DOI: 10.17323/2587-814X.2023.2.41.54

Технология поддержки принятия решений продавца на маркетплейс в условиях конкуренции*

М.Г. Матвеев
E-mail: mgmatveev@yandex.ru

Н.А. Алейникова
E-mail: balbashovan@mail.ru

М.Д. Титова
E-mail: 29_06_titova@mail.ru

Воронежский государственный университет
Адрес: Россия, 394018, г. Воронеж, Университетская площадь, 1

Аннотация

Статья посвящена проблеме повышения эффективности работы электронной торговой площадки типа маркетплейс. Субъектами площадки являются покупатели и продавцы, объектами – совокупности однородных товаров. Актуальная задача заключается в разработке и автоматизации сервисов поддержки принятия решений для продавцов, которые являются основными плательщиками для маркетплейс. Эффективность работы электронной торговой площадки будет зависеть от адекватности товарных предложений продавцов. Выбор удачной стратегии (предложения) продавцом в условиях конкуренции будет влиять не только на потенциальную прибыльность, но и на ликвидность предложения, то есть на возможность совершения сделки. В работе разрабатываются математические модели для поддержки принятия решений продавцом при формировании предложения. Отличительной особенностью предлагаемых моделей является ориентация как на покупательский спрос и возможности продавца, заданные в форме векторов нечетких характеристических свойств товара, так и на наличие конкурентов на торговой площадке. Для описания конкуренции предлагается аппарат теории игр, а именно – нормальная форма игры с биматричной моделью и двумя игроками: продавцом – заявителем сервиса и совокупностью остальных продавцов. Для сопоставления спроса и предложения, а также для оценки возможности совершения сделки используется покомпонентный матчинг векторов спроса и допустимого предложения с дальнейшим агрегированием покомпонентных соответствий с использованием интеграла Шоке.

* Статья опубликована при поддержке Программы НИУ ВШЭ «Университетское партнерство»

Ключевые слова: электронная торговая площадка, маркетплейс, однородный товар, лингвистическая переменная, оператор агрегирования, интеграл Шоке, биматричная игра, решение в смешанных стратегиях

Цитирование: Матвеев М.Г., Алейникова Н.А., Титова М.Д. Технология поддержки принятия решений продавца на маркетплейс в условиях конкуренции // Бизнес-информатика. 2023. Т. 17. № 2. С. 41–54.
DOI: 10.17323/2587-814X.2023.2.41.54

Введение

Развитие электронной коммерции закономерно сопровождается повышением уровня автоматизации бизнес-процессов. При этом акцент смещается от автоматизации рутинных процессов документооборота в сторону автоматизации более сложных процессов поддержки принятия решений субъектами электронной коммерции [1–3]. Важным аспектом работы продавца при формировании товарного предложения является показатель ликвидности товара, задаваемый мерой возможности совершения сделки с покупателем при заданном товарном предложении [4]. Поддержка покупателя при поиске подходящих товаров и продавцов уже получает определенное развитие, примеры соответствующих инструментов можно найти в [5]. Автоматизация подобного рода бизнес-процессов для продавца только зарождается и инструментов, помогающих продавцу не так много [5]. Наша работа направлена на повышение ликвидности товарного предложения продавца на маркетплейс. Предлагается числовая мера ликвидности товарного предложения и математический аппарат формирования такого предложения (стратегии продавца), которое в условиях конкуренции будет иметь высокую ликвидность.

В работах [6–9] был предложен математический аппарат для формализации деятельности субъектов электронной торговой площадки (ЭТП) типа маркетплейс, основанный на матчинге спроса и допустимого предложения [10]. Покупательский спрос и допустимые предложения продавца задаются параметрически в рамках единого товарного классификатора в форме нечетких характеристических свойств однородной группы товаров. Вектор значений характеристических свойств товара задает его дифференциацию в группе однородных товаров по совокупности характеристик (цена, качество и другие характерные свойства), заданных как в числовом, так и категориальном формате. Основным результатом проведенных исследований стала числовая мера ликвидности, выраженная в форме соответствия спроса и допустимого предложения продавца по заданной совокупности их характеристических свойств, а не только по цене, как это делается в большинстве случаев. Появилась возможность сравнения на числовой шкале соответствий различных товарных предложений условиям рынка и выбора предложения с лучшим соответствием.

