

Сравнение подходов к формированию предложений на электронно-торговой площадке с технологией маркетплейс

М.А. Шмелев, email: shmelev1996@mail.ru

М.Г. Матвеев, email: mgmatveev@yandex.ru

Воронежский государственный университет

***Аннотация.** Данная работа посвящена анализу электронно-торговых систем с технологией маркетплейс. Рассмотрена задача формирования предложения однородного товара таким образом, чтобы вероятность совершения сделки была максимальна. Подходы на основе подсчета максимума соответствия описаны и применены в рамках данной задачи.*

***Ключевые слова:** Электронная торговая площадка, оптимальное предложение, максимум соответствия, характеристические функции, интеграл Шоке, свертка, агрегирование.*

Введение

При анализе и синтезе социально-экономических систем значительную роль играет обоснованный выбор системных элементов и их характеристик, обеспечивающих желаемое состояние системы [1]. В частности, многие социально-экономические системы можно представить как совокупность бинарных отношений $(y_i; y_j)$ между элементами непересекающихся множеств $I_y = \{y_i\}$ и $J_y = \{y_j\}$. Примерами могут являться торговые системы с множествами продавцов и покупателей, рекрутинговые системы с множествами соискателей и трудовых вакансий и т.п. Такие системы можно представлять двудольными графами, на которых решаются обобщенные задачи назначения (кратность ребер вершины может превышать единицу) [2] или задачи поиска паросочетаний, где кратность ребер не превышает единицу [3]. Принятие решений в этих задачах будет заключаться в выборе ребер двудольного графа, отвечающих объективным и субъективным предпочтениям активных элементов множеств I_y и J_y . Поэтому требуется количественная формулировка всех факторов, влияющих на принятие решения, включая субъективные качественные суждения.

Наше исследование будет сосредоточено на анализе компьютеризированных торговых систем, представленных электронными торговыми площадками (ЭТП) с технологией маркетплейс [4]. Будем считать, что спрос на маркетплейсе формируется внешней средой и динамически меняется случайным образом. Двумя важными задачами поддержки принятия решения субъектами ЭТП являются выбор покупателем подходящего продавца и формирование предложения продавца при известном покупательском спросе. Традиционно такие задачи принято решать как задачи скалярной оптимизации с экономическим критерием, например, как показано в работах [5,6]. Другим примером скалярного подхода является задача динамического определения цены как важной характеристики товара, например, [7]. Однако при выборе желательно учитывать весь спектр потребительских характеристик товара: технические, экономические, эргономические и т.п., которые отражают индивидуальные потребности каждого покупателя и каждого продавца. Для такого выбора больше подходят процедуры установления парного соответствия (матчинга) по вектору характеристик или критериев, развиваемые в работах нобелевского лауреата Э. Рота [8,9].

Наше исследование посвящено второй задаче – формированию предложения, максимально соответствующего одновременно текущему спросу покупателей и индивидуальным возможностям продавца. Под соответствием, здесь и далее, понимается полное или частичное совпадение значений компонент вектора характеристик запрашиваемых товаров и соответствующих компонент вектора 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. Формирование предложения рассматривается как задача выбора такого вектора характеристик предлагаемого товара, который обеспечит максимальную вероятность сделки.

Рассматриваются два подхода к решению указанной задачи. Они основаны на различных методиках подсчета максимума соответствия. Первый подход основан на компромиссе между покупательским спросом и желаниями продавца (далее – первый подход), а второй нацелен на соответствие спросу (далее – второй подход).

Цель данной статьи – проанализировать различия двух указанных подходов на основе их сравнения. Также будет проведена численная апробация решения конкретной задачи.

