

Модель оценки имплицитных факторов на основе нечетко-множественных описаний

Дмитрий Назаров^{1,*}

¹Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия

Информация о статье

Поступила в редакцию:

02.07.2016

Принята

к опубликованию:

17.10.2016

УДК 004.942

JEL C 02

Ключевые слова:

имплицитный фактор, нечеткая логика, функция принадлежности, фаззификация, дефаззификация, иерархия, нечетко-логический вывод, корпоративная культура, модель Денисона.

Keywords:

implicit factor, fuzzy logic, membership function, fuzzification, defuzzification, hierarchy, need logical conclusion, corporate culture, Denison's model.

Аннотация

Рассмотрено усиливающееся влияние имплицитных факторов внутри экономических систем в рамках информационной экономики. Предложена схема формализации имплицитного фактора как лингвистической переменной. Построена модель иерархии имплицитного фактора в виде последовательной многоуровневой декомпозиции на измеряемые компоненты с последующей сверткой на основе рекуррентной формулы и продемонстрировано ее применение на примере формализации такого имплицитного фактора, как корпоративная культура с использованием опросника Денисона. Показаны основные отличия авторской модели обработки экспертных оценок от традиционной: низкая чувствительность модели к числу опрашиваемых и возможность построения интегрального показателя корпоративной культуры.

The evaluation model of implicit factors on the basis of fuzzy-set descriptions

Dmitriy Nazarov

Abstract

The article discusses the growing impact of implicit factors within economic systems in the information economy. At the same time the necessity of mandatory accounting in the management of economic systems and processes. The author proposes a model of formalizing the implicit factor as the linguistic variable based on the theory of fuzzy sets. In this model, the assessment of implicit factors is based on the construction of its function of a fuzzy set. A special feature of this approach is to represent implicit factors in a hierarchical form. The hierarchical view of the implicit factors describes serial multilevel decomposition on the measured component, followed by a convolution. Convolution levels produced by the recurrence formula to implement fuzzy-logical conclusion based on the representation of each level of decomposition, as a fuzzy set. Final point estimate for each node of the hierarchy is obtained by applying

*Автор для связи: E-mail: slup2005@mail.ru

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.220793>

defuzzification procedures for each of its levels (levels of implicit factor decomposition). The use of the model shown on the example of the formalization of the implicit factor as the corporate culture while at the same time the basis is taken decomposition Denison model, which allows to introduce corporate culture in the form of a three-level hierarchy, where each node is to be evaluated by expert survey respondents. Key differences between the author's model of processing expert assessments from the traditional models have a low sensitivity to the number of respondents, which is achieved through the use of fuzzy logic procedures and the possibility of constructing an integral indicator of corporate culture, which will help to build the rating of the objects. The final score is obtained by applying the procedures of defuzzification at each level of decomposition of the implicit factor. Application of the models shown on the example of formalization.

Введение

Тектонические сдвиги, происходящие в мировой и национальной экономике, обусловлены появлением нового, основанного на экономике знаний хозяйственного уклада, инструментальным стержнем которой является интеллектуальный капитал. Все большее значение в деятельности хозяйствующего субъекта приобретают нематериальные активы и неявные факторы, которые наряду с традиционными материальными становятся основными показателями, позволяющими увеличивать рыночную долю, наращивать прибыль, накапливать информацию и знания, что в дальнейшем может стать базой для прорыва на определенном сегменте рынка.

Одним из ярких примеров, демонстрирующих такой прорыв на рынке информационных технологий, стал экономический феномен компании *Apple*. В 2010 г. бизнес-аналитики впервые оценили рыночную капитализацию компании *Apple* в 223 млрд долл., что на 4 млрд долл. больше, чем у бессменного лидера IT-рынка компании *Microsoft*. А уже 14 апреля 2011 г. эта разница составила более 80 млрд долл., при этом рыночная капитализация компании превысила 306 млрд долл., а у конкурента сократилась до 212 млрд долл. Такие оценки были сделаны, несмотря на то, что компания *Microsoft* имела большую выручку и вдвое больший размер прибыли, чем компания *Apple* [1]. Ведущие экономисты и бизнес-аналитики провели оценку рыночной капитализации компаний, опираясь не на характерные для 20 в. материальные факторы экономической деятельности, а на скрытые, неявные показатели, такие как потенциальный рост компании. Подобные оценки рыночной капитализации основаны на привычном для современного рынка выражении: «компания *Apple* выглядит более привлекательно, чем компания *Microsoft*».

В данном случае под привлекательностью понимают совокупность факторов, таких как эффективное управление, накопление знаний, разработка технологий интеллектуального капитала, система мотивации сотрудников, корпоративная культура, система KPI сотрудников и др. Обобщив, эту группу факторов можно назвать имплицитными факторами [2].

В традиционной и информационной экономике выявлено большое количество имплицитных факторов, влияющих на протекающие в ней процессы. Чтобы учесть эти факторы, необходимо понять их экономический смысл и формализовать его в рамках информационной системы на основе тех данных, которые имеются у исследователя.

Основная часть

В математике достаточно хорошо известны три теории, предметом которых является экономико-математическое моделирование в условиях неопреде-

ленности: теория вероятностей, теория возможностей и теория нечетких множеств. Нечеткие математические модели представляют собой новое и перспективное направление в математике. Они все шире используются в ситуациях, связанных с наличием разного рода неопределенностей, в условиях, когда эти неопределенности не могут быть строго формализованы с помощью методов теории вероятностей и математической статистики [3].

Впервые идеи теории нечетких (размытых) множеств были сформулированы американским математиком Лотфи А. Заде в середине 60-х годов прошлого века и предназначались для облегчения процессов представления неточных понятий, анализа и моделирования систем, в которых участвует человек [4]. По сути, нечеткие множества – это расширение языка математики, которое позволяет учитывать нечеткость исходной информации в математических моделях [5].

