

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

УДК 519.85

ISSN 1995-5499

DOI: <https://doi.org/10.17308/sait.2021.1/3371>

Поступила в редакцию 15.03.2021

Подписана в печать 26.04.2021

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ СЕРВИСОВ НА ЭЛЕКТРОННОЙ ТОРГОВОЙ ПЛОЩАДКЕ

© 2021 М. Г. Матвеев, М. А. Шмелев✉, Н. А. Алейникова

*Воронежский государственный университет
Университетская пл., 1, 394018 Воронеж, Российская Федерация*

Аннотация. В данной статье решается задача формирования предложения продавца на электронно-торговой площадке, максимально соответствующего спросу покупателей. Рассматривается электронная торговая площадка с технологией маркетплейс, где продавцы и покупатели сообщают информацию о своих предложениях и спросе соответственно. Лингвистические переменные помогают составить качественное описание задачи. Спрос, предложение и функционально-стоимостные ограничения продавца задаются векторами параметров, заданных именно в форме таких переменных. Выбор вариантов предложения осуществляется на основе агрегирования нечетко заданных желаний и возможностей по каждой лингвистической переменной. В данной статье в качестве критерия для формирования предложения рассматривается компромисс между стремлением к максимальному соответствию обобщенному спросу покупателей и к максимальному соответствию функционально-стоимостным ограничениям продавца. В качестве оператора агрегирования используется дискретный интеграл Шоке с нечеткой мерой. Применение интеграла Шоке позволяет найти вероятность совершения сделки между продавцом и покупателями. Также используется понятие нечеткой меры, которое позволяет учитывать взаимодействие характеристических критериев товара. Вычисление плотности нечеткой меры осуществляется с помощью экспертных методов. Проведена численная апробация формирования предложения продавца на конкретном примере. Для товара с конкретными значениями характеристических параметров вычисляется вероятность совершения сделки между продавцом и покупателями. Полученные результаты могут использоваться для автоматизации сервисов формирования предложения продавца на электронных площадках. Таким образом, продавец формирует свое предложение для достижения максимальной вероятности сделки.

Ключевые слова: электронная торговая площадка, агрегирование, спрос и предложение, характеристическая функция, интеграл Шоке, плотности нечеткой меры.

ВВЕДЕНИЕ

Современная концепция цифровой экономики предполагает переход к новым, более совершенным технологиям электронной коммерции [1–3]. Одним из важных объектов электронной коммерции являются корпора-

тивные и государственные электронные торговые площадки (ЭТП).

Рассматривается ЭТП с технологией маркетплейс — продавцы и покупатели представляют информацию о своих предложениях и спросе соответственно, и на этой основе организуется поддержка принятия решений для совершения сделок. Допустим, что эффективность работы маркетплейса можно оценивать количеством сделок, совершаемых на ЭТП за

✉ Шмелев Михаил Александрович
e-mail: shmelev1996@mail.ru



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

определенный промежуток времени. Количество сделок будет определяться уровнем соответствия спроса и предложения на множестве пар продавцов и покупателей ЭТП. Под соответствием, здесь и далее, понимается полное или частичное совпадение значений характеристик запрашиваемых товаров и соответствующих характеристик предлагаемых товаров. Чем ближе соответствие пары покупатель-продавец к равновесию, т.е. равенству по всем характеристикам, тем больше вероятность совершения сделки. При этом мы допускаем, что полное равновесие гарантирует совершение сделки рассматриваемой пары.

Будем считать, что формирование покупательского спроса происходит независимо от ЭТП, и его характеристики меняются во времени. Поэтому актуальной задачей маркетплейса становится организация такого динамического сервиса для продавцов, который бы обеспечивал им рекомендации по формированию предложения, максимально соответствующего одновременно: текущему спросу покупателей и индивидуальным возможностям продавцов. На разработку такого сервиса на основе современных информационных технологий направлено настоящее исследование.

Следует отметить, что похожая постановка задачи изучается и даже реализуется в мировой практике, применительно к одному характеристическому параметру — цене товара, например, динамическому ценообразованию посвящены работы [4, 5]. В настоящем исследовании динамическое ценообразование является частным случаем.

В основу разработки положены следующие принципы:

- отображение спроса, предложения и функционально-стоимостных ограничений продавца представляется векторами их параметров, заданных в форме лингвистических переменных, наиболее адекватно отображающих желания (спрос) покупателей и возможности (функционально-стоимостные ограничения) продавцов;

- выбор вариантов предложения осуществляется на основе агрегирования нечетко заданных желаний и возможностей по каждой

лингвистической переменной с вычислением локальных соответствий и их дальнейшем агрегированием по всем параметрам (нечетким характеристическим критериям товара); то есть рассматривается многокритериальная задача, соответствующая современным экономическим концепциям;

- при агрегировании характеристических критериев товара учитывается их взаимодействие на основе использования понятия нечеткой меры.