В работах [6–9] не учитывалось то, что продавец, выдвигая свои предложения, находится в условиях конкуренции и предложения других продавцов могут существенно влиять на ликвидность. Конкуренция продавцов на рынке интернет-трейдинга адекватно описывается теоретико-игровыми моделями, примеры которых представлены в работах [11–18]. При разработке теоретико-игровой модели ключевыми задачами является задание условий равновесия, интерпретация и метод расчета элементов платежных матриц, а также интерпретация стратегий игроков. В указанных работах рассматривается теоретико-игровое моделирование дуополии с выбором равновесного решения по Нэшу и интерпретацией исхода игры в виде прибыли. Характерной особенностью этих работ является выбор стратегий не только в виде цены товара, но и с учетом его качества. Другие характеристические свойства товара при этом не учитываются.

Мы полагаем, что вычисленная максимальная прибыль не всегда достижима в условиях реального рынка. Такая сделка может не произойти по причине несоответствия некоторых свойств оптимального по цене товарного предложения спросу или допустимому предложению продавца. Более реалистичная цель – компромисс между максимизацией потенциальной прибыли и возможностью совершения сделки. Поиск такого компромисса состоит в максимизации соответствия спроса и допустимого товарного предложения по вектору характеристических свойств товара, включающего характеристику цены.

Игровая ситуация возникает в форме конкуренции продавца с совокупностью других продавцов, работающих на рынке ЭТП и рассматриваемых как обобщенный конкурент. Стратегии игры задаются допустимыми вариантами товарного предложения продавца, представленными соответствующими векторами характеристических свойств. Полученное соответствие интерпретируется как субъективная вероятность совершения сделки и предлагается в качестве итога игры при теоретико-игровом моделировании конкуренции на рынке дуополии.

Цель исследования – получение теоретико-игровых моделей, позволяющих продавцу формировать рациональные предложения из допустимой совокупности взаимозаменяемых видов однородного товара.

1. Формализация деятельности субъектов электронной торговой площадки

Пусть объектами торговли на маркетплейс являются множества однородных товаров. Однородный товар представляет собой совокупность своих взаимозаменяемых типов, например, совокупность легковых автомобилей различных марок. Типы различаются значениями характеристических свойств данного товара, заданных вектором значений соответствующих параметров. В качестве таких параметров могут быть коммерческие, технические и другие возможные свойства или характеристики товара. Пусть j – индекс типа однородного товара $(j=\overline{1,J})$, его вектор характеристических свойств будем обозначать как

$$q_j=(q_j^1;\ldots;q_j^n;\ldots;q_j^N), \tag{1}$$

каждая координата n которого может принимать значения как на количественной, так и на качественной шкале.

Покупательский спрос на какой-то однородный товар можно также формализовать в виде вектора характеристик товара g, структурно идентичного вектору q. Как правило, желания покупателей расплывчаты, приблизительны. Например, покупателю нужен автомобиль с мощностью двигателя от 100 до 150 л.с. со стоимостью из заданного покупателем ценового интервала. Причем какие-то значения из этих интервалов более желательны, какие-то менее. Такой спрос покупателя может быть обеспечен за счет многообразия однородных товаров с различными характеристиками. Координаты вектора покупательского спроса удобно представить лингвистическими переменными [19]

$$\tilde{g}_k=(\tilde{g}_k^1;\ldots;\tilde{g}_k^n;\ldots;\tilde{g}_k^N), \tag{2}$$

где $k=\overline{1,K}$ – индекс покупателя.

Имена лингвистических переменных совпадают с именами соответствующих характеристических параметров описания типа однородного товара. Каждая переменная имеет кусочно-линейные функции принадлежности $f_g(x)\in[0;1]$, носители которых – $x_{\min}\le x\le x_{\max}$, отражают возможности выбора покупателя, а значения функции – уровень его предпочтения [8].

Предложение продавца (стратегия) представляет конкретный тип товара и задается вектором вида (1). Требуется так подобрать значения координат вектора q_j, чтобы обеспечить высокую ликвидность сделки. При этом надо обращать внимание не только на покупательский спрос, но и на допустимые возможности самого продавца. Значения параметров вектора q_j ограничены финансовыми и товарными запасами продавца, его функциональными возможностями. Предполагается, что продавец в состоянии оценить свои функционально-стоимостные ограничения (ФСО) и стремится так сформировать свое предложение, чтобы получить максимум соответствия этим ограничениям. ФСО задаются как допустимые интервалы значений параметров с построением над каждым интервалом функции принадлежности, отражающей предпочтения его значений. Тогда ограничения продавца можно представить следующим вектором лингвистических переменных

$$\tilde{q}=(\tilde{q}^1;\ldots;\tilde{q}^n;\ldots;\tilde{q}^N) \tag{3}$$

с теми же именами нечетких характеристик, что и у вектора спроса, но со своими функциями принадлежности $f_{\tilde{q}^n}(x)\in[0;1]$. Заметим, в частности, что, формируя таким образом функцию принадлежности цены, можно задавать стремление продавца дорого продать товар, т.е. получить максимальную прибыль.

