

---

---

# СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

---

---

УДК 519.852

## АНАЛИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СИСТЕМЕ ПРОДАВЕЦ-ПОКУПАТЕЛЬ НА ОСНОВЕ ЧИСЛОВОЙ МЕРЫ ПАРНОГО СООТВЕТСТВИЯ

М. Г. Матвеев

*Воронежский государственный университет*

Поступила в редакцию 05.09.2019 г.

**Аннотация.** Рассматривается задача анализа соответствия пар «продавец-покупатель» из класса задач матчнга (задач паросочетания). В отличие от классического ранжирования пар, предлагается нормированная цифровая мера соответствия. Построение меры основано на формализации понятий «предложение продавца» и «потребность покупателя» как вектора характеристических параметров, значения которых задаются как нечеткие логические высказывания. Предложена процедура агрегирования нечетких значений характеристических параметров в нормированную числовую оценку соответствия. Введенная мера соответствия позволяет осуществлять детальный анализ пар «продавец-покупатель» и в перспективе расширить спектр методов решения задач паросочетания. Приводится пример численной реализации анализа различных пар «продавец-покупатель» с помощью предложенной меры соответствия, иллюстрирующий выполнение процедур формализации предложений продавцов и потребностей покупателей, а также алгоритм вычисления меры.

**Ключевые слова:** задача парасочетаний, продавец-покупатель, нечеткая формализация, числовая мера соответствия.

### ВВЕДЕНИЕ

Характерной чертой цифровизации экономики является возможность существенно повышения эффективности бизнес-процессов за счет совершенствования структурных моделей их реализации и автоматизации не только сервисных процессов документооборота, но и процессов принятия решений. В свою очередь возможность совершенствования и автоматизации бизнес-процессов обусловлена использованием современных компьютерных технологий для анализа информации и синтеза эффективных решений в различных секторах экономической деятельности. Такой вывод делает известный разработчик информационных технологий для бизнеса Э. Рис [1], который в частности отмечает, что существенным потенциалом в

указанном смысле обладает сфера торговли. Здесь наблюдается широкое внедрение информационно-коммуникационных технологий в секторах B2B, B2C и C2C, радикально совершенствуется классическая структура бизнес-процессов, достигнут высокий уровень автоматизации и подготовлена техническая и психологическая база дальнейшего продвижения по этому пути.

Цель предлагаемого исследования – повышение эффективности бизнес-процессов торговли на основе разработки новых моделей и методов анализа и синтеза информационных процессов взаимодействия продавцов и покупателей сектора B2B. Продавцы и покупатели ищут варианты парного взаимодействия, такие, где в максимально возможной степени удовлетворяются их потребности в продаже и покупке. Есть два варианта поиска парного взаимодействия (один продал – другой купил): практически стохастический,

когда оба субъекта ищут друг друга на основании случайной разнородной информации (случайно попавшаяся реклама, объявления и т. п.) и организованный (тендеры, госзакупки и т. п.). Потенциальная пара анализируется каждой стороной на соответствие своим потребностям. Если соответствие взаимно удовлетворяется и степень соответствия выше, чем у конкурирующих пар, совершается акт купли-продажи. Предполагается, что анализ и принятие решений осуществляется на множестве альтернативных вариантов одного типа однородного товара, в той или иной степени удовлетворяющего потребностям продавцов и покупателей.

Базовые бизнес-процессы выглядят следующим образом.

Покупатель формирует свои потребности независимо от продавцов и других покупателей. Допустимые потребности продавца отображаются в форме открытой, ориентированной на покупателя публикации предложений для продажи. Эти предложения должны формироваться в зависимости от потребностей покупателя и с учетом предложений других продавцов-конкурентов. При формировании своих предложений каждый продавец может обладать точной информацией о потребностях покупателей и других продавцов или пытаться угадать эту информацию с некоторой степенью достоверности. Так или иначе, продавец формирует свои предложения, они становятся известны покупателям, которые осуществляют выбор продавцов с наиболее соответствующими предложениями.

Такая задача известна как матчнинг или задача выбора паросочетаний в различных приложениях [2]. Большой вклад в исследование рынка матчнинга внес нобелевский лауреат Э.Рот [3]. Классический подход к анализу парных соответствий основан на алгоритме Гейли-Шепли [4] с ранговой шкалой соответствий. Это обусловило выбор теоретико-игрового подхода в качестве базового для решения задач матчнинга [5]. Переход к непрерывной цифровой шкале соответствия мог бы расширить спектр методов решения матчнинга.