1. Формализованная постановка задачи

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. Для этого покупателю необходимо формализовать свои желания и возможности в виде вектора спроса с «обезличенными», нечеткими характеристиками однородного товара – $\tilde{g}_k = (\tilde{g}_k^1; \dots; \tilde{g}_k^n; \dots; \tilde{g}_k^N)$ [10]. 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 (trade offer) по j -му типу однородного товара в виде вектора $to_{ij} = (to_{ij}^1; \dots; to_{ij}^n; \dots; to_{ij}^N)$ с четкими значениями характеристических параметров, структурно идентичного вектору спроса. В общем случае предложение представлено некоторой совокупностью векторов to_{ij} , $j = 1, 2, \dots, J_i$; $J_i \subset J$. В идеале каждый вектор to_{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 качестве критерия выбора можно рассматривать компромисс между стремлением к максимальному соответствию предложения обобщенному рыночному спросу и максимальному соответствию ФСО продавца по данному однородному товару. 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 путем нахождения параметров всей допустимой совокупности типов товара – чрезвычайно громоздкая задача. Поэтому предлагается формировать предложение i -го продавца как вектор $\tilde{t}_i = (\tilde{t}_i^1; \dots; \tilde{t}_i^n; \dots; \tilde{t}_i^N)$, структурно эквивалентный вектору спроса, компоненты которого представлены соответствующими лингвистическими переменными. Тогда задача формирования предложения сводится к определению функций принадлежности этих лингвистических переменных.

2. Модели решения

Для наглядности опишем этапы первого подхода:

1. Сначала находим выражение покомпонентного соответствия предложения продавца и обобщенного спроса как функцию от вектора значений x компонент. Агрегируем покомпонентные (локальные) соответствия в глобальное соответствие;

2. Затем находим выражение покомпонентного соответствия предложения и ФСО как функцию от вектора значений x компонент. Аналогично агрегируем локальные соответствия в глобальное соответствие;

3. Строим линейную свертку двух глобальных соответствий и ищем такой вектор $x = (x^1; \dots; x^N)$, который обеспечивает максимум глобального соответствия.

Второй подход предполагает следующую последовательность действий:

1. Сразу ищем покомпонентное пересечение обобщенного спроса и ФСО как упорядоченное множество допустимых решений по каждой компоненте;

2. Полученное множество позволяет вычислить оценки покомпонентного соответствия конкретных типов однородного товара, затем агрегировать их (получить глобальные соответствия по каждому типу товара) и упорядочить эти товары для формирования совокупного предложения.

3. Численная апробация решения задачи

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. Для решения

задачи сначала воспользуемся подходом, нацеленного на соответствие спросу.

Пусть таким рынком будет рынок обуви с вектором характеристических параметров $q_j = (q_j^1; q_j^2; q_j^3)$, где компоненты интерпретируются следующим образом: q^1 – цена; q^2 – размер; q^3 – качество. Все параметры задаются на условной шкале [1;6] нормированными (на границах функция равна нулю, в моде – 1) треугольными функциями принадлежности.

На рынке имеется три покупателя, спрос которых показан в табл. 1. Для удобства расчетов целесообразно сначала перевести имеющиеся данные на условную шкалу [0;1].

Таблица 1

Исходные данные для расчетов

	Цена, a^1, m^1, b^1	Размер, a^2, m^2, b^2	Качество, a^3, m^3, b^3
Спрос 1 пок., объем спроса $v = 10$	(2; 2; 5)	(2; 6; 6)	(1; 3; 4)
Спрос 2 пок., объем спроса $v = 4$	(2; 4; 6)	(2; 6; 6)	(3; 6; 6)
Спрос 3 пок., объем спроса $v = 6$	(2; 4; 6)	(2; 6; 6)	(1; 1; 4)
Функционально-стоимостные ограничения продавца	(1; 6; 6)	(3; 3; 3) $a = m = b$	(1; 6; 6)

Локальные функции принадлежности обобщенного спроса, подсчитанные с помощью взвешенной суммы, показаны на рисунке.

Агрегирование функций принадлежности обобщенного спроса $f_g^n(x)$ и функционально-стоимостных ограничений $f_q^n(x)$ показывает допустимые значения характеристических значений параметров типа товара для включения в предложение. Промежутки допустимых значений параметров показаны в первой строке табл. 2. Они подсчитаны по формулам (2) и (3):

$$L(f_s) = \max(L(f_q); L(f_g)), \quad (2)$$

$$R(f_s) = \min(R(f_q); R(f_g)), \quad (3)$$

где L и R – левая и правая граница допустимых значений параметров соответственно.