1. ФОРМАЛИЗАЦИЯ ОСНОВНЫХ ПОНЯТИЙ И ПРИНЦИПОВ

Пусть имеется некоторый однородный товар, представленный совокупностью своих взаимозаменяемых типов, различающихся значениями характеристических параметров данного товара. Описание каждого j -го образца (типа) товара, $j = 1; 2; \dots; J$ будем представлять значениями характеристических параметров, описывающих коммерческие, технические и другие возможные свойства товара. Эти параметры удобно представлять соответствующим вектором — $q_j = (q_j^1; \dots; q_j^n; \dots; q_j^N)$, каждая n -я компонента которого принимает значения x либо на количественной, либо на качественной шкале.

Будем считать, что каждый k -й покупатель ($k = 1; 2; \dots; K$) хочет приобрести однородный товар с желаемыми значениями характеристических параметров. Вполне естественно, что желания покупателя будут носить расплывчатый характер. В этом случае покупатель имеет возможность выбора, который обуславливается взаимозаменяемостью типов однородного товара. По аналогии с [6] покупателю необходимо формализовать свои желания и возможности в виде вектора спроса с «обезличенными», нечеткими характеристиками однородного товара — $\tilde{g}_k = (\tilde{g}_k^1; \dots; \tilde{g}_k^n; \dots; \tilde{g}_k^N)$. Векторные компоненты здесь суть лингвистические переменные с именами, совпадающими с именами соответствующих характеристических параметров описания типа однородного товара. Пусть каждая переменная имеет нормированные, триангулярные функции принадлежности $f_g(x)$,

носители которых — $x_{\min} \leq x \leq x_{\max}$ отражают возможности выбора покупателя, а значения функции — уровень его предпочтения (желания). Нормировка означает, что функция в точке моды равна единице. Для дискретных значений носителя функция принадлежности будет иметь табличный вид. Совокупность нечетких характеристических параметров формируют покупательский спрос.

Пусть каждый i -й продавец, $i = 1; 2; \dots; I$, зашедший на ЭТП, формирует свои предложения по j -му типу однородного товара в виде вектора $q_{ij} = (q_{ij}^1; \dots; q_{ij}^n; \dots; q_{ij}^N)$ с четкими значениями характеристических параметров, структурно идентичного вектору спроса. В общем случае предложение представлено некоторой совокупностью векторов q_{ij} , $j = 1, 2, \dots, J_i$; $J_i \subset J$. В идеале каждый вектор q_{ij} должен содержать такие значения параметров, которые обеспечивают максимальное соответствие спросу. Очевидно, что идеальная ситуация практически не достижима по нескольким причинам. Прежде всего, формируя свое предложение, продавец должен обеспечить его рентабельность, что накладывает ограничения на изменения стоимостных параметров предложения. Дополнительные ограничения на изменения параметров предложения связаны, например, с ограниченностью состава и количества складских запасов, определенной инерционностью технологии производства, не позволяющей менять параметры однородного товара с такой же скоростью, что и у спроса. Поэтому, при формировании предложения продавец вынужден ориентироваться на функциональные возможности своего производства. Предполагается, что продавец в состоянии оценить свои функционально-стоимостные ограничения (ФСО) и стремится так сформировать свое предложение, чтобы получить максимум соответствия этим ограничениям.

Пусть каждый i -й продавец формализует свои возможности в виде ФСО, заданных как допустимые интервалы изменений параметров с построением над каждым интервалом функции принадлежности, отражающей желаемость его значений. Тогда ограничения

продавца можно представить вектором $\tilde{q}_i = (\tilde{q}_i^1; \dots; \tilde{q}_i^n; \dots; \tilde{q}_i^N)$ с теми же именами лингвистических характеристик и видами функций принадлежности $f_q(x)$, что и у вектора спроса.

Задача выбора предложения i -го продавца может быть решена в виде одного, лучшего типа однородного товара. В этом случае в качестве критерия выбора можно рассматривать компромисс между стремлением к максимальному соответствию предложения обобщенному рыночному спросу и максимальному соответствию ФСО продавца по данному однородному товару [7]. Однако рекомендация в форме единственного типа товара не отвечает реальным потребностям продавца. Дело в том, что акт совершения сделки при единственном предложении, назовем это событием A , рассматривается как случайное событие с вероятностью $p(A)$. Очевидно, эту вероятность можно увеличить, выставив два, $A \cup B$ (а может и более) предложений:

$$p(A \cup B) = p(A) + p(B) - p(A) \cdot p(B) \geq p(A). \quad (1)$$

Наконец, спрос постоянно меняется и, как уже отмечалось, предложение не может отслеживать эти изменения по всем компонентам с той же скоростью. Поэтому целесообразно выставить несколько предложений из некоторой окрестности вокруг наиболее соответствующего предложения. Действительно, продавец всегда старается торговать некоторой совокупностью типов однородного товара, а не единственным типом.