Имплицитные факторы в управлении формально описываются понятиями естественного языка, которые с помощью нечетко-множественных описаний могут быть представлены как лингвистические переменные. Лингвистической называется переменная, значениями которой являются не числа, а слова или предложения естественного или формального языка. В этом смысле лингвистическая переменная может быть ассоциирована с понятием естественного языка. Лингвистический подход составляет основу нечеткой логики и приближенных способов рассуждений для реалистичного моделирования сложных экономических систем, на поведение которых существенно влияют суждения, восприятия и эмоции человека. Использование лингвистических переменных при формализации любого экономического процесса позволяет проводить адекватно описывающие проблему исследования экономической системы в терминах, естественных для лиц, принимающих решения (ЛПР), и экспертов.

Исходя из сказанного любой имплицитный фактор можно интерпретировать как некоторое понятие естественного языка и представить в виде иерархической структуры (рис. 1.)

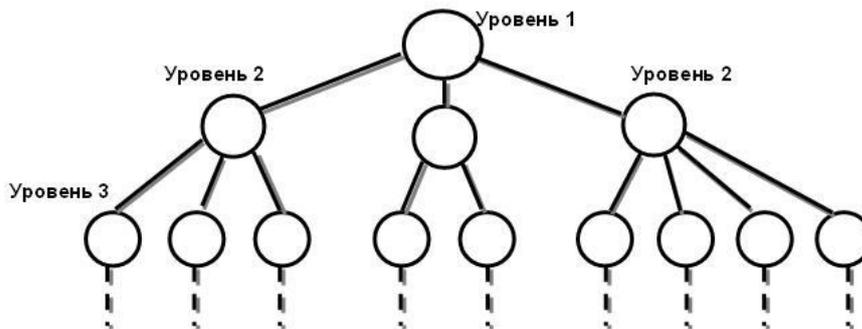


Рис. 1. Пример иерархии понятия до уровня 3

Приведем авторское понимание формализации понятий (в том числе и экономических) естественного языка как лингвистических переменных. Для этого произвольное понятие представим как лингвистическую переменную в виде объединения конечного количества термов T_i :

$$П \Leftrightarrow T_1(A_1(t)) \cup T_2(A_2(t)) \cup \dots \cup T_n(A_n(t)), \quad (1)$$

где $П$ – лингвистическая переменная, характеризующая произвольное понятие;
 $T_i(A_i(t))$ – терм-множество, характеризующее i -параметр $П$ как системы;

$A_i(t)$ – элемент системы, описывающий рассматриваемое понятие в момент времени t .

Отличительными признаками данного представления являются:

1) динамический характер лингвистической переменной, обеспечивающийся путем введения переменной t , которая показывает, что элементы $A_i(t)$ системы со временем существенно меняются в связи с развитием научных представлений об этом понятии естественного языка (лингвистической переменной);

2) наличие инвариантных и вариативных элементов, первые из которых неизменно присутствуют в лингвистическом представлении, а набор вторых существенно зависит от времени, при этом не отрицается изменение семантики как вариативных, так и инвариантных элементов;

3) наличие структурной модели лингвистической переменной. Структурная модель может быть (в зависимости от сложности) линейной или иерархической.

Преимущества такого представления заключаются в следующем:

1) в измеримости каждого элемента, а следовательно, и в возможности параметризации как лингвистической переменной, так и ее элементов, каждый из которых может быть представлен либо как нечеткое множество, либо как нечеткое число;

2) возможности формального представления понятий, которыми оперирует человек при описании своих желаний, цели относительно рассматриваемой системы.

Подобный подход, соответствующий формуле (1), используется при построении системы запросов и семантического ядра сайта или портала и называется методом гипонимов (метод построения тезауруса).

Представим типичную иерархическую структуру разложения понятия Π в виде иерархии его составляющих $A_i(t)$ ($i = 1, 2, \dots, n$). Все элементы иерархии $A_i(t)$ будем представлять нечеткими множествами.

Рассмотрим k -й уровень декомпозиции исходного понятия Π . Каждая составляющая этого уровня A_k представлена S_k разбиениями A_{kj} :

$$A_k = \sum_{j=1}^{j=S_k} A_{kj}.$$

В свою очередь, каждое разбиение A_{kj} состоит из n_{kj} компонентов. Применим традиционную запись нечеткого множества A_{kj} :

$$A_{kj} = \sum_{i=1}^{i=n_{kj}} \{x_i^{kj} | (\mu(x_i^{kj}))\},$$

где x_i^{kj} – i -й элемент нечеткого множества A_{kj} , $\mu(x_i^{kj})$ – функция принадлежности этого элемента нечеткому множеству A_{kj} .

Например, на рис. 1 нечеткие множества A_{32} и A_{33} (третий уровень иерархии, первая и третья группы разбиения этого уровня) будут записаны так:

$$A_{31} = \sum_{i=1}^{i=3} \{x_i^{31} | \mu(x_i^{31})\}, A_{33} = \sum_{i=1}^{i=4} \{x_i^{33} | \mu(x_i^{33})\}.$$

Разработанная автором методика экспертной оценки результатов анкетирования респондентов базируется на основных положениях теории нечетких множеств и построении функций принадлежности с помощью аналитических процедур. Традиционный математический аппарат не содержит инструментов, с помощью которых можно было бы отразить нечеткость представлений

экспертов. Ныне существующие количественные методы анализа систем мало-пригодны, а самое главное – не эффективны для использования. Это определяется так называемым принципом несовместимости: чем сложнее система, тем меньше возможность дать точные и в то же время имеющие практическое значение суждения об ее поведении. Для систем, сложность которых превосходит некоторый пороговый уровень, точность и практический смысл становятся фактически взаимоисключающими. При моделировании сложных бизнес-процессов оказывается существенной роль человека, и поэтому традиционный количественный анализ, основанный даже на вероятностном подходе, не имеет требуемого практического значения, поскольку не в состоянии охватить нечеткость человеческого мышления [6].