Поскольку отследить взаимодействие между продавцом и каждым покупателем громоздкая задача, предлагается перейти к обобщенному покупательскому спросу в форме (2). Функцию принадлежности по каждой обобщенной координате вектора (2) можно найти в виде взвешенной суммы:

$$f_{\tilde{g}^n}(x) = \sum_{k=1}^{K} f_{\tilde{g}_k^n}(x) \cdot w_k \in [0;1]; \quad n = \overline{1,N}, \tag{4}$$

где $w_k = \dfrac{v_k}{v}$ — весовой коэффициент для k-го покупателя, вычисляемый как отношение объема товара, запрашиваемого k-м покупателем, к общему объему товарного спроса $v = \sum_{k=1}^{K} v_k$. Далее будем рассматривать взаимодействие продавца с обобщенным покупательским спросом, а не конкретным покупателем. Правомерность такого подхода показана в [8].

Область значений компонент вектора предложений продавца, одновременно удовлетворяющих обобщенному спросу и ФСО, определяется как пересечение графиков соответствующих функций принадлежности каждой компонентной пары вектора спроса и вектора ФСО [6]. Обозначим этот вектор через $\tilde{s}$. Функция принадлежности пересечения по компоненте n определяется по формуле

$$f_{\tilde{s}}^{n}(x) = \min\left(f_{\tilde{g}}^{n}(x);\ f_{\tilde{q}}^{n}(x)\right). \tag{5}$$

Графическая иллюстрация возможного пересечения показана на *рис. 1.*

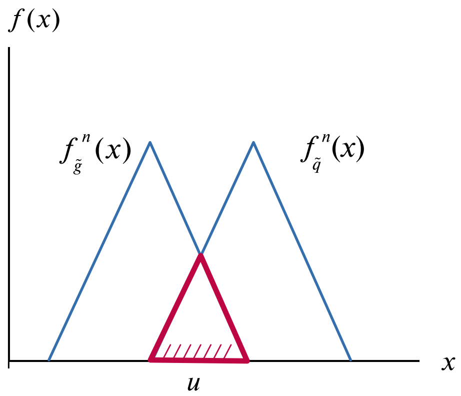

Рис. 1. Графическая иллюстрация примера определения функции принадлежности по компоненте n вектора $\tilde{s}$.

Носитель $u \subseteq x$ функции $f_{\tilde{s}}^{n}(x)$ определяет допустимые значения n-го свойства товара, значения функции $f_{\tilde{s}}^{n}(x) \subseteq [0;1]$ — степень соответствия допустимых значений свойств обобщенному спросу и ФСО продавца. Границы носителя функции, в рамках которых продавец выбирает допустимые значения n-го свойства товара, вычисляются по формулам

$$L(f_{\tilde{s}}^{n}) = \max(L(f_{\tilde{g}}^{n}); L(f_{\tilde{q}}^{n})), \tag{6}$$

$$R(f_{\tilde{s}}^{n}) = \min(R(f_{\tilde{g}}^{n}); R(f_{\tilde{q}}^{n})), \tag{7}$$

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

Подставляя значение x^* n-го свойства конкретного типа товара в функцию (5), получаем степень локального соответствия $f_s^n(x^*)$ по n-му свойству. Для получения соответствия товара допустимым значениям по всей совокупности свойств необходимо агрегировать локальные соответствия:

$$f_s = \underset{n}{\mathrm{agr}}[f_s^n(x^*)] \in [0;1], \tag{8}$$

где agr — оператор агрегирования локальных соответствий.

Выбор оператора агрегирования осуществляется с учетом особенностей предметной области и соответствующих свойств различных операторов. Обзор операторов агрегирования, их свойства и рекомендации по применению можно найти в работах [20–23]. В частности, необходимым свойством оператора агрегирования является выражение $\mathrm{agr}\colon [0,1]^n \to [0,1]$.