Если считать, что потребности покупателей сформированы и известны, то цифровизации подлежат две задачи: формирование предложения каждого продавца и выбор продавцов покупателями. Эти задачи тесно связаны между собой и их целесообразно рассматривать вместе в системе продавец-покупатель. Различные модели отношений продавцов и покупателей приводятся в работе [6]. Однако эти модели носят исключительно качественный характер, по большей части вербальный и не обеспечивают реализацию цифровых (компьютерных) технологий принятия решений. Очевидно, что основным принципом решения вышеуказанных задач является установление равновесия спроса и предложения. Но современные математические модели спроса и предложения, как правило, рассматривают только ценовое равновесие [7]. Многие исследования посвящены моделям оптимизации выбора продавца (поставщика) только по критериям покупателя (потребителя), например, [8–12], где для выбора поставщика используются многокритериальные модели математического программирования. Математическое моделирование практически не используется при формировании предложения, здесь существенная роль отводится структурным бизнес-моделям и качественным методам. Так, например, в работе [13] отмечается необходимость формирования ценностного предложения, т.е. предложения максимально соответствующего потребности конкретного покупателя. При этом один и тот же товар для разных покупателей решает разные проблемы. Такой подход известен также как персонализированный [1] и он полностью согласуется с теорией матчнинга. Обоснование необходимости персонализированного подхода к формированию предложений продавцов приводится в [14, 15]. Пример применения ценностного предложения с рядом упрощающих допущений приводится в работе [16].

Приведенный краткий обзор показывает, что для перехода к цифровой трансформации бизнес-процессов системы продавец-покупатель необходимо:

- формализовать (моделировать) потребности продавцов и покупателей;
- ввести непрерывную числовую меру соответствия потребностей продавцов и покупателей;
- разработать алгоритмы формирования предложений продавца, ориентированные на персональные потребности покупателей с учетом предложений других продавцов в различных условиях его информированности;
- разработать алгоритмы выбора покупателем продавцов на основе максимально допустимого соответствия их потребностей, в условиях полной информированности о предложениях продавцов.

Настоящая статья посвящена решению только первых двух задач в системе продавец-покупатель. Частный случай решения четвертой задачи можно найти в работе [17].

## 1. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

*Формализация потребностей продавцов и покупателей*

Будем рассматривать два множества: продавцов,  $PR = \{pr_i\}$  и покупателей,  $PK = \{pk_k\}$ . Имеется некоторое множество альтернативных (взаимозаменяемых) типов однородных товаров,  $R = \{r_j\}$ , которые распределены по элементам множества  $PR$ , т. е. каждому продавцу  $pr_i$  ставится в соответствие подмножество товаров  $R_i \subseteq R$ , так, что  $\cup R_i = R$ . Примерами товаров могут служить: альтернативные продукты питания; типы однородного оборудования (например, насосы разных марок); жилые помещения; однородный персонал (например, программисты разных квалификаций) и т. п.

Продавцы хотят продать имеющийся товар  $R_j$ , покупатели – купить потребный тип товара у одного или нескольких продавцов. Здесь возникает задача формализации потребности покупателя  $pk_k$  в товаре. Предлагается потребность покупателя представлять вектором значений локальных характеристик  $j$ -го товара:

$$pt_{jk} = (pt_{ij}^1, \dots; pt_{ij}^n, \dots; pt_{ij}^N), \quad \forall j, \quad (1)$$

где  $N$  – количество локальных характеристических параметров товара  $r_{ij}$ . Компонентами вектора  $pt_{jk}$  могут быть: необходимое количество товара для покупателя, допустимый диапазон цен, желательные характеристики товара, условия поставки и т. п.

Естественно допустить, что покупатель формулирует желаемое значение параметров либо как промежуток на количественной шкале, либо как совокупность значений качественной шкалы. Например, желательны майки размера 40 или 41 или 42, в ценовом промежутке от 20 до 30 условных единиц, синего или зеленого цвета. Естественно предположить, что у покупателя различаются предпочтения внутри указанных промежутков, например, меньшее значение цены предпочтительней большего.

Формализованное отображение предложений (потребностей) продавца  $pr_i$  структурно аналогично (1) и представляется такими же векторами локальных характеристик товара:

$$p_{ij} = (p_{ij}^1, \dots; p_{ij}^n, \dots; p_{ij}^N), \quad \forall j. \quad (2)$$

Компоненты вектора  $p_{ij}$  те же, что и (1), но имеют свои значения: количество товара у продавца, допустимый диапазон отпускных цен, различные характеристики товара, условия поставки и т. п. Допущение о структурном соответствии векторов (1) и (2) интерпретируется как использование единой системы товарных рубрикаторов. Очевидно, что продавец заинтересован задать максимально широкий диапазон значений локальных параметров товара, чтобы с большей вероятностью удовлетворить соответствующим потребностям потенциальных покупателей. При этом не менее очевидно, что расширение диапазона значений влечет дополнительные издержки. По аналогии с (1) внутри промежутков может существовать дифференциация значений по предпочтению продавца. Например, продавцу выгоднее торговать по высоким ценам, желательно быстрее продать неходовой товар, желательно продать сразу большую партию товара и т. п.