Выбирать предложение в виде конкретной совокупности типов товара путем нахождения их характеристических параметров громоздкая задача. Поэтому продавцу по каждому параметру предлагается непрерывная нечеткая область его значений, допустимая как с позиций спроса, так и с позиций ФСО. Значения функции принадлежности приобретают смысл соответствия, s допустимой области. Таким образом, продавец будет формировать предложение, выбирая тип товара со значениями параметров из допустимой области. Пусть вектор допустимого предложения для i -го продавца имеет вид:

$$\tilde{s}_i = (\tilde{s}_i^1; \dots; \tilde{s}_i^n; \dots; \tilde{s}_i^N). \quad (2)$$

Компоненты вектора (2) рассматриваются как нечеткие переменные, с функциями принадлежности $f_{i\alpha}(x) = f_g(x) \cap f_q(x)$.

При таком подходе продавец, как потребитель сервиса, автоматически получает допустимые границы значений параметров товара, внутри которых целесообразно формировать конкретное предложение. Кроме того, продавец получает возможность сравнивать типы товаров по соответствию спросу и ФСО, что дает дополнительную информацию для принятия решений по формированию предложения.

2. МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Модели обобщенного спроса

Предложение продавца должно одновременно соответствовать его ФСО и покупательскому спросу, который представлен совокупностью векторов $\tilde{g}_k = (\tilde{g}_k^1; \dots; \tilde{g}_k^n; \dots; \tilde{g}_k^N)$, $k = 1; 2; \dots; K$, представляющих индивидуальный спрос каждого k -го покупателя. Очевидно, что для решения поставленной задачи целесообразно перейти к обобщенному спросу, рассматриваемому как объединение или усреднение индивидуальных спросов покупателей. Обобщенный спрос имеет ту же структуру, что и спрос каждого покупателя

$$\tilde{g} = (\tilde{g}^1; \dots; \tilde{g}^n; \dots; \tilde{g}^N), \quad (3)$$

где \tilde{g}^n — обобщенная локальная лингвистическая характеристика товара по n -му параметру.

Поскольку спрос отображается вектором лингвистических переменных, объединение будет сводиться к объединению или усреднению функций принадлежности индивидуального спроса. Вместо K локальных функций строится одна обобщенная локальная функция по каждому характеристическому параметру. Такое объединение можно выполнять с помощью различных операторов [8].

Например, локальная функция принадлежности обобщенного спроса по компоненте n , $f_g^n(x)$ может быть получена с помощью оператора MAX:

$$f_g^n(x) = \max_k(f_{gk}^n); \quad n = 1, \dots, N. \quad (4)$$

Здесь и далее $f_{gk}^n(x) \in [0; 1]$ — функция принадлежности локальной лингвистической переменной \tilde{g}_k^n k -го покупателя; $x_{\min}^n \leq x \leq x_{\max}^n$, т. е. x принадлежит универсальному носителю всех термов этой лингвистической переменной.

Другим способом объединения может служить следующее выражение:

$$f_g^n(x) = \min\left\{\sum_{k=1}^K f_{gk}^n(x); 1\right\} \quad n = 1, \dots, N. \quad (5)$$

Если известны объемы спроса по каждому покупателю, то можно использовать взвешенную сумму:

$$f_g^n(x) = \sum_{k=1}^K f_{gk}^n(x) \cdot w_k; \quad n = 1, \dots, N, \quad (6)$$

где $w_k = \frac{v_k}{v}$ — весовой коэффициент для k -го покупателя, вычисляемый как отношение объема товара, запрашиваемого k -м покупателем, к общему объему товарного спроса — $v = \sum_{k=1}^K v_k$.

Операторы (4–6) удобно реализовать численно, предварительно нормируя значения носителя функции принадлежности:

$$x^* = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \in [0; 1]. \quad (7)$$

В дальнейшем нормированные значения x^* будем обозначать как x , а универсальный нормированный носитель $[0; 1]$ представлять как последовательность дискретных значений x . Тогда функцию $f_g^n(x)$ можно представлять в табличном виде, что упрощает реализацию указанных и последующих операторов без существенной потери точности.

2.2. Алгоритмы оценки соответствия локальных характеристических параметров

Значения функций принадлежности компонент вектора (2) вычисляются как пересечение множества значений пары функций принадлежности: обобщенного спроса, $f_g^n(x)$ и ФСО, $f_q^n(x)$ для каждого параметра с индексами $n = 1, 2, \dots, N$ по формуле

$$f_s^n(x) = \min(f_g^n(x); f_q^n(x)). \quad (8)$$

Полученная в результате пересечения функция принадлежности $f_s^n(x)$ характеризует локальную нечеткую допустимость (соответствие) совершения сделки.

Примеры графических представлений функций пересечения (выделено толстыми линиями) показаны на рис. 1.

Границы носителя функции $f_s^n(x)$, в рамках которых продавец выбирает допустимые значения параметров товара, вычисляются следующим образом:

$$L(f_s) = \max(L(f_q); L(f_g)), \quad (9)$$

$$R(f_s) = \min(R(f_q); R(f_g)), \quad (10)$$

где L и R — левая и правая граница носителей соответственно.