В качестве оператора агрегирования предлагается дискретный интеграл Шоке по нечеткой мере [24], который применяется, когда на результат агрегирования влияет величина каждого из свойств товара, а также при необходимости учета взаимодействия свойств друг с другом. Примером является взаимодействие цены и качества товара. Обозначим множество свойств товара как множество их индексов — $M = \{n_i\}$, $i = 1, 2, \ldots, N$ и пусть m — произвольное подмножество M. Учет взаимодействия свойств возможен благодаря тому, что при вычислении интеграла Шоке используется λ-нечеткая мера Сугено, которая задается на множестве M и выражает субъективный вес или значимость каждого подмножества свойств. Она определяется следующим образом [25]

$$\varphi(m) = \frac{\prod_{n\in m}\left(1+\lambda\varphi_n\right)-1}{\lambda} \in [0;1],\ m \subseteq M, \tag{9}$$

где φ_n — коэффициенты важности (веса) отдельно взятых свойств, которые можно определить либо с помощью специальных методов, либо задать экспертным путем [26–29].

Значение λ находится решением следующего уравнения

$$\lambda + 1 - \prod_{n=1}^{N}\left(1 + \lambda\varphi_n\right) = 0, \quad (10)$$

удовлетворяющего условиям $\lambda > -1, \lambda \neq 0$.

Тогда интеграл Шоке для нахождения агрегированного соответствия f_s рассчитывается следующим образом

$$f_s = \underset{n}{\operatorname{agr}}\,[f_s^n(x^*)] =$$
$$= \sum_{n=1}^{N}\left(f_s^{(n)}(x^*) - f_s^{(n-1)}(x^*)\right) \times$$
$$\times \varphi\left(m / f_s^i(x^*) \geq f_s^{(n)}(x^*),\, i \in m\right), \quad (11)$$

где $f_s^{(1)}(x^*),\, f_s^{(2)}(x^*),\, \ldots, f_s^{(N)}(x^*)$ – перестановка элементов $f_s^1(x^*),\, f_s^2(x^*),\, \ldots, f_s^N(x^*)$ такая, что

$$f_s^{(1)}(x^*) \leq f_s^{(2)}(x^*) \leq \ldots \leq f_s^{(N)}(x^*),\; f_s^{(n)}(x^*) = 0.$$

Будем считать, что при $f_s = 0$ сделка не состоится, а при $f_s = 1$ сделка состоится обязательно. Тогда соответствие $f_s \in [0; 1]$ можно интерпретировать как субъективную вероятность совершения сделки, то есть числовую меру ликвидности. Понятие субъективной вероятности (далее вероятность), основанное на экспертном суждении и использовании математических методов обработки этого суждения, широко используется в экономических приложениях, например, [30, 31].

В дальнейшем вероятность сделки для произвольного продавца по j-му конкретному товару, вычисленную по формуле (8), будем обозначать через p_j и учитывать, что p_j является функцией от стратегии q_j продавца (конкретного его предложения) и рассматривается как мера ликвидности товарного предложения.

2. Игровая модель выбора предложения продавца на маркетплейс в условиях конкуренции

До этого мы определяли вероятность сделки для продавца при условии, что на рынке присутствует единственный продавец. Присутствие на рынке других продавцов-конкурентов может существенно изменить эту вероятность.

Рассмотрим взаимодействие продавца, заявителя сервиса, с совокупностью остальных продавцов некоторого однородного товара. Пусть альтернативные варианты товарного предложения (стратегии) продавца представлены соответствующими векторами с различными значениями характеристических свойств однородного товара. Выбор на подмножестве альтернативных стратегий должен производиться с учетом конкурентных предложений совокупности остальных продавцов. Если вся совокупность продавцов на ЭТП достаточно велика, то выбранная стратегия одного, не доминирующего по объему продавца, практически не окажет влияния на выбор продавцов из совокупности. Наоборот, обобщенное предложение совокупности продавцов будет существенно влиять на вероятность сделки одного продавца. Продавец выбирает свою стратегию на некоторый продолжительный временной промежуток, в течение которого обобщенное предложение совокупности продавцов изменяется случайным образом, что обуславливает игровую ситуацию, соответствующую условиям биматричной игры.

Рассматриваются два игрока: продавец, заявитель сервиса, со своим набором стратегий $(q_j, j = \overline{1, J})$ и некий обобщенный продавец, составленный из совокупности продавцов, со своим стратегиями, представленными вариантами обобщенного предложения $(\hat{q}_t, t = \overline{1, T})$.