Суть авторского метода заключается в следующем: эксперты анализируют проблему, давая количественную оценку характеристикам объектов, полученные результаты обрабатываются, и на основании анализа мнений группы экспертов принимается решение проблемы. В такой процедуре возникают, по крайней мере, две взаимосвязанные задачи. Первая задача: при оценке объектов эксперты обычно расходятся во мнениях по решаемой проблеме, в связи с этим возникает необходимость оценить степень согласия экспертов количественно. Получение количественной меры согласованности позволяет более обоснованно интерпретировать причины расхождений во мнениях. Вторая задача: выбор лучшей альтернативы из имеющихся на основе агрегации результатов, или свертки, с учетом веса мнения эксперта или весомости критерия. Для реализации первой и второй задач будем использовать аппарат теории нечетких множеств и разработанную на его основе авторскую методику [7].

Наиболее сложной проблемой при использовании аппарата теории нечетких множеств в задачах экономики и бизнеса является построение функции принадлежности, адекватной рассматриваемой системе и бизнес-процессам, протекающим в ней.

Обратимся к рис. 1. Пусть уровень 1 – некоторое экономическое понятие, например «корпоративная культура» (КК). Это понятие может быть разложено на составляющие уровня 2 (в данном случае уровень 2 содержит три составляющие). Каждая составляющая уровня 2 может быть разложена на несколько составляющих уровня 3 и т. д. Разложение продолжается до тех пор, пока составляющие последнего уровня не будут представлять собой измеримые компоненты, т. е. это означает, что существуют методики их измерения. Для экономических понятий, связанных с «человекоразмерностью», эти методики, как правило, представляют собой экспертные оценки в виде специальных анкет. Чаще всего значения функции принадлежности $\mu(x)$ – это экспертные оценки, которые весьма субъективны.

Однако благодаря предлагаемой ниже методике оказывается возможным максимально объективизировать результаты обработки экспертных оценок. Кроме того, предлагаемая методика позволяет решить вопрос об агрегации экспертных оценок k-уровня к оценкам k-1-уровня.

Опишем эту методику в виде ряда шагов.

I. Построение функций принадлежности и ее нормирование исходя из опроса экспертов.

Пусть требуется составить функцию принадлежности $\mu_{A_{kj}}(x_i^{kj\ddots})$. В этом участвуют n экспертов, каждому из которых предложено ответить на m вопро-

сов, содержащих количественную оценку характеристик изучаемых объектов. Каждая экспертная оценка – это целое число в интервале от 1 до p .

1. Экспертные оценки представляются матрицей S :

$$S = \begin{pmatrix} s_{11} & s_{12} & \dots & s_{1m} \\ s_{21} & s_{22} & \dots & s_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ s_{n1} & s_{n2} & \dots & s_{nm} \end{pmatrix},$$

где $1 \leq s_{ij} \leq p$.

2. Преобразуем матрицу экспертных оценок S в матрицу W – согласованности этих оценок:

$$W = \begin{pmatrix} w_{11} & w_{12} & \dots & w_{1m} \\ w_{21} & w_{22} & \dots & w_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_{p1} & w_{p2} & \dots & w_{pm} \end{pmatrix},$$

где w_{kj} – число экспертов, поставивших оценку g при ответе на j -й вопрос.

3. Вводим m нечетких множеств с одинаковым носителем $E = \{1, 2, \dots, p\}$. Функции принадлежности каждого из этих множеств вычисляются по формуле

$$\mu_{A_{kj}} = \mu_{gj}^{\dots}(E) = \frac{w_{gj}}{\max_g(w_{gj})}.$$

4. Записываем все функции принадлежности в виде матрицы M :

$$M = \begin{pmatrix} \mu_{11}(E) & \mu_{12}(E) & \dots & \mu_{1m}(E) \\ \mu_{21}(E) & \mu_{22}(E) & \dots & \mu_{2m}(E) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \mu_{p1}(E) & \mu_{p2}(E) & \dots & \mu_{pm}(E) \end{pmatrix}.$$

Каждый столбец матрицы M представляет собой нечеткое множество, показывающее степень согласия экспертов.

5. Для каждого столбца матрицы M (для каждого введенного нами нечеткого множества) вычисляем индекс нечеткости l_i ($i = 1, 2, \dots, m$), характеризующий единство и разброс мнений экспертов по каждому вопросу:

$$L = \{l_1 \dots l_m\}.$$

Индекс нечеткости позволяет отследить количественно два взаимосвязанных показателя: 1) степень согласия экспертов при оценке объектов, 2) выбор степени разброса мнений экспертов относительно каждого из вопросов в целях определения лучшей альтернативы (вопроса, в котором экспертные мнения наиболее близки друг к другу или имеют наибольший разброс).

Рассмотрим показатель «степень согласия экспертов». Очевидно, что если все эксперты имеют примерно одинаковый уровень по критерию «профессионализм», то разброс в оценках будет небольшим, а следовательно, и индекс нечеткости будет маленьким, в противном случае наблюдается обратная ситуация. Именно этот факт позволяет оценить расхожесть мнений экспертов и сравнить их по стандартной схеме «больше-меньше».