Очевидное решение задачи формализации потребностей продавца и покупателя ле-

жит на пути использования теории нечетких множеств, т.е. представления компонент векторов  $p_{ij}$  и  $pt_{ij}$  как лингвистических переменных [18].

**Определение 1.** Лингвистической переменной называется кортеж  $\langle N, T, U, G, M \rangle$ , где  $N$  – имя переменной;  $T$  – терм-множество значений переменной;  $U$  – универсальное множество;  $G$  – синтаксическое правило, порождающее термы  $T$ ;  $M$  – семантическое правило, которое каждому лингвистическому значению  $N$  ставит в соответствие его смысл,  $M$  обозначает нечеткое подмножество  $U$ .

**Определение 2.** Понятие нечеткого подмножества рассматривается как обобщение понятия характеристической функции множества. Нечеткое подмножество  $M$  универсального множества  $U = \{x\}$  задается функцией принадлежности  $\mu_M(x): U \rightarrow [0;1]$ . Для каждого  $x \in U$  величина  $\mu_M(x)$  интерпретируется как степень принадлежности (соответствия) элемента  $x$  нечеткому подмножеству  $M$ .

В дальнейшем будем рассматривать функции принадлежности соответствующих нечетких подмножеств в простейшей треугольной форме [19]:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b; \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c; \\ 0, & x > d, x < a. \end{cases} \quad (3)$$

В качестве примера задания целевого вектора типа (1) рассмотрим, как покупатель может формализовать свои потребности при покупке насоса. В табл. 1 представлены желаемые характеристики насосов нагнетательного типа.

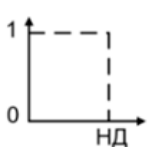
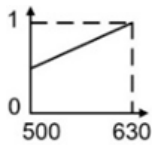
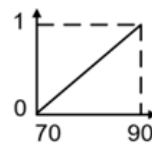
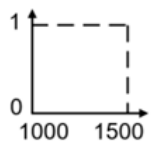
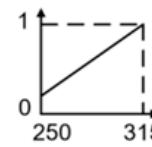
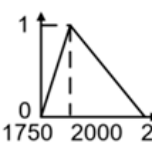
Первая строка табл. 1 включает наименование лингвистических переменных – технических характеристик насосов. Вторая строка – универсальные множества соответствующих характеристик. Третья строка включает значения (термы) лингвистических переменных. Четвертая строка – графическая интерпретация лингвистического термина с помощью функции принадлежности. Следует обратить внимание, что первая и четвертая характеристика представлены как частные случаи нечетких переменных: точный тип (НД) и точная частота вращения (1500).

*Построение локальной меры согласованности потребностей продавцов и покупателей*

Под согласованностью потребностей будем понимать наличие совпадающих значений из диапазонов локальных характеристик продавцов и покупателей с ненулевой степенью принадлежности. То есть согласованность потребностей покупателей и продавцов следует рассматривать как согласованность векторов (1) и (2). Оценку степени согласованности удобно проводить в два этапа. Сначала найти парные (локальные) соответствия компонент векторов (1) и (2), а затем агрегировать полученные локальные соответствия в единую числовую меру соответствия потребностей продавца  $pr_i$  и покупателя  $pk_k$  по рассматриваемому типу товара.

Таблица 1

Требования покупателя к закупаемому оборудованию

Тип насоса	Расход, м3/ч	Напор, м	Частота вращ., об/мин	Мощность эл. двиг., кВт	Масса, кг
НД	420–630	30–90	1000–1500	55–315	1750–2760
НД	Высокий	Очень высокий	1500	Очень высокая	Ниже средней
					



На первом этапе меру локального соответствия двух нечетких множеств можно определять различным образом. Например, известен метрический подход через оценку расстояния между двумя нечеткими множествами. Пусть  $U$  – некоторое множество.  $D_+$  – множество неотрицательных действительных чисел и  $d : U \times U \rightarrow D_+$ . Говорят, что  $d(x, y)$  расстояние в  $U$ , если при  $x, y, z \in U$  выполнено

$$d(x, x) = 0. \quad (4)$$

$$d(x, y) = d(y, x). \quad (5)$$

$$d(x, z) \leq d(x, y) + d(y, z). \quad (6)$$

Можно использовать любые конструкции функции  $d$ , удовлетворяющие (4)–(6). Наибольшее распространение получили расстояние Хемминга и расстояние Евклида [20].