Платежная матрица продавца-заявителя представлена вероятностями сделок p_{jt}. Платежная матрица обобщенного продавца представлена его вероятностями сделок $\hat{p}_{jt}$. Вероятности $\hat{p}_{jt}$ могут определяться следующим образом. Выполняется покомпонентное обобщение предложений продавцов из совокупности. Предполагая отсутствие доминирования отдельных продавцов на ЭТП, обобщение по каждой компоненте векторов предложений определяется как среднее значение. Выполняется матчинг обобщенного предложения и обобщенного спроса по каждой компоненте, аналогично тому, как это делалось для отдельного продавца и обобщенного спроса. Результаты полученных соответствий агрегируются по формуле (8) с помощью интеграла Шоке (11). Агрегированные соответствия рассматриваются как вероятности $\hat{p}_{jt}$ обобщенного предложения, которые не зависят от предложений продавца-заявителя. Т.е. элементы $\hat{p}_{jt} = \hat{p}_t$.

Формирование обобщенных стратегий осуществляется случайным образом в предположении случайного характера величин характеристических свойств. По выборке значений величин характеристических свойств предложений совокупности продавцов определяется среднее и стандартное отклонение каждого обобщенного свойства. Тогда набор стратегий, например, в предположении о нормальности распределений случайных величин, можно получить с помощью стандартного генератора случайных чисел.

Вероятность p_{jt} сделки для продавца-заявителя в условиях конкуренции очевидно является функцией, зависящей как от вероятности совершения им сделки p_j без учета конкуренции, так и от вероятностей $\hat{p}_{jt}$, то есть $p_{jt} = p_{jt}(p_j; \hat{p}_{jt})$. При этом полагаем, что если вероятность $\hat{p}_{jt}$ продажи товара для обобщенного продавца меньше аналогичной вероятности p_j для продавца-заявителя, то покупатель купит его у продавца-заявителя с вероятностью $p_{jt}(p_j; \hat{p}_{jt}) = p_j$. Если же вероятность продажи товара обобщенным продавцом превосходит p_j для продавца-заявителя, то величина p_j должна уменьшиться, так как, скорее всего, покупатели предпочтут товары совокупности продавцов с более привлекательными значениями характеристик. Вероятность продажи в этом случае для продавца-заявителя можно определять, пользуясь следующими рассуждениями. Рассмотрим полную группу несовместных событий, включающую три ситуации. Первая, когда покупатель купит товар у обобщенного продавца с вероятностью $\hat{p}_{jt}$, вторая, когда товар будет куплен у продавца-заявителя (эту вероятность нам надо найти, $p_{jt}(p_j; \hat{p}_{jt})$), и третья, когда товар не будет куплен ни у обобщенного продавца, ни у продавца-заявителя. Вероятность последней ситуации можно определить как $(1-p_j)(1-\hat{p}_{jt})$. Из условия нормировки

$$p_{jt} + \hat{p}_{jt} + (1-p_j)(1-\hat{p}_{jt}) = 1 \quad (13)$$

находим

$$\begin{aligned} p_{jt} &= 1 - \hat{p}_{jt} - (1-p_j)(1-\hat{p}_{jt}) = \\ &= p_j - p_j \hat{p}_{jt} = p_j(1-\hat{p}_{jt}). \end{aligned} \quad (14)$$

Тогда вероятность сделки для продавца-заявителя в условиях конкуренции

$$p_{jt}(p_j; \hat{p}_{jt}) = \begin{cases} p_j - p_j \hat{p}_{jt}, & p_j \le \hat{p}_{jt}, \\ p_j, & p_j > \hat{p}_{jt}. \end{cases} \quad (15)$$

Например, у продавца-заявителя вероятность продажи 0,21, у обобщенного продавца 0,65. Тогда вероятность продажи в условиях конкуренции у продавца-заявителя

$$p_{jt}(0{,}21;\, 0{,}65) = 0{,}21 \cdot (1 - 0{,}65) = 0{,}0735.$$

Таким образом, предполагается, что заданы конечные множества стратегий продавца-заявителя q_j и обобщенного продавца $\hat{q}_t$. Значения функция выигрышей заданы в виде биматрицы с элементами $A_{jt} = (p_{jt}, \hat{p}_{jt})$. Решение задачи состоит в рациональном выборе стратегии (предложения) продавца-заявителя при случайном изменении стратегий обобщенного продавца.