Обратимся к показателю «выбор степени разброса мнений экспертов». Сравнивая индексы нечеткости, полученные при ответе на каждый вопрос,

можно найти вопрос, имеющий наибольший или наименьший индекс нечеткости. Вопрос, имеющий наименьший индекс нечеткости, интерпретируется как вопрос, в котором экспертные мнения наиболее близки, а имеющий наибольший индекс – как вопрос, по которому эксперты разошлись во мнениях. Применим алгоритм нечетко-логического вывода для получения агрегированной оценки экспертных мнений.

Для получения агрегированной оценки, показывающей рейтинг того или иного объекта в системе, обычно используют алгоритм линейной свертки показателей, формализующих этот объект. Опираясь на теорию нечетких множеств, агрегированный результат можно получить исходя из правил построения нечетко-логических выводов. В зависимости от того, какие формулы используются в структуре нечетко-логического вывода, различают следующие алгоритмы нечеткого вывода, используемые в различных системах: алгоритм Мамдани, алгоритм Ларсена, алгоритм Тсукамото, алгоритм Сугэно и упрощенный алгоритм. В нашем случае логичнее всего взять за основу самый распространенный алгоритм нечеткого вывода – алгоритм Мамдани, немного его видоизменив. Суть этого алгоритма уже детально изучена, поэтому распишем его шаги в соответствии с нашими обозначениями и логикой изложения.

Для удобства вычислений матрицу M транспонируем. Рассмотрим алгоритм нечетко-логического вывода.

1. Имеем m нечетких множеств, соответствующих каждому вопросу, заданному экспертам:

$$\begin{aligned} M_1 &= \left\{ \mu_{11}(E)/_1 + \mu_{21}(E)/_2 + \dots + \mu_{p1}(E)/_p \right\}, \\ M_2 &= \left\{ \mu_{12}(E)/_1 + \mu_{22}(E)/_2 + \dots + \mu_{p2}(E)/_p \right\}, \\ &\dots\dots\dots \\ M_m &= \left\{ \mu_{1m}(E)/_1 + \mu_{2m}(E)/_2 + \dots + \mu_{pm}(E)/_p \right\}. \end{aligned}$$

Эти множества используем в качестве основы для агрегации мнений в виде последовательности значений функции принадлежности единого нечеткого множества B :

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \mu_{11}(E) \text{ \textcircled{.} } \mu_{12}(E) \text{ \textcircled{.} } \dots \text{ \textcircled{.} } \mu_{1m}(E) = \max_i \mu_{1i}(E), \\ \alpha_2 &= \mu_{21}(E) \text{ \textcircled{.} } \mu_{22}(E) \text{ \textcircled{.} } \dots \text{ \textcircled{.} } \mu_{2m}(E) = \max_i \mu_{2i}(E), \\ &\dots\dots\dots \\ \alpha_p &= \mu_{p1}(E) \text{ \textcircled{.} } \mu_{p2}(E) \text{ \textcircled{.} } \dots \text{ \textcircled{.} } \mu_{pm}(E) = \max_i \mu_{pi}(E), \end{aligned}$$

где $i = 1, 2, \dots, m$.

Напомним, что операция дизъюнкция ($\text{\textcircled{.}}$) осуществляется в нечеткой логике.

2. Преобразуем полученную функцию принадлежности множества B по формуле

$$\mu_g(B) = \alpha_g / \max_g \alpha_g, \text{ где } g = 1 \dots p.$$

Получим

$$B = \left\{ \mu_1(B)/_1 + \mu_2(B)/_2 + \dots + \mu_p(B)/_p \right\}.$$

На основании полученной функции принадлежности дефазсифицированное значение, выражающее совокупное мнение экспертов, можно определить, используя формулу Мамдани (метод центра масс):

$$x^* = \frac{\sum_g g \cdot \mu_g(B)}{\sum_g \mu_g(B)},$$

где x^* – четкое значение переменной, соответствующее логическому объединению в форме «если–то», полученное в результате процедуры дефаззификации.

Описанная выше процедура (п. 2) позволяет, по сути, перейти от k -уровня иерархии (см. рис. 1) к $k-1$ -уровню. Такой переход основан на построении нечеткого множества $k-1$ -уровня, функцией принадлежности которого является значение

$$\mu_{A_{k-1}j} = \mu_g(B), \text{ где } j = 1 \dots s_{k-1}. \quad (2)$$

Учитывая иерархичность (в общем случае) представления понятия как лингвистической переменной, описанные выше процедуры и формула (2) позволяют перейти с одного уровня иерархии на другой, получая и анализируя функции принадлежности промежуточных составляющих. Достоинством такого представления является и то, что можно выявить наиболее важные составляющие и отбросить несущественные и тем самым упростить дальнейшее исследование. Полученный алгоритм универсален и может быть применен для формализации любого понятия, в том числе и имплицитного фактора. В итоге нам удалось описать алгоритм построения суперпозиции нечетких функций принадлежности в виде технологии аддитивной свертки параметров по правилу центра площади с учетом их «размытости». Заметим, что предложенный автором алгоритм нечетко-логического вывода имеет все основания для получения агрегированной оценки экспертных мнений, поскольку вопросы экспертам, как правило, задаются исходя из конъюнктивно-дизъюнктивной логики, т. е. для оценки какой-либо проблемы и получения экспертного мнения важны все составляющие.

Применение модели

В настоящей работе предлагается усовершенствовать обработку и интерпретацию результатов по модели Денисона с использованием возможности аппарата нечетких множеств и изложенной выше методики. Первый этап работы будет заключаться в том, чтобы формализовать понятие «корпоративная культура» (КК) в виде иерархии (рис. 2).