Недостаток метрического подхода в рассматриваемом случае состоит в низкой информативности меры. Чтобы убедиться в этом рассмотрим различные варианты расположения локальных функций принадлежности продавца и покупателя на общем универсальном множестве (рис. 1).

Из рис. 1 видно, что в случае:

а) графики совпадают, то есть потребности продавца и покупателя по рассматриваемой компоненте полностью соответствуют друг другу и не препятствуют покупке на всем интервале допустимых значений в той или иной мере, определяемой значениями функции принадлежности; метрический подход покажет только принципиальную возможность покупки;

б) графики пересекаются, допустимое для совершения покупки значение компоненты лежит между точками  $x_1$  и  $x_2$ , в этой области есть только неполная измеряемая возможность покупки; метрический подход (расстояние) не может дать такой детальной информации;

с) графики не пересекаются, то есть рассматриваемая компонента не дает никаких оснований для покупки; расстояние такой информации не дает.

Введем следующую операцию, которая позволяет получить достаточно информативную локальную характеристику  $s_{ik}$  нечеткой степени соответствия потребностей  $k$ -го покупателя и  $i$ -го продавца по произвольным компонентам векторов (1) и (2). Эта локальная характеристика вычисляется как пересечение соответствующих нечетких множеств:

$$\mu_{sik}(x) = \mu_{p \cap pt}(x) = \min \{ \mu_{pi}(x); \mu_{ptk}(x) \}. \quad (7)$$

В частном случае, когда, например, продавец выставляет однозначное (четкое) значение  $x$  компоненты, выражение (7) преобразуется к виду (8)

$$\mu_{sik}(x) = \mu_{p \cap pt}(x) = \min \{ 1; \mu_{ptk}(x) \}. \quad (8)$$

Так в рассмотренном выше примере (табл. 1), предложенный продавцом насос с напором  $x = 80$  м. будет иметь локальное соответствие требованиям покупателя –  $\mu(x) = 0,5$ ; а насос с массой  $x = 2000$  кг. будет иметь локальное соответствие равное  $\mu(x) = 1$ .

В общем случае характеристика  $s$  представляет собой нечеткое множество, функция принадлежности которого имеет форму треугольника или выпуклого четырехугольника. Носитель этой функции – допустимый интервал значений локальной характеристики, не противоречивших совершению покупки. Моде функции соответствует максимальная степень совпадения потребностей продавца и покупателя –  $m(s)$ . Вполне естественным представляется выбор  $m(s)$  в качестве числовой локальной характеристики соответствия потребностей продавца и покупателя. На рис. 2 точками обозначены максимальные степени соответствия потребностей про-

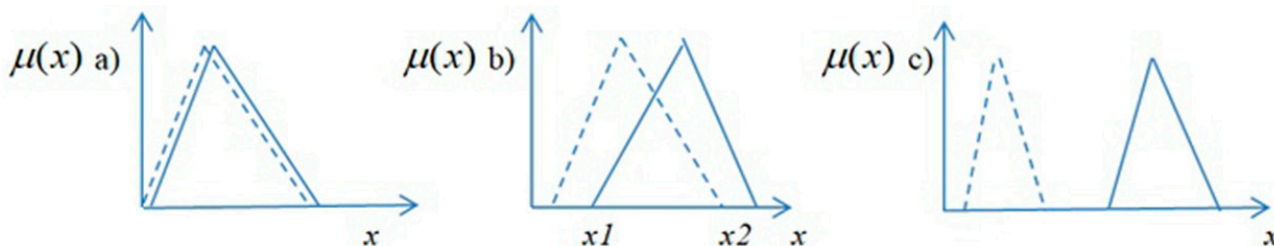


Рис. 1. Варианты расположения графиков функций принадлежности: график функции продавца (p); график функции покупателя (pt)

давца и покупателя. Вычисление значения  $m(s)$  не составляет труда при заданных параметрах функций принадлежности (3):

$$m(s_{ik}) = \max(\min\{\mu_{pi}(x); \mu_{ptk}(x)\}). \quad (9)$$

Если у продавца есть два покупателя (рис. 2а) с равными соответствиями, то по локальному признаку они имеют равные шансы на покупку. Следует отметить, что нечеткое множество  $s$  (см. рис. 2б) может быть несимметричным относительно моды. Это свидетельствует о различии возможностей продавца и покупателя для совершения покупки. Очевидно, что структура  $s$  зависит от потребностей покупателя и продавца, выраженных соответствующими функциями принадлежности.