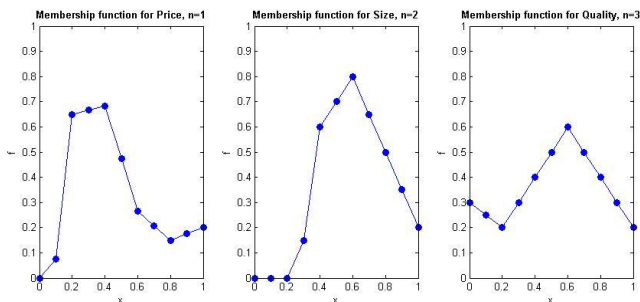


Рисунок. Покомпонентное графическое отображение функций принадлежности обобщенного спроса

Предположим продавец, формируя предложение, включил в него товар со значениями характеристических параметров, показанных во второй строке табл. 2. Локальные соответствия выбранных значений параметров функции f_s^n , вычисленные с помощью оператора \min , показаны в третьей строке табл. 2.

Для агрегирования полученных локальных соответствий эксперты определили плотности нечеткой меры локального соответствия (табл.2, строка 4). Используя уравнение [11]:

$$\lambda + 1 = \prod_{n=1}^N (1 + \lambda \phi(n)); \quad \lambda > -1 \quad (4)$$

с учетом условия $\lambda > -1$, применительно к соответствию обобщенному спросу, находим корень $\lambda = -0,84$.

Таблица 2

Результаты расчетов

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

Используя нечеткую меру Сугено [11,12], получаем значения данной меры, представленные в табл. 3.

Далее воспользуемся формулой интеграла Шоке:

$$f_s = agr(f_s^1; \dots; f_s^n; \dots; f_s^N) = \sum_{n=1}^N f_s^{\pi(n)} \cdot (\phi(m_{\pi(n)}) - \phi(m_{\pi(n+1)})) \quad (5)$$

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

Агрегирование локальных соответствий дает следующий результат:

$$f_s = agr(f_s^1; f_s^2; f_s^3) = 0,4 \cdot (\phi(1, 2, 3) - \phi(2, 3)) + 0,6 \cdot (\phi(2, 3) - \phi(3)) + 0,6 \cdot (\phi(3) - \phi(\emptyset)) = 0,56.$$

Таблица 3

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

Полученный результат интерпретируется следующим образом: товар, выбранный продавцом для включения в предложение, с характеристиками $q = (q^1 = 3; q^2 = 3; q^3 = 4)$, может быть куплен с вероятностью $p_1 = 0,56$.

Подход, нацеленный на соответствие спросу, включает в себя рассмотрение всех товаров с допустимыми значениями параметров. В результате оказалось, что товар с характеристиками $q = (q^1 = 3; q^2 = 3; q^3 = 4)$ имеет наибольшую вероятность покупки.

Допустим, продавец выбрал для включения в предложение еще несколько товаров и посчитал вероятности их продажи: p_2, p_3, \dots, p_k по вышеприведенной методике. Тогда долю j -го типа товара в общем объеме предложения можно посчитать по следующей формуле:

$$\delta_j = \frac{p_j}{\sum_{j=1}^k p_j} \quad (6)$$

Для рассматриваемого примера с продажей обуви различных размеров, по формуле (6) можно рассчитать доли обуви каждого размера в общем объеме товарного предложения.

Теперь получим численные значения для нашей задачи, используя первый подход. Пусть эксперты определили плотности нечеткой меры локального соответствия в следующем виде: $\phi_\eta(1) = 0,64$; $\phi_\eta(2) = 0,58$; $\phi_\eta(3) = 0,4$; $\phi_\mu(1) = 0,3$; $\phi_\mu(2) = 0,6$; $\phi_\mu(3) = 0,2$.