Как следует из рисунка, модель Денисона представляет собой трехуровневую иерархию. Автор считает, что наполнение модели стоит прекратить уже на уровне 3 иерархии, поскольку все ее показатели измеримы с помощью предлагаемого инструментария – индексов. Согласно модели Денисона показатели корпоративной культуры выбираются и оцениваются в структурно-функциональном аспекте. Каждый индекс, который на рис. 2 обозначен как I_{ij} , (i – порядковый номер группы индекса, j – порядковый номер индекса в соответствующей группе), по результатам ответов респондентов на пять вопросов оценивается в диапазоне от 1 до 5 баллов. Каждый такой групповой ответ можно представить в виде нечеткого множества с носителем $X = \{1, 2, 3, 4, 5\}$ и функцией принадлежности $\mu_{I_{ij}}(x_i)$, которая строится по авторской методике. Другими словами, каждый индекс можно представить в виде сингелтона следующего вида:

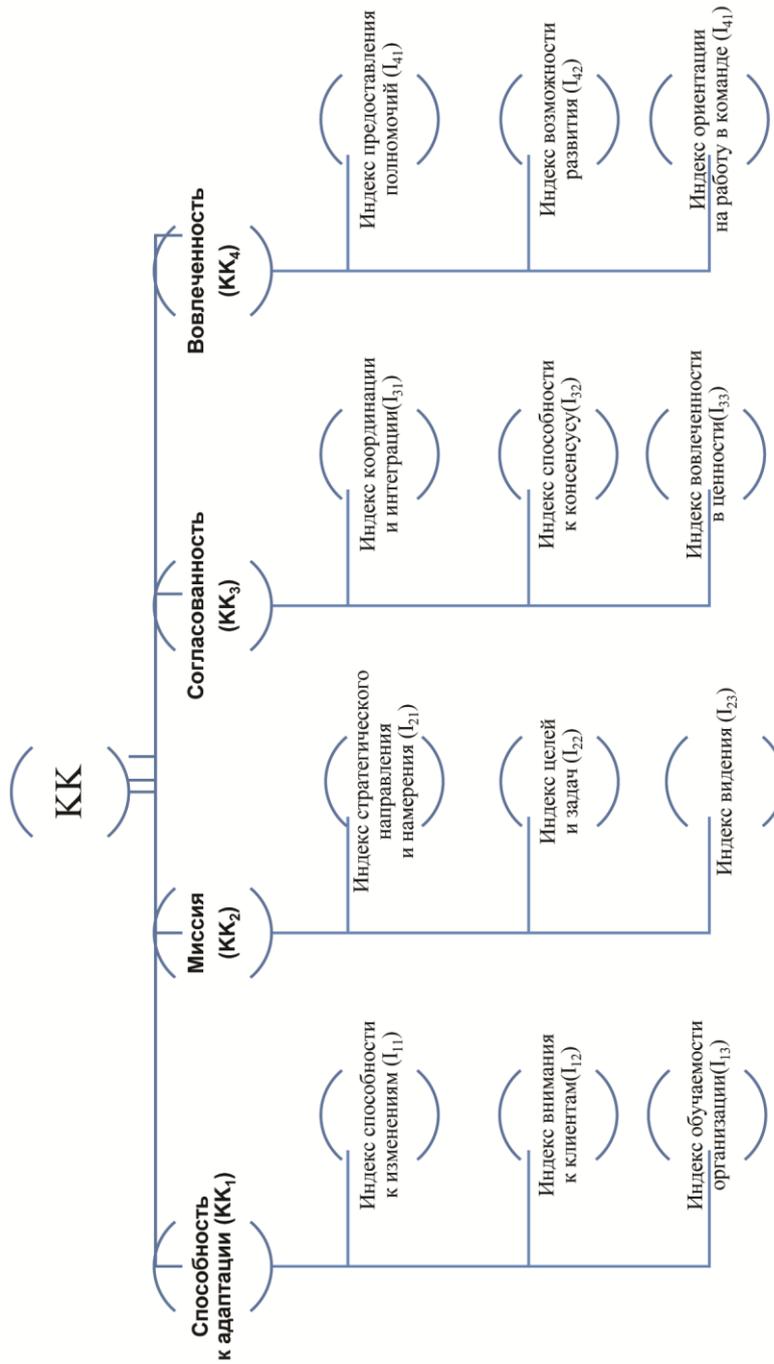


Рис. 2. Иерархическая модель корпоративной культуры [8], где каждая ее составляющая – нечеткое множество

$$I_{ij} = \frac{\max_i \mu_{I_{ij}}(1)}{1} + \frac{\max_i \mu_{I_{ij}}(2)}{2} + \frac{\max_i \mu_{I_{ij}}(3)}{3} + \frac{\max_i \mu_{I_{ij}}(4)}{4} + \frac{\max_i \mu_{I_{ij}}(5)}{5} \cdot \quad (3)$$

Каждому такому индексу ставится в соответствие индекс нечеткости, который предназначен для учета несогласованности мнений респондентов и показывает степень нечеткости множества ответов респондентов. Кроме того, по результатам дефаззификации каждый полученный индекс оценивается по формуле нахождения центра тяжести в дискретной форме. Обоснованность такой оценки базируется на стандартных инструментах нечеткой логики, в частности нечеткой импликации. Действительно, опросник Денисона устроен таким образом, что каждый индекс образует пять вопросов, т. е. логика модели такова: «если ответ на вопрос 1 = a_1 , и ответ на вопрос 2 = a_2 , и ответ на вопрос 3 = a_3 , и ответ на вопрос 4 = a_4 , и ответ на вопрос 5 = a_5 , то значение индекса = A ». Следовательно, применяя стандартные правила дефаззификации, получим оценку соответствующего индекса. После того как все индексы рассчитаны по правилу (минимума), получены их функции принадлежности и четкие (дефаззифицированные) оценки, переходим на следующий уровень иерархии, используя правило максимума, поскольку по методике Денисона каждый из трех индексов (в группе) определяет составляющие следующего уровня иерархии. То есть каждый индекс в группе определяет отдельное правило для расчета значения составляющей следующего уровня. В завершение вновь проведем процедуру дефаззификации и представим каждый из четырех основных показателей в виде нечеткого множества значений соответствующих индексов:

$$\mu_{KK_i}(x_i) = \max_j \mu_{I_{ij}}(x_i). \quad (4)$$

Для перехода на следующий уровень процедуру, описываемую формулами (3) и (4), повторим, и так до тех пор, пока не получим искомое значение. При этом на каждом этапе будем считать индекс нечеткости каждого показателя. В итоге получим оценку и самой корпоративной культуры исследуемого объекта.