Необходимо отметить, что в качестве локальной характеристики степени соответствия желаний продавца и покупателя можно использовать нечеткое множество  $s$  и четкое значение  $m(s)$ .

Полученные локальные характеристики степени соответствия  $s$  и  $m(s)$  векторов (1) и (2) образуют векторы соответствия

$$vs_{ik} = (s_{ik}^1; \dots; s_{ik}^n; \dots; s_{ik}^N), \quad (10)$$

$$vm_{ik} = (m_{ik}^1; \dots; m_{ik}^n; \dots; m_{ik}^N), \quad (11)$$

которые на втором этапе должны быть агрегированы в совокупную характеристику соответствия потребностей  $i$ -го продавца и  $k$ -го покупателя.

Для построения процедуры агрегирования целесообразно носители функций принадлежности  $\mu_{sik}^n(x^n)$  привести к единой шкале для всех параметров от 1 до  $N$ . Для этого используем следующее простое преобразование

$$x^* = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \in [0; 1], \quad (12)$$

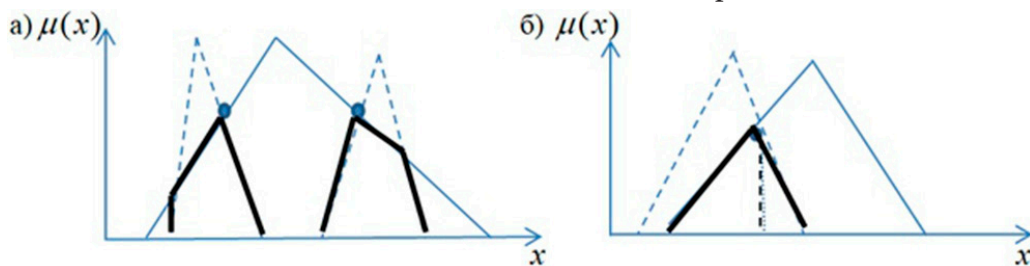


Рис. 2. Варианты формирования нечеткого множества  $s$

где  $x_{\min}; x_{\max}$  – соответственно нижняя и верхняя граница объединения носителей функций принадлежности параметров продавца и покупателя.

В дальнейшем верхний индекс (\*) у преобразованной переменной будем опускать.

Функцию агрегирования будем строить с учетом следующих положений.

В качестве меры локального соответствия по  $n$ -му параметру потребностей продавца и покупателя примем величину  $M(s_{ik}^n)$ , которая должна отвечать следующим аксиомам нечеткой меры [21]:

–  $M(s_{ik}^n)$  неотрицательна на  $x \in [0; 1]$  для всех  $n$ ;

–  $M(s_{ik}^n) = 0$  при пустом пересечении  $s_{ik}^n$  и  $M(s_{ik}^n) = 1$  при  $\mu_{sik}(x) = \mu_{pi}(x) = \mu_{ptk}(x)$ ;

– если  $s_{ik}^{n+1} \subseteq s_{ik}^n$ , то  $M(s_{ik}^{n+1}) \leq M(s_{ik}^n)$ .

Вводимая мера должна учитывать оба типа локальных характеристик (10) и (11). Для этого надо уметь рассчитывать не только  $m(s_{ik})$ , но и вид функции принадлежности  $\mu_{sik}(x)$ . Последнее в общем случае достаточно трудоемко. Поэтому предлагается упрощенный вариант учета нечеткой неопределенности  $m(s_{ik})$  – только по ширине  $d_{ik} \in [0; 1]$  носителя функции  $\mu_{sik}(x)$ . В этом случае предлагается следующая конструкция вычисления локального соответствия

$$M(m_{ik}; d_{ik}) = [m(s_{ik}^n)]^{-ad_{ik}^{a+1}}, \quad (13)$$

где  $a \in [0; 1]$  – настраиваемый параметр, чем больше значение параметра, тем в большей степени учитывается ширина носителя.

Нетрудно убедиться, что локальная мера (13) удовлетворяет необходимой аксиоматике и  $M(m_{ik}; d_{ik}) \in [0; 1]$ .

Агрегирование локальных мер соответствия

Агрегирование локальных мер соответствия (13) представляет собой объединение

их в один числовой критерий для выражения совокупного соответствия. Оператором агрегирования обычно называют функцию от  $N$  переменных (критериев), каждая из которых определена на единичном промежутке  $[0;1]$ . Областью значений этой функции также является единичный промежуток.