Таким образом, подставляя значение x n -го параметра в функцию $f_s^n(x)$, получаем значение локальной допустимости (соответствия) совершения сделки. Допустимость (соответствие) товарного предложения обобщенному спросу и ФСО по всем параметрам вычисляется путем агрегирования локальных соответствий.

2.3. Агрегирование локальных соответствий

Пусть продавец назначил конкретный тип товара с ненулевыми значениями локальной функции $f_s^n(x)$ для каждого характеристического параметра вектора (2). Оценить обобщенное соответствие типа товара спросу и ФСО по всем параметрам можно, агрегируя функции принадлежности локальных соответствий:

$$f_s(\bar{x}) = agr(f_s^n(x)) \in [0; 1]. \quad (11)$$

Значение функции $f_s(\bar{x})$ будем интерпретировать как соответствие допустимой области или вероятность сделки при конкретных значениях вектора товарного предложения \bar{x} .

Выражение (11) следует рассматривать как свертку многокритериальной задачи. В этом случае важную роль при агрегировании играет возможность назначения весовых приоритетов компонент вектора локальных соответствий в условиях потенциального взаимодействия этих компонент [9]. Веса компонент будем интерпретировать как меру влияния значений компонент на изменение вероятности сделки. Подход к назначению весов может быть основан на понятии нечеткой меры [10, 11].

Обозначим множество параметров, описывающих локальные соответствия векторов спроса и ФСО как множество их индексов $M_{ij} = \{n_{ij}\}$, $n_{ij} = 1; 2; \dots; N$, $\forall ij$. Нечеткой мерой на множестве M_{ij} является функция

$$\phi: P(M_{ij}) \rightarrow [0; 1], \quad (12)$$

где $P(M_{ij}) = 2^{M_{ij}}$ — булеан, множество всех подмножеств компонент соответствующих векторов. При этом должны выполняться граничные условия и условия монотонности:

$$\phi(\emptyset) = 0 \text{ и } \phi(M_{ij}) = 1, \quad (13)$$

для подмножеств $m_1, m_2 \in P(M_{ij})$, если $m_1 \subseteq m_2$, то

$$\phi(m_1) \leq \phi(m_2). \quad (14)$$

Таким образом, нечеткая мера представляет собой отображение подмножеств индексов n на промежуток $[0; 1]$ и позволяет учитывать взаимодействие между локальными компонентами соответствий. В таком случае

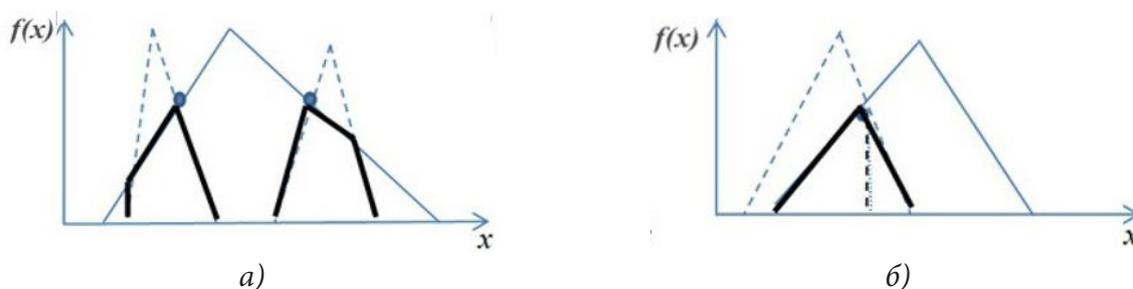


Рис. 1. Варианты пересечения значений функций принадлежности обобщенного спроса (————) и функционально-стоимостных ограничений (-----)

[Fig. 1. Variants of the intersection of values of membership functions for generalized demand (————) and functional-cost constraints (-----)]

целесообразно в качестве оператора агрегирования $agr(\cdot)$ использовать дискретный интеграл Шоке по нечеткой мере [12]. Интеграл Шоке рассматривается как обобщение взвешенной суммы, обозначается FEV и интерпретируется как нечеткое математическое ожидание.

Для упрощения обозначений в дальнейшем изложении уберем нижние индексы i и j . Нечеткий интеграл Шоке от функции $f_s : X \rightarrow [0;1]$ на множестве $m \subseteq M$ по нечеткой мере ϕ_n , т. е. агрегирование для выражения (11), определяется следующим образом:

$$f_s = agr(f_s^1; \dots; f_s^n; \dots; f_s^N) = \sum_{n=1}^N f_s^{\pi(n)} \cdot (\phi(m_{\pi(n)}) - \phi(m_{\pi(n+1)})), \quad (15)$$

где $m_1 = M = \{1; 2; \dots; N\}$, $m_{n+1} = \emptyset$, $\pi(n)$ — индекс-функция упорядочивания векторных компонент соответствий, проранжированные в порядке возрастания, значения которых представляются отношением $f_s^{\pi(1)} \leq f_s^{\pi(2)} \leq \dots \leq f_s^{\pi(N)}$; а подмножества компонент определяются следующим образом $m_{\pi(n)} = \{\pi(n); \pi(n+1); \dots; \pi(N)\}$.

