагентство», 2015. 164 с.
6. *Катилова Н. В., Энгел С.* Практика ключевых индикаторов для операционных рисков // Управление финансовыми рисками. 2006. № 2. С. 190–204.
7. *Полетайкин А. Н., Ильина Т. С.* Нечёткий подход к оцениванию личностных качеств обучающихся вуза // ИТ-портал. 2016. № 4 (12). URL: <http://itportal.ru/science/tech/nechetkiy-podkhod-k-otsenivaniyu-li/> (дата обращения: 25.05.2019)
8. *Штовба С. Д.* Введение в теорию нечётких множеств и нечёткую логику [Электронный ресурс]. URL: <http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/index.php> (дата обращения: 25.05.2019).

Статья поступила в редакцию 11.07.2019.

Шевцова Юлия Владимировна

к.т.н., доцент, доцент кафедры математического моделирования бизнес-процессов СибГУТИ тел. (383) 269-82-78, e-mail: shevcova_yuliya@mail.ru.

Канев Валерий Семенович

д.т.н., доцент, заведующий кафедрой математического моделирования бизнес-процессов СибГУТИ (630102, Новосибирск, ул. Кирова, д. 86), тел. (383) 269-82-77, e-mail: kanev@ngs.ru.

Полетайкин Алексей Николаевич

к.т.н., доцент, доцент кафедры информационных технологий Кубанского государственного университета (350040, Краснодар, ул. Ставропольская, 149), тел. (861) 219-95-77, e-mail: alex.poletaykin@gmail.com.

Кулешова Наталия Владимировна

к.э.н., доцент, начальник учебно-методического отдела СибГУТИ (630102, Новосибирск, ул. Кирова, д. 86), тел. (383) 269-82-16, e-mail: natkuleshova@yandex.ru.

New mathematical model of risk management of education organization

Y. Shevtsova, V. Kanev, A. Poletaikin, N. Kuleshova

We propose new original mathematical approach to the problem of a risk management concerning ensuring quality of educational activity of higher education institution. As a basic method of risk management the risk thermometer identifying a risk background of educational process is used. Estimation of risks is carried out by means of fuzzy composition of the obtained temperature data with the fuzzy relation of compliance of risks to their key indicators. The method of fuzzy clustering is applied to construction of risk temperature's function with optimum parameters. As examination results the optimum of complex of actions for developing educational organization formed.

Keywords: risk management, key risk indicators, risk thermometer, temperature data, fuzzy clustering, fuzzy composition, developing actions of educational organization, risks minimization.