Для удобства накопления и обработки результатов нами в сети Интернет был создан сервис с постоянно обновляемой базой данных и возможностью выгрузки этих данных в файл *Excel*. В программе *Excel* был написан программный код обработки и представлены результаты.

Согласно методике Денисона составляющую корпоративной культуры «Способность к адаптации» (KK_1) определяют три индекса: индекс способности к изменениям (I_{11}), индекс внимания к клиентам (I_{12}), индекс обучаемости организации (I_{13}). Каждый из индексов определяется по результатам ответов на пять вопросов. Причем нечеткий логический вывод относительно значения KK_1 строится следующим образом:

П1: Если вопрос 1 = a_1 , или вопрос 2 = a_2 , или вопрос 3 = a_3 , или вопрос 4 = a_4 , или вопрос 5 = a_5 , то $I_{11} = b_1$.

П2: Если вопрос 1 = a_1 , или вопрос 2 = a_2 , или вопрос 3 = a_3 , или вопрос 4 = a_4 , или вопрос 5 = a_5 , то $I_{12} = b_2$.

П3: Если вопрос 1 = a_1 , или вопрос 2 = a_2 , или вопрос 3 = a_3 , или вопрос 4 = a_4 , или вопрос 5 = a_5 , то $I_{13} = b_3$.

При этом KK_1 получается как результат композиции правил П1, П2, П3 с помощью операции «максимум».

Соответствующие функции принадлежности по каждому индексу получены с помощью операции «максимум», аналогично получена и функция принадлежности по составляющей корпоративной культуры KK_1 – «Способность к адаптации». В этом же диапазоне рассчитаны и значения индексов нечеткости по каждому индексу в модели Денисона, дефаззифицированные их значения, а также определены верхние и нижние границы изменений каждого индекса в модели Денисона. Индексы нечеткости по индексам в модели Денисона были рассчитаны как среднее значение индексов нечеткости ответов респондентов на каждый вопрос в рамках одной группы, соответствующей определенному индексу модели. Верхняя граница индекса модели считается как сумма дефаззифицированного значения по Мамдани и соответствующего индекса нечеткости, а нижняя граница – как разность между дефаззифицированным значением по Мамдани и соответствующим индексом нечеткости (см. рис. 2). По всем остальным составляющим – «Миссия» (KK_2), «Вовлеченность» (KK_3), «Согласованность» (KK_4) – расчеты проводятся аналогично.

Пользуясь идеологией нечеткого представления и понимая корпоративную культуру как некоторую лингвистическую переменную, логично определить ее уровни, а также уровни ее показателей на всех ступах иерархии:

- 0–20 % – низкий показатель;
- 21–40 % – пониженный показатель;
- 41–60 % – средний показатель;
- 61–80 % – повышенный показатель;
- 81–100 % – высокий показатель.

Чтобы привести полученные данные к процентному виду, достаточно поделить их на 5 – максимальный балл в модели.

Используя инструментальные методы оценки имплицитных факторов, реализованные нами в виде web-сервиса «Оценка имплицитных факторов», основой которого явилась модель Денисона, исследуем KK описанных выше компаний и сравним полученные результаты (таблица, рис. 3).

Итоговые показатели исследования корпоративной культуры сотрудников ООО «Наноинформ» по уровням иерархии

Индекс модели	По модели Денисона	Нечеткий вывод Мамдани	Индекс нечеткости	Нижняя граница	Верхняя граница	Уровень, %	Нижняя граница уровня, %	Верхняя граница уровня, %	Интерпретация уровня
Способность к изменениям	4,23	4,18	0,20	3,98	4,38	84	80	88	высокий
Внимание к клиентам	4,47	4,50	0,15	4,35	4,65	90	87	93	—/—
Обучаемость организации	4,43	4,43	0,08	4,35	4,51	89	87	90	—/—
Стратегическое направление и намерение	3,73	3,35	0,20	3,15	3,55	67	63	71	повышенный

Окончание таблицы

Цели и задачи	4,27	4,10	0,09	4,01	4,19	82	80	84	ВЫСОКИЙ
Видение	4,13	4,09	0,19	3,90	4,28	82	78	86	-//-
Координация и интеграция	4,60	4,56	0,14	4,42	4,69	91	88	94	-//-
Способность к консенсусу	4,60	4,56	0,07	4,48	4,63	91	90	93	-//-
Вовлеченность в ценности	4,63	4,63	0,10	4,53	4,72	93	91	94	-//-
Предоставление полномочий	4,60	4,56	0,14	4,42	4,69	91	88	94	-//-
Возможность развития	4,57	4,40	0,18	4,22	4,58	88	84	92	-//-
Ориентация на работу в команде	4,73	4,71	0,15	4,56	4,87	94	91	97	-//-
Составляющие корпоративной культуры									
Способность к адаптации (КК1)	4,38	4,25	0,14	4,11	4,39	0,85	82	88	ВЫСОКИЙ
Миссия (КК2)	4,04	3,35	0,16	3,19	3,51	0,67	64	70	ПОВЫШЕННЫЙ
Согласованность (КК3)	4,61	4,56	0,10	4,45	4,66	0,91	89	93	ВЫСОКИЙ
Вовлеченность (КК4)	4,63	4,40	0,15	4,25	4,55	0,88	85	91	-//-
Корпоративная культура	4,42	3,35	0,14	3,21	3,49	0,67	64	70	ПОВЫШЕННЫЙ