Для вычисления интеграла (15) необходимо определить способ задания функции ϕ . Принято считать, что наиболее конструктивным способом задания функции ϕ является использование λ -нечеткой меры Сугено [10, 11]. Нечеткая мера ϕ , в данном случае, рассматривается как мера значимости вклада допустимой области по рассматриваемому параметру в вероятность совершения сделки. Будем рассматривать множество индексов $M = \{n_1 = 1; n_2 = 2; \dots; n_N = N\}$ и все его подмножества. Следуя [10], введем понятие плотности λ -нечеткой меры, обозначаемое как $\phi(n)$, $n = 1; 2; \dots; N$. Нечеткая мера ϕ_λ , удовлетворяющая λ -правилу

$$\phi_\lambda(m = n_i \vee n_j) = \phi(n_i) + \phi(n_j) + \lambda \cdot \phi(n_i) \cdot \phi(n_j) \quad (16)$$

с параметрами нормировки $-1 < \lambda < \infty$, строится следующим образом.

Прежде всего, необходимо определить плотности $\phi(n) \in [0;1]$ для $n = 1, 2, \dots, N$. Вычисление плотностей осуществляется различными методами, например, [13, 14], выбор

которых, так или иначе, зависит от рассматриваемой задачи. Мы предлагаем следующий подход к вычислению плотности. Плотность как значимость n -го параметра с точки зрения влияния на вероятность сделки будет определяться максимально достижимым значением функции $f_s^n(x)$ и шириной ее носителя d_n .

Тогда плотность нечеткой меры по n -му параметру можно вычислять по формуле, приведенной в работе [15]:

$$\phi(n) = (\max_x \{f_s^n(x)\})^{-d_n+1} \in [0;1]. \quad (17)$$

Максимальное значение значимости будет достигаться при $d_n = 1$.

Если плотности $\phi(n)$ известны, то параметр λ можно найти из уравнения [10,11]:

$$\lambda + 1 = \prod_{n=1}^N (1 + \lambda \phi(n)); \quad \lambda > -1. \quad (18)$$

Таким образом, с помощью оператора агрегирования в форме интеграла Шоке вычисляется значение функции $f_s(\bar{x})$, которое, как уже отмечалось, представляет собой обобщенное соответствие или вероятность совершения сделки. Для всех своих наличных типов однородного товара продавец может получить оценку обобщенного соответствия, проранжировать типы товара и сформировать наиболее адекватное совокупное предложение.

3. ЧИСЛЕННАЯ АПРОБАЦИЯ АЛГОРИТМА ФОРМИРОВАНИЯ ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОДАВЦА

Задачей численной апробации является не только проверка работоспособности приведенных алгоритмов, но и пример интерпретации введенных понятий и терминов. Поэтому целесообразно рассматривать в упрощенном виде рынок конкретного однородного товара с конкретными характеристическими параметрами.

Например, рассмотрим рынок мебели с однородным товаром «письменный стол». Пусть вектор характеристических параметров письменного стола имеет вид — $q_j = (q_j^1; q_j^2; q_j^3)$, где компоненты интерпретируются следующим образом: q^1 — цена; q^2 — площадь столешницы; q^3 — качество

материала. Следует отметить, что параметры q^1 и q^3 очевидно взаимодействуют, изменение качества влечет изменение цены. Все параметры задаются на условной шкале $[0;1]$ нормированными (на границах функция равна нулю, в моде — 1) треугольными функциями принадлежности.

Допустим, что на рынке имеется три покупателя, спрос которых показан с помощью табл. 1.

Прежде всего, необходимо получить обобщенный спрос. Поскольку в табл. 1 имеется информация об объемах индивидуального спроса, расчет обобщенного спроса будем считать по формуле (6). Результаты расчета показаны на рис. 2.

Допустимые области значений локальных характеристик, удовлетворяющих спросу и ФСО, посчитанные по формулам (9) и (10), показаны в первой строке табл. 2.

Предположим продавец, формируя предложение, включил в него товар со значения-

ми характеристических параметров, показанных во второй строке табл. 2. Локальные соответствия выбранных значений параметров функции f_s^n , вычисленные по формуле (8), показаны в третьей строке табл. 2.

Для агрегирования полученных локальных соответствий эксперты определили плотности нечеткой меры локального соответствия (табл. 2, строка 4). В этом случае, уравнение (18) с учетом условия $\lambda > -1$, имеет корень $\lambda = -0,84$. В соответствии с λ -правилом (16) получены значения нечеткой меры, представленные в табл. 3.