Введенная мера локального соответствия по всем характеристическим параметрам представлена компонентами вектора локальных соответствий  $M_{ik} = (M_{ik}^1; \dots; M_{ik}^n; \dots; M_{ik}^N)$ , которые определены на единичном промежутке. Тогда сам вектор, можно рассматривать как нечеткое логическое высказывание, записанное в конъюнктивной форме

$$M_{ik}^1 \wedge \dots \wedge M_{ik}^n \wedge \dots \wedge M_{ik}^N. \quad (14)$$

В этом случае агрегированное значение соответствия потребностей  $i$ -го продавца и  $k$ -го покупателя можно вычислить одним из следующих способов [19]:

$$AM_{ik} = \min_n \{M_{ik}^n\}; \quad (15)$$

$$AM_{ik} = \prod_{n=1}^N M_{ik}^n. \quad (16)$$

Следует обратить внимание, что  $AM_{ik} \in [0;1]$ .

## 2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Рассмотрим пример применения предложенной операции агрегирования. Торговая система представлена одним покупателем ( $k=1$ ) и двумя продавцами ( $i=1;2$ ) с единственным типом однородного товара ( $j=1$ ). Пусть покупатель оценивает предложения продавца по трем характеристическим параметрам, например:  $pt^1$  – «цена»;  $pt^2$  – «качество»,  $pt^3$  – «условия поставки». Покупатель и продавец задали свои потребности в виде соответствующих троек с нечеткими нормированными компонентами:  $pt = (pt^1; pt^2; pt^3)$  и  $p_1 = (p_1^1; p_1^2; p_1^3)$ ;  $p_2 = (p_2^1; p_2^2; p_2^3)$ . Соответствующие нечеткие компоненты показаны на рис. 3 и 4.

Интерпретация компонент на рис. 4 следующая. Первый продавец хочет продать дорого товар среднего качества со средними условиями поставки. Второй продавец придерживается средней цены для товара низкого качества и предлагает средние условия поставки. Покупатель желает купить дешево товар среднего качества с хорошими условиями поставки.

Найдем соответствия потребности покупателя предложениям первого и второго про-

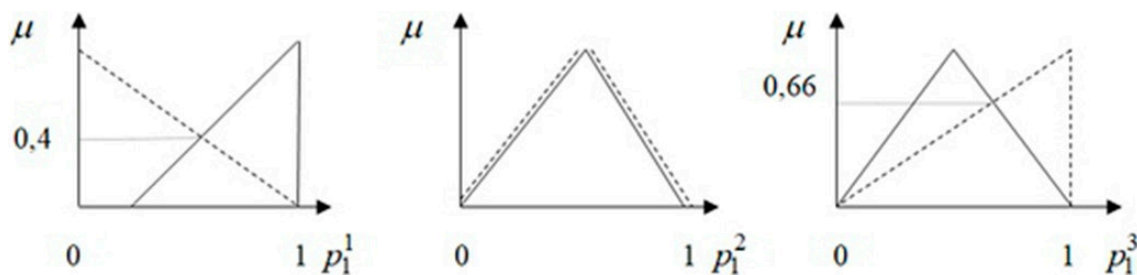


Рис. 3. Нечеткие компоненты векторов потребностей первого продавца и покупателя

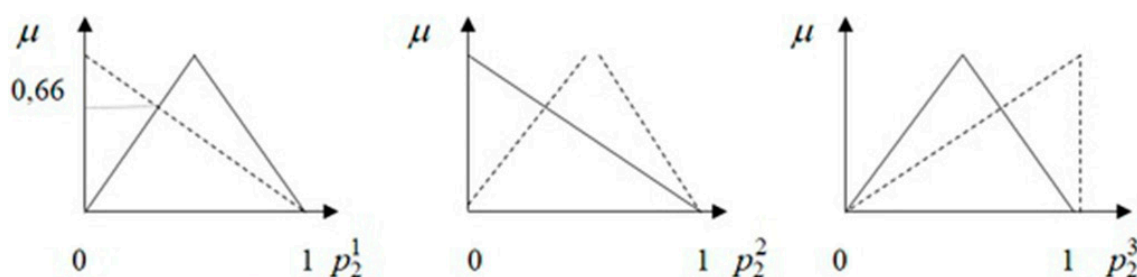


Рис. 4. Нечеткие компоненты векторов потребностей второго продавца и покупателя  
 ——— график функции продавца ( $p$ ); - - - - - график функции покупателя ( $pt$ )

давца. Характеристики пересечений  $s$  для первого и второго продавца представлены в табл. 2.