Результаты исследования

1. Одним из условий эффективной деятельности в области инноваций является развитая корпоративная культура, которая положительно влияет на деятельность компании. Сильная положительная связь корпоративной культуры с бизнес-процессами объясняется, в первую очередь, тем, что все индексы по модели Денисона имеют либо повышенный, либо высокий уровень, который достигается благодаря четкому пониманию сотрудниками компаний, почему «они находятся здесь и сейчас». Перед ними ставится четкая цель, на основании которой разработаны конкретные стратегические задачи, что обеспечивает высокую степень вовлеченности в бизнес-процесс. Каждый сотрудник ощущает свою причастность к принятию каких-либо важных решений для реализации общей цели: максимально эффективно вести бизнес и достигать высокого уровня доходов как для компании, так и для каждого сотрудника. Высокая степень адаптивности, которая также играет важную роль при формировании корпоративной культуры, проявляющейся во взаимоотношениях с клиентами, сотрудниками, и в понимании миссии.

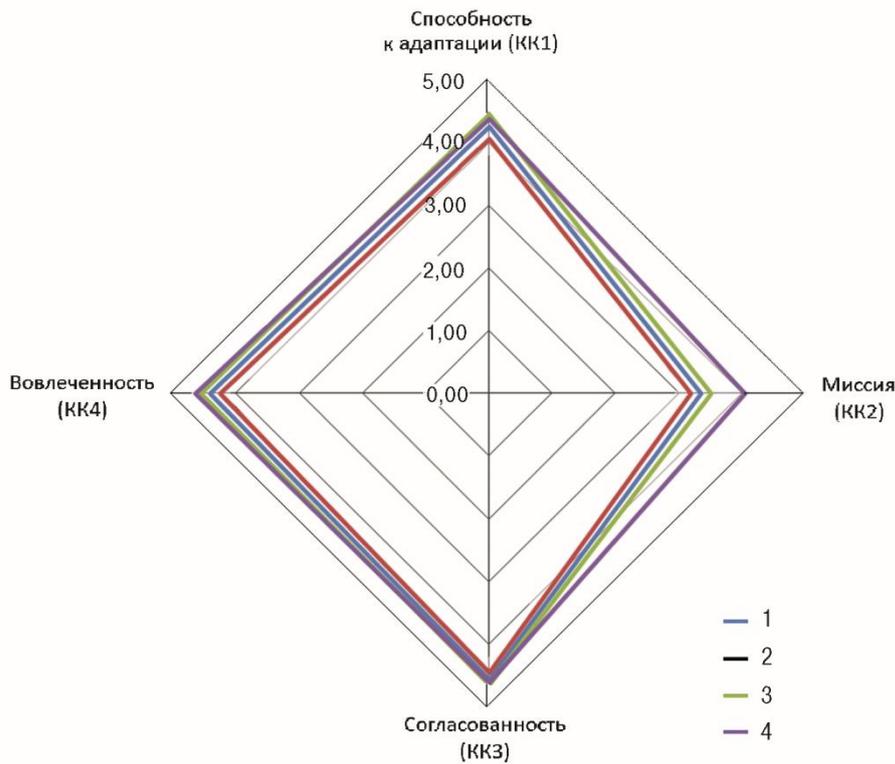
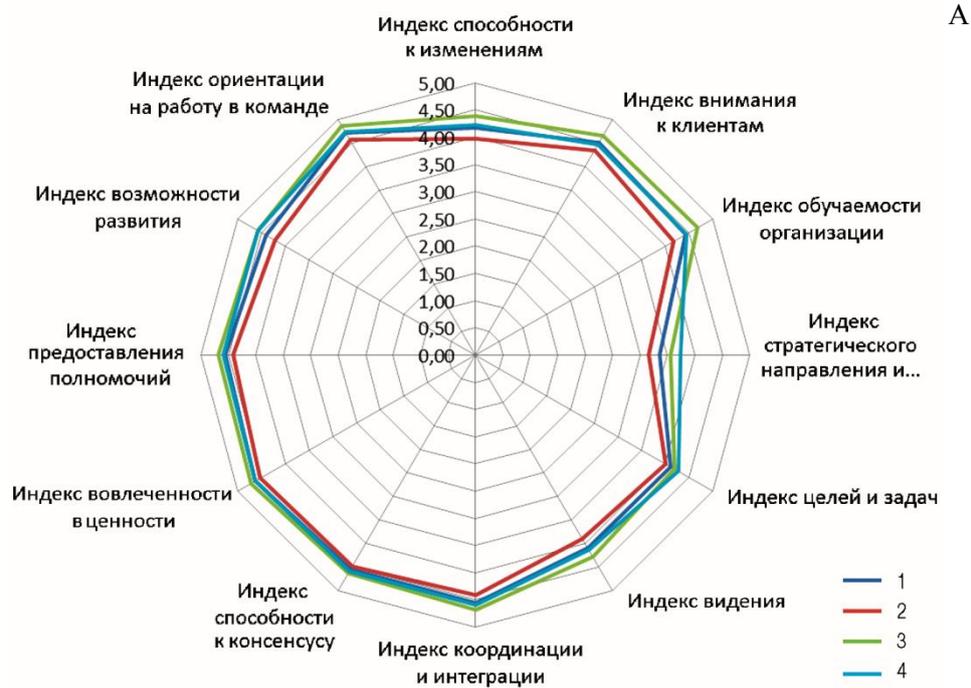


Рис. 3. Графические результаты исследования сотрудников ООО «Наноинформ» по второму (А) и первому (Б) уровням иерархии: 1 – нечеткий вывод Мамдани, 2 – нижняя граница, 3 – верхняя граница, 4 – по модели Денисона

2. Применение нечеткого логического вывода в расчетах по модели более адекватно отражает смысл модели, основанной на вербально-научных представлениях автора о феномене «корпоративная культура», поскольку не отрицает, что помимо перечисленных автором факторов существуют и другие, не учтенные в модели, а с использованием аппарата мягких вычислений это удастся более эффективно учесть.