Агрегирование локальных соответствий производится в соответствии с формулой (15):

$$f_s = agr(f_s^1; f_s^2; f_s^3) = FEV_f = 0,21 \cdot (\phi(1,2,3) - \phi(2,3)) + 0,6 \cdot (\phi(2,3) - \phi(3)) + 0,6 \cdot (\phi(3) - \phi(\emptyset)) \approx 0,52.$$

Таблица 1. Данные для расчетов
[Table 1. The data for the calculations]

	Цена a^1, m^1, b^1	Площадь a^2, m^2, b^2	Качество a^3, m^3, b^3
Спрос 1 пок., объем спроса $\nu = 10$	(0,2; 0,2; 0,8)	(0,2; 1; 1)	(0; 0,4; 0,6)
Спрос 2 пок., объем спроса $\nu = 4$	(0,2; 0,6; 1)	(0,2; 1; 1)	(0,4; 0,4; 1)
Спрос 3 пок., объем спроса $\nu = 6$	(0,2; 0,6; 1)	(0,2; 1; 1)	(0; 0; 1)
Функционально-стоимостные ограничения продавца	(0,5; 1; 1)	(0,4; 0,4; 0,4) $a = m = b$	(0,3; 0,5; 0,7)

Таблица 2. Результаты расчетов
[Table 2. The results of the calculations]

		Цена	Площадь	Качество
1	Промежутки допустимых значений параметров типа товара	(0,5; 1)	0,4	(0,3; 0,7)
2	Выбранный продавцом товар для включения в предложение	0,7	0,4	0,5
3	Локальные соответствия	0,21	0,6	0,6
4	Экспертная оценка плотности нечеткой меры, $\phi(n)$	0,64	0,58	0,4

Таблица 3. Значения нечеткой λ -меры Сугено
[Table 3. Values of Sugeno fuzzy λ -measure]

$\phi(\emptyset)$	$\phi(1)$	$\phi(2)$	$\phi(3)$	$\phi(1,2)$	$\phi(1,3)$	$\phi(2,3)$	$\phi(1,2,3)$
0	0,64	0,58	0,4	0,90819	0,82496	0,78512	1

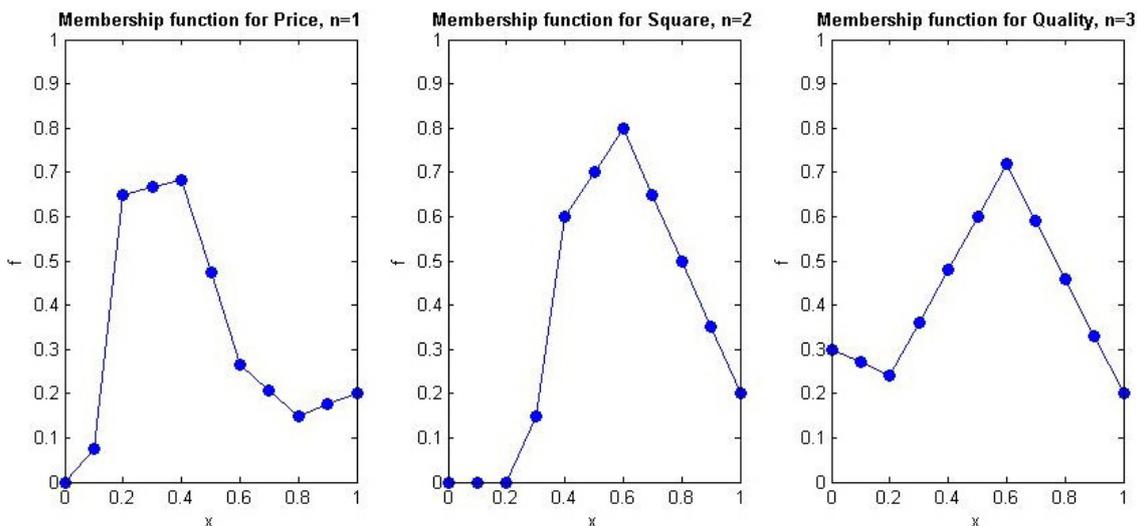


Рис. 2. Покомпонентное графическое отображение функций принадлежности обобщенного спроса [Fig. 2. Component-wise graphical display of membership functions of generalized demand]

Полученный результат интерпретируется следующим образом: тип стола, выбранный продавцом для включения в предложение, с характеристиками, указанными в табл. 2 (вторая строка), может быть куплен с вероятностью $p_1 = 0,52$.