Таблица 2  
Характеристики пересечений  $s$

Первый продавец	$m_1^1 = 0,4$	$m_1^2 = 1$	$m_1^3 = 0,66$
	$d_1^1 = 0,75$	$d_1^2 = 1$	$d_1^3 = 1$
Второй продавец	$m_2^1 = 0,66$	$m_2^2 = 0,66$	$m_2^3 = 0,66$
	$d_2^1 = 1$	$d_2^2 = 1$	$d_2^3 = 1$

Вычислим компоненты вектора локальных соответствий для первого продавца по формуле (13) при параметре  $a = 0,8 - (0,69; 1,00; 0,92)$ .

Аналогично вычислим компоненты вектора локальных соответствий для второго продавца –  $(0,92; 0,92; 0,92)$ .

Агрегированное соответствие для первого продавца по формуле (15) составляет 0,69, а по формуле (16) – 0,63.

Агрегированное соответствие для второго продавца по формуле (15) составляет 0,92, а по формуле (16) – 0,79.

Полученный результат говорит о том, что покупатель, скорее всего, будет покупать у второго продавца. Для повышения своего конкурентного потенциала первый продавец должен скорректировать свое предложение. Например, изменить свою ценовую политику – установить ценовые требования на средний уровень, как и второй продавец. В этом случае изменятся характеристики  $m_1^1 = 0,66$  и  $d_1^1 = 1$ . Локальное соответствие по цене станет равным 0,92, следовательно, агрегированное соответствие по (15) сравняется со вторым продавцом, а по (16) будет равно 0,85, т. е. даст шансы первому продавцу получить право на продажу своего товара.

Таким образом, меняя локальные параметры своих предложений, продавцы могут осуществлять цифровое управление своими конкурентными возможностями. Следует отметить, что рассмотренное управление возможно только при наличии полной информации о потребностях покупателей и других продавцов.

Приведенный пример лишь иллюстрирует потенциальные возможности задач формирования предложений продавца и выбора продавца покупателем, в том числе при различном уровне информационного обеспечения этих задач.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для перехода к цифровой трансформации бизнес-процессов системы продавец-покупатель предложен подход к моделированию потребностей продавцов и покупателей на основе параметрического задания желаемых характеристик потребностей в виде нечетких высказываний. Такой подход обеспечивает допустимую вариантность и гибкость анализа соответствия потребностей продавцов и покупателей при принятии решения о совершении акта покупка-продажа. Предложена нормированная числовая мера соответствия потребностей продавцов и покупателей, которая позволяет формировать предложения продавцов на основе числового анализа соответствия и выбирать пару продавец-покупатель с максимальным соответствием для совершения акта покупка-продажа.

Полученные результаты предоставляют возможность для дальнейшей компьютерной автоматизации процессов анализа и принятия решений в системе продавец-покупатель. Компьютерная автоматизация и наличие численных оценок позволяют обеспечить расширение спектра структурных моделей бизнес-процессов купли-продажи и методов выбора наиболее эффективных параметров этих моделей в зависимости от степени информированности продавцов и покупателей. Процессы конкурентной борьбы на товарных рынках в значительной степени могут быть реализованы в рамках совершенствования информационных технологий.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рис Э. Бизнес с нуля. Метод Lean Startup для быстрого тестирования идей и выбора бизнес-модели = The Lean Startup: How Today's Entrepreneurs Use Continuous Innovation