3. Алгоритм Мамдани, подразумевающий взаимосвязанные шаги фаззификации и дефаззификации (по методу центра масс), более точно, чем среднее, отражает реальный уровень значений составляющих корпоративной культуры.

4. Введенный нами индекс нечеткости не только отражает степень разброса мнений респондентов, но и служит некоторой числовой оценкой разброса значений полученного результата, которая позволяет снизить степень риска неверной оценки исследуемых составляющих, остановившись, например, на нижней границе.

Таким образом, предложенная авторская модель реализована в виде методики, состоящей из двух процедур, которые дополняют друг друга и позволяют проводить экспертную оценку на основе инструментария теории нечетких множеств:

1) построение функций принадлежности и ее нормирование исходя из опроса экспертов и расчет индексов нечеткости как степени расхождения мнений экспертов;

2) применение алгоритма нечетко-логического вывода для получения некоторой агрегированной оценки.

Валидность полученных результатов можно проверить, сравнивая их с аналогичными результатами, полученными по известным методикам обработки экспертных мнений, такими, например, как метод Дельфи, метод МАИ и др.

Для дальнейших исследований в означенном направлении можно выбрать проблему использования предлагаемой модели для коллаборативной фильтрации.

Список источников / References

1. Mari Keefe, Sharon Machlis. *Apple vis Microsoft*. Available at: <http://geektimes.ru/post/119046/> (accessed 24.06.2014).
2. Назаров Д.М. Фундаментальные основы имплицитности в системе экономического развития организации. *Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета*, 2015, № 3 (93), сс. 7–14. [Nazarov D.M. Fundamental'nye osnovy implitsitnosti v sisteme jekonomicheskogo razvitiya organizatsii [Fundamental bases of an implitsitnost in system of economic development of the organization]. *Izvestija Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo jekonomicheskogo universiteta = News of the St. Petersburg state economic university*, 2015, no. 3 (93), pp. 7–14.]
3. Лю Б. *Теория и практика неопределенного программирования*. Москва, БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. 416 с. [Lju B. *Teoriya i praktika neopredelennogo programmirovaniya* [Theory and practice of uncertain programming]. Moscow, BINOM. Laboratoriya znaniy Publ., 2005. 416 p.]
4. Заде Л.А. *Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений*: пер. с англ. Москва, Мир, 1976. 165 с. [Zade L.A. *Ponjatye lingvisticheskoj peremnoy i ego primenenie k prinjatiyu priblizhennykh reshenij*: пер. с англ. Москва, Мир, 1976. 165 с.]

- lizhennyh resheniy* [Concept of a linguistic variable and its application to adoption of approximate decisions]: per. s angl. Moscow, Mir Publ., 1976. 165 p.]
5. Паклин Н.А. *Алгоритмы анализа / Нечеткая логика* [Paklin N.A. *Algoritmy analiza / Nchetkaya logika* [Analysis algorithms / Fuzzy logic]. Available at: <http://www.basegroup.ru/library/analysis/fuzzylogic/math> (accessed 01.05. 2015).
 6. Алтунин А.Е., Семухин М.В. *Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях*: монография. Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2002. 268 с. [Altunin A.E., Semukhin M.V. *Modeli i algoritmy prinjatiya resheniy v nechetkih usloviyah* [Models and algorithms of decision-making in indistinct conditions]. Tjumen', Izdatel'stvo Tjumenskogo gosudarstvennogo universiteta, 2002. 268 p.]
 7. Назаров Д.М., Пожарская Г.И. *Сервисы MATHCAD 14: реализация технологий экономико-математического моделирования* [Nazarov D.M., Pozharskaya G.I. *Servisy MATHCAD 14: realizatsiya tehnologiy jekonomiko-matematicheskogo modelirovaniya* [MATHCAD 14 services: realization of technologies of economic-mathematical modeling]. Available at: <http://www.intuit.ru/studies/courses/3681/923/lecture/22883?page=4> (accessed 01.02.2015).
 8. Denison D.R., Fey C.F. Organizational Culture and Effectiveness: Can American Theory Be Applied in Russia? *Organizational Science*, 2003, vol. 14, no. 6, pp. 686–706.
 9. Denison Consulting. Available at: <http://www.denisonconsulting.com/> (accessed 01.02.2015).

Сведения об авторе / About author

Назаров Дмитрий Михайлович, кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой бизнес-информатики Уральского государственного экономического университета. 620144 г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 62, каб. 450. Тел.: 8(922)203-78-88. E-mail: slup2005@mail.ru. ORCID: 0000-0002-5847-9718.

Dmitriy M. Nazarov Candidate of Economic Sciences, Associate Professor. Ural State University of Economics, Head of Department of Business Informatics. 62, 8th of March Street, 620219, Yekaterinburg. Tel.: 8(922)203-78-88. E-mail: slup2005@mail.ru. ORCID: 0000-0002-5847-9718.