Аналогично могут быть посчитаны вероятности продаж для других типов столов: p_2, p_3, \dots, p_k . Эту информацию продавец может использовать для ранжирования типов столов и определении доли δ_j j -го типа в общем объеме предложения:

$$\delta_j = \frac{p_j}{\sum_{j=1}^k p_j}. \quad (19)$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведенного исследования получены модели и методы параметрического описания конкретного типа однородного товара; функционально-стоимостных ограничений возможностей продавца по формированию товарного предложения; индивидуального и обобщенного спроса покупателей. Использование лингвистических переменных позволило включить в описание не только коммерческие и технические характеристики типа однородного товара, но и важную качественную категорию — личные предпочтения покупателя или продавца. Следствием этого явилась возможность формирования

многокритериальной задачи выбора в форме вектора локальных соответствий допустимому множеству альтернативных вариантов. Для агрегирования локальных соответствий предложено использовать дискретный интеграл Шоке по нечеткой мере, что обеспечило учет взаимодействия компонент вектора соответствий и в конечном итоге — возможность ранжирования типа товаров.

Полученные модели и методы могут быть использованы для автоматизации сервисов ЭТП с технологией маркетинг-плейс, в частности, автоматизации процесса формирования предложения продавца с точки зрения достижения максимальной вероятности сделки.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Brynjolfsson, E. The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies / E. Brynjolfsson, A. McAfee – W.W. Norton & Company, 2014.
2. Бриньольфсон, Э. Машина, платформа, толпа: наше цифровое будущее / Э. Бриньольфсон, Э. Макафи – М. : Манн, Иванов и Фербер. – 320 с.
3. Национальная программа принята в соответствии с Указом Президента России

от 7 мая 2018 года №204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» и утверждена 24 декабря 2018 года на заседании президиума Совета при Президенте России по стратегическому развитию и национальным проектам. Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201805070038>

4. Dynamic pricing models for electronic business / Y. Narahari [et al.] // *Sadhana* – 2005. – Т. 30, № 2. – С. 231–256. doi: 10.1007/BF02706246

5. Динамическое ценообразование с помощью Data-driven подходов. – Режим доступа: <http://myretailstrategy.ru/smartpricing/> – (Дата обращения: 11.03.2021)

6. *Matveev, M.* Models of Centralized Equipment Procurement Based on Supplier-Consumer Matching / M. Matveev, S. Podvalny // 2019 1st International Conference on Control Systems, Mathematical Modelling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA). – IEEE, 2019. – С. 151–154. doi: 10.1109/summa48161.2019.8947574

7. *Матвеев, М. Г.* Информационные технологии формирования предложения на электронной торговой площадке с технологией маркетплейс / М. Г. Матвеев // *Экономика и математические методы*. – 2021. – №1. – С. 114–121.

8. *Борисов В. В.* Нечеткие модели и сети / В. В. Борисов, В. В. Круглов, А. С. Федулов. – М. : Горячая линия–Телеком, 2012. – 284 с.

9. *Леденева, Т. М.* Агрегирование информации в оценочных системах / Т. М. Леденева,

С. Л. Подвальный // *Вестник ВГУ. Серия «Системный анализ и информационные технологии»*. – 2016. – № 4. – С. 155–164.

10. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / А. Н. Аверкин [и др.]; Под ред. Д. А. Поспелова. – М. : Наука, 1986.

11. Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения. Пер. с англ. / Под ред. Р. Р. Ягера. – М. : Радио и связь, 1986. – 408 с.

12. Mathematical aggregation operators and their application to video querying / Detyniecki M. [et al.]; PhD dissertation. Docteur de l'Université – Paris, 2000.

13. *Grabisch, M.* Fundamentals of Uncertainty Calculi with Applications to Fuzzy Inference / M. Grabisch, H. T. Nguyen, E. A. Walker // Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1995. doi: 10.1007/978-94-015-8449-4

14. *Grabisch, M.* The application of fuzzy integrals in multicriteria decision making / M. Grabisch // *European journal of operational research*. – 1996. – Т. 89, № 3. – С. 445–456. doi: 10.1016/0377-2217(95)00176-X

15. *Матвеев, М. Г.* Анализ взаимодействия в системе продавец-покупатель на основе числовой меры парного соответствия / М. Г. Матвеев // *Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии*. – 2019. – № 3. – С. 94–103. doi: 10.17308/sait.2019.3/1310

Матвеев Михаил Григорьевич — д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой информационных технологий управления, факультет компьютерных наук, Воронежский государственный университет.

E-mail: mgmatveev@yandex.ru

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-6528-6420>

Шмелев Михаил Александрович — аспирант кафедры информационных технологий управления, факультет компьютерных наук, Воронежский государственный университет.