- to Create Radically Successful Businesses. – М. : Альпина, Паблицер, 2014. – 256 с.
2. *Roth, Alvin E.* The Origins, History, and Design of the Resident Match // *Journal of American Medical Association*, 2003. – № 289. – С. 909–912.
  3. *Roth A. E., Rothblum U. G.* Truncation Strategies in Matching Markets — In Search of Advice for Participants // *Econometrica*. – 1999. – Т. 67. – С. 21–43.
  4. *Gale D. and Shapley L. S.* «College Admissions and the Stability of Marriage», *American Mathematical Monthly* 69, 1962. – С. 9–14.
  5. *Ergin, Haluk and Tayfun Sonmez.* Games of School Choice under the Boston Mechanism // *Journal of Public Economics*. – 2005. – № 90. – С. 215–237.
  6. *Ваньярская, О. И.* Современные модели отношений поставщиков и потребителей услуг в секторе B2B, 2010. – № 4. – С. 129–134.
  7. *Колемаев, В. А.* Экономико-математическое моделирование. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2005. – 295 с.
  8. *Amin, S. H.* An integrated fuzzy model for supplier management: A case study of ISP selection and evaluation / S. H. Amin, J. Razmi // *Expert Systems with Applications*. – 2009. – № 36 (4). – P. 8639–8648.
  9. *Amin, S. H.* An integrated model for closed-loop supply chain configuration and supplier selection: Multi-objective approach / S. H. Amin, G. Zhang // *Expert Systems with Applications*. – 2012. – № 39(1). – P. 6782–6791.
  10. *Mendoza, A.* Analytical models for supplier selection and order quantity allocation / A. Mendoza, J. A. Ventura // *Applied Mathematical Modelling*. – 2012. – № 36. – P. 3826–3835.
  11. *Mendoza, A.* Modeling actual transportation costs in supplier selection and order quantity allocation decisions allocation / A. Mendoza, J. A. Ventura // *Operational Research*. – 2013. – № 76 (2). – P. 5–25.
  12. *Moosavi, S. A.* A new multi-objective mathematical model for supplier selection in uncertain environment / S. A. Moosavi, S. Ebrahimnejad // 13th International Conference on Industrial Engineering (ИЕС 2017). Conference Paper.
  13. *Остервальдер, А.* Построение бизнес-моделей: Настольная книга стратега и новатора. – М. : Альпина Паблицер, 2017. – 288 с.
  14. Отчет компании DynamicYield «Выбираясь по лестнице персонализации» о роли персонализации в бизнесе и проблемах при ее реализации. – Режим доступа: <https://www.dynamicsyield.com/personalization-maturity/>
  15. Отчет BostonConsultingGroup о выгоде персонализированного подхода. – Режим доступа: <https://www.bcg.com/ru-ru/publications/2017/retail-marketingsales-profiting-personalization.aspx>
  16. *Лунин В. Е., Кубина Н. Е.* Формирование ценностного предложения клиентам компании на основе бизнес-модели Canvas // *Молодой ученый*. – 2015. – № 21.1. – С. 45–49. – Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/101/23082/> (дата обращения: 02.08.2019).
  17. *Будяков, А. Н.* Решение задачи выбора ресурсов и их поставщиков в условиях противоречивости технических и коммерческих требований / А. Н. Будяков, К. Г. Гетманова, М. Г. Матвеев // *Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер. Системный анализ и информационные технологии*. – 2017. – № 2. – С. 66–71.
  18. *Заде, Л. А.* Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. Parts 1,2,3 *InformationSciences* 43–80, 199–249, 301–57. Пер. Сангл. М. : Мир, 1976. – 166 с.
  19. *Пегат, А.* Нечеткое моделирование и управление; пер. с англ. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 798 с.
  20. *Кофман, А.* Введение в теорию нечетких множеств; пер. с фран. – М. : Радио и связь, 1984. – 432 с.
  21. *Grabisch, M.* Fuzzyaggregationofnumericalpreferences // *Handbook of Fuzzy Sets Series / R. Slowinski (ed)*, Dordrecht: Kluwer Academic. – Vol. 4: Fuzzy Sets in Decision Analysis, Operations Research and Statistics. – 1998. – P. 31–68.

**Матвеев Михаил Григорьевич** – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой информационных технологий управления Воронежского государственного университета, e-mail: mgmatveev@yandex.ru

## **ANALYSIS OF INTERACTION IN THE SYSTEM THE SELLER-BUYER BASED ON THE NUMERICAL MEASURES OF PAIRED MATCHING**

**M. G. Matveev**

*Voronezh State University*

**Annotation.** We consider the task of analyzing the correspondence of pairs “seller-buyer” from the class of matching tasks (matching problems). In contrast to the classic ranking of pairs, a standardized digital measure of compliance is proposed. The construction of the measure is based on the formalization of the concepts “seller’s offer” and “buyer’s need” as a vector of characteristic parameters, the values of which are set as fuzzy logical statements. A procedure is proposed for aggregating fuzzy values of characteristic parameters into a normalized numerical assessment of compliance. The introduced measure of compliance allows for a detailed analysis of the pairs “seller-buyer” and in the future to expand the range of methods for solving problems of matching. An example of the numerical implementation of the analysis of various pairs of «seller-buyer» using the proposed measure of conformity, illustrating the implementation of procedures for formalizing the proposals of sellers and the needs of customers, as well as the algorithm for calculating the measure is given.

**Keywords:** parameter matching problem, seller-buyer, fuzzy formalization, numerical measure of conformity.

**Matveev Mikhail Grigorievich** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Management Information Technologies, Voronezh State University, e-mail: mgmatveev@yandex.ru