Тогда для товара с характеристиками $q = (q^1 = 4; q^2 = 3; q^3 = 5)$ с учетом параметра свертки $\alpha = 0,5$ мы получаем соответствие $s = 0,5 \cdot 0,49 + (1 - 0,5) \cdot 0,87 = 0,68$. А максимально возможное значение $s = 0,5 \cdot 0,62 + 0,5 \cdot 0,86 = 0,74$ получается для товара со следующими параметрами: $q = (q^1 = 3; q^2 = 3; q^3 = 6)$.

Следовательно, оптимальное предложением продавца на рынке должно быть со строго заданными параметрами цены ($q^1 = 3$) и размера ($q^2 = 3$), если использовать подход на основе подсчета соответствия по набору характеристик предлагаемых и запрашиваемых товаров.

4. Сравнение подходов

На основе полученных результатов теперь можно провести сравнение между двумя исследуемыми подходами.

Для подхода, основанного на компромиссе между покупательским спросом и желаниями продавца, достоинствами являются:

- Возможность регулировать параметры свертки;
- Определение оптимального предложения с учетом выгоды сделки для продавца.

Также были выявлены следующие недостатки:

- Поиск только одного, лучшего типа однородного товара, т.е. нет возможности определения совокупности товаров;
- Трудоемкость вычислений, так как в рассмотрение включаются все возможные товары.

Для улучшения первого подхода можно рассматривать введение следующего ограничения: вероятность соответствия покупательскому спросу должна быть не меньше 70% от максимально возможной вероятности совершения сделки. Тогда предложение продавца будет более адекватно покупательскому спросу.

Второй подход, нацеленный на соответствие спросу, обладает следующими преимуществами:

- Простота использования без оптимизации;
- Применение целесообразно для конкретных групп товаров;
- Определение при использовании подхода некоторой области не худших решений.

Если рассматривать недостатки второго подхода, следует отметить:

- Пересечение обобщенного спроса и ФСО не взвешенное;
- Пожелания продавца учитываются в неполной степени.

Заключение

В рамках данной статьи были проанализированы два подхода, основанные на вычислении максимума соответствия по набору характеристик предлагаемых и ожидаемых товаров. Данные подходы полезнее на практике, чем динамическое ценообразование, так как не полагаются на параметры, определяемые эвристически.

На примере конкретного вида ЭТП с технологией маркетплейс была проведена численная апробация решения задачи поиска паросочетаний, что является вкладом для дальнейшего исследования социально-экономических систем.

Список литературы

1. Айзерман М. А. Выбор вариантов: основы теории / М. А. Айзерман, Ф. Т. Алескеров – М.: Наука, 1990. – 240 с.
2. Kellerer H. Knapsack Problems / H. Kellerer, U. Pferschy, D. Pisinger – Springer Verlag, 2005. – ISBN: 3-540-40286-1.
3. Complexity and Approximation: Combinatorial Optimization Problems and Their Approximability Properties / Giorgio Ausiello [et al.] – Springer, 2003. – ISBN: 978-3-642-63581-6.
4. Brynjolfsson E. The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies / E. Brynjolfsson, A. McAfee – WW Norton & Company, 2014.
5. 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. – Т. 39. – № 8. – С. 6782-6791.

6. Mendoza A. Analytical models for supplier selection and order quantity allocation / A. Mendoza, J. A. Ventura // *Applied Mathematical Modelling*. – 2012. – Т. 36. – № 8. – С. 3826-3835.

7. Дементьев В. Е. Сравнительный анализ стратегий динамического ценообразования на рынках сетевых благ в случаях монополии и предконкурентного стратегического альянса / В. Е. Дементьев, Е. В. Устюжанина // *Экономика и математические методы*. – 2019. – Т. 55. – № 1. – С. 16-31.

8. Roth A. E. The Origins, History, and Design of the Resident Match / A. E. Roth // *Journal of American Medical Association*. – 2003. – № 289. – С. 909-912.

9. Roth A. E. Truncation Strategies in Matching Markets – In Search of Advice for Participants / A. E. Roth, U. G. Rothblum // *Econometrica*. – 1999. – Т. 67. – С. 21-43.

10. 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.

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

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