E-mail: shmelev1996@mail.ru

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-1983-8052>

Алейникова Наталья Александровна — канд. физ.-мат. наук, доц., доцент кафедры информационных технологий управления, факультет компьютерных наук, Воронежский государственный университет. E-mail: balbashovan@mail.ru

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-5967-8260>

INFORMATION TECHNOLOGIES FOR FORMATION OF SERVICES ON E-TRADING PLATFORM

© 2021 M. G. Matveev, M. A. Shmelev✉

*Voronezh State University
1, Universitetskaya Square, 394018 Voronezh, Russian Federation*

Annotation. The article considers the problem of building supply on an e-trading platform to meet the demand of the customers best. We consider a marketplace e-platform where buyers and sellers share information about their supply and demand. In our study, we used linguistic variables to design a qualitative description of the problem. The supply, demand, and functional-cost constraints of the seller are specified by the vectors of the parameters set as linguistic variables. The choice of supply options is based on the aggregation of fuzzy desires and abilities regarding each linguistic variable. In this article, the criterion for building supply is a compromise between the desire to fully meet the generalised demand of the buyers and the desire to comply with the functional-cost constraints of the seller. A discrete Choquet integral with a fuzzy measure is used as an aggregation operator. Using the Choquet integral we can determine the probability of a transaction between the seller and the buyers. The concept of a fuzzy measure makes it possible to take into account the interaction of the characteristic criteria of the product. Fuzzy densities are calculated using expert methods. In order to test the suggested approach to building supply we conducted a numerical experiment. We calculated the probability of a transaction between the seller and the buyers for a product with specific values of characteristic parameters. The results can be used to automate the services for generating seller supplies on electronic trading platforms. This can help sellers to maximise the probability of a transaction.

Keywords: e-trading platform, aggregation, supply and demand, characteristic function, Choquet integral, fuzzy density.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

REFERENCES

1. *Averkin A. N. et al.* (1986) *Nechetkie mnozhestva v modelyakh upravleniya i iskusstvennogo intellekta* [Fuzzy sets in artificial intelligence models]. Moscow: Nauka. (in Russian).
2. *Borisov V. V., Kruglov V. V., Fedulov A. S.* (2012) *Nechetkie modeli i seti* [Fuzzy models and networks]. Moscow: Hotline – Telecom. 284 p.
3. *Brynjolfsson E. & McAfee A.* (2014) *The second machine age: Work, progress, and prosperity*

in a time of brilliant technologies. W.W. Norton & Company.

4. *Brynjolfsson E. & McAfee A.* (2017) *Machine, Platform, Crowd: Harnessing Our Digital Future*. W.W. Norton & Company.

5. *Detyniecki M. et al.* (2000) *Mathematical Aggregation Operators and their Application to Video Querying: Thesis for the degree Docteur de l'Universite*. Paris. 185 p.

6. *Grabisch M., Nguyen H. T., Walker E. A.* (1995) *Fundamentals of Uncertainty Calculi with Applications to Fuzzy Inference*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. DOI: 10.1007/978-94-015-8449-4

7. *Grabisch M.* (1996) *The application of fuzzy integrals in multicriteria decision making*. *European journal of operational research*, 89(3), 445-456. DOI: 10.1016/0377-2217(95)00176-X

8. *Ledeneva T. M. & Podvalniy S. L.* (2016) *The aggregation of information in evaluation systems*

✉ Shmelev Mikhail A.
e-mail: shmelev1996@mail.ru

Proceedings of Voronezh State University. Series: Systems Analysis and Information Technologies. (4). P. 155–164.

9. *Matveev M. G.* (2019) Analysis of interaction in the system the seller-buyer based on the numerical measures of paired matching. Proceedings of Voronezh State University. Series: Systems Analysis and Information Technologies. (3). P. 94–103. DOI: 10.17308/sait.2019.3/1310

10. *Matveev M. & Podvalny S.* (2019) Models of Centralized Equipment Procurement Based on Supplier-Consumer Matching. 1-st International Conference on Control Systems, Mathematical Modelling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA). IEEE: 151–154. DOI: 10.1109/summa48161.2019.8947574

11. *Matveev M. G.* (2021) Information technologies for supply creation on e-trading platform with marketplace technology. Economics and Mathematical Methods. (1). P. 114–121.

12. MyRetailStrategy. Dynamic pricing using data-driven approaches Available from: <http://myretailstrategy.ru/smartpricing/> [Accessed 11th March 2021]

13. *Narahari Y. et al.* (2005) Dynamic pricing models for electronic business. *Sadhana*. 30(2), 231–256. DOI: 10.1007/BF02706246

14. Official Russian internet portal for legal information. The national program adopted in accordance with the Decree of the President of Russia on May 7, 2018 №204 “About the national objectives and strategic goals of the development of the Russian Federation for the period till 2024” and approved by 24 December 2018 at a meeting of the Strategic Development Council of the Presidium of the Russian President and the national projects. Available from: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201805070038>

15. *Yager R.* (1982) Fuzzy sets and possibility theory: recent developments. Oxford: Pergamon Press.

Matveev Mikhail G. — DSc in Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Information Technologies in Management, Faculty of Computer Sciences, Voronezh State University.

E-mail: mgmatveev@yandex.ru

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-6528-6420>

Shmelev Mikhail A. — postgraduate student, Department of Information Technologies in Management, Faculty of Computer Sciences, Voronezh State University.

E-mail: shmelev1996@mail.ru

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-1983-8052>

Aleynikova Natalya A. — PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor of the Department of Management Information Technologies, Computer Sciences Faculty, Voronezh State University.

E-mail: balbashovan@mail.ru

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-5967-8260>