В качестве критерия рациональности будем рассматривать концепцию равновесия Нэша [32, 33]. Набор смешанных стратегий $q^* = (q_j^*; \hat{q}_t^*)$ называется ситуацией равновесия Нэша в смешанных стратегиях, если выбор любой стороной смешанной стратегии, отличной от той, которая в q^*, приводит к одному из неравенств

$$V_1(p_{jt}; \hat{p}_{jt}^*) \le V_1(p_{jt}^*; \hat{p}_{jt}^*) \quad (16)$$

или

$$V_2(p_{jt}^*; \hat{p}_{jt}) \le V_2(p_{jt}^*; \hat{p}_{jt}^*). \quad (17)$$

где V_1, V_2 – математические ожидания выигрышей продавца-заявителя и обобщенного продавца соответственно.

Приведенные неравенства говорят о том, что отклонение от ситуации равновесия одной стороной не может увеличить ее выигрыш.

3. Численный пример

На примере одного продавца-заявителя и трех покупателей, вычислим равновесную смешанную стратегию продавца-заявителя. Пусть однородный товар характеризуется тремя параметрами (свойствами). Значения параметров, характеризующих ФСО продавца-заявителя, заданы в виде треугольных нечетких чисел в *таблице 1* с указанием левой границы носителя, моды и правой границы носителя соответственно. Носитель нормирован в интервале от 0 до 1.

Таблица 1.

ФСО продавца-заявителя, заданные в виде треугольных нечетких чисел

1 параметр	2 параметр	3 параметр
(0,4; 1; 1)	(0,2; 0,4; 1)	(0,5; 1; 1)

Для покупателей исходные данные приведены в *таблице 2*.

Для определения значений функции принадлежности обобщенного покупательского спроса по каждому параметру по отдельности воспользуемся

Таблица 2.

Характеристики покупательского спроса, заданные треугольными нечеткими числами

Покупатель	Объем товара, запрашиваемого покупателем	1 параметр	2 параметр	3 параметр
1	10	(0,2; 0,4; 1)	(0,2; 0,5; 1)	(0; 0,4; 0,6)
2	4	(0,2; 0,6; 1)	(0,5; 1; 1)	(0,4; 0,4; 1)
3	6	(0,2; 0,2; 0,8)	(0,2; 0,6; 1)	(0; 0; 1)

формулой (4). Для этого разобьём интервал [0, 1] на 10 частей и в каждой точке определим значение функции принадлежности обобщенного покупательского спроса $f_{\tilde{g}^n}(x), n=\overline{1,3}$.

Например, при $x = 0{,}3$ значение функции принадлежности по первому параметру для первого покупателя равно 0,5, для второго 0,25, для третьего 0,833. Веса $w_1 = 10 : (10 + 4 + 6) = 0{,}5$, $w_2 = 0{,}2$, $w_2 = 0{,}3$. Тогда по формуле (4)

$$f_{\tilde{g}^1}(0{,}3) = 0{,}5 \cdot 0{,}5 + 0{,}25 \cdot 0{,}2 + 0{,}833 \cdot 0{,}3 = 0{,}55.$$

На *рис. 2* представлено графическое изображение функции принадлежности для обобщенного спроса по каждому параметру.

Далее находим границы и функции принадлежностей компонент нечеткого вектора предложений продавца $\tilde{s}$, одновременно удовлетворяющих обобщенному спросу и ФСО по формулам (5)–(7). Графики функций принадлежности по каждому параметру $f_{\tilde{s}}^n(x), n=\overline{1,3}$ представлены на *рис. 3*.

Пусть продавец-заявитель предлагает три товара (стратегии) с параметрами, записанными в виде векторов, координаты которых нормированы $q_1 = (0{,}5; 0{,}4; 0{,}8)$, $q_2 = (0{,}4; 0{,}6; 0{,}9)$, $q_3 = (0{,}8; 0{,}5; 0{,}5)$. Тогда, подставляя соответствующие координаты в функции $f_{\tilde{s}}^n(x), n=\overline{1,3}$, находим локальные соответствия $f_s^n(x^*), n=\overline{1,3}$. Для первой стратегии получим вектор локальных соответствий (0,167; 0,483; 0,1267), для второй – (0; 0,267; 0,725), для третьей – (0,267; 0,725; 0).

Агрегируем локальные соответствия с помощью интеграла Шоке по формулам (9)–(11). Для определения из уравнения (10) значения λ, зададим коэффициенты важности параметров товара равными $\varphi_1 = 0{,}3$, $\varphi_2 = 0{,}6$, $\varphi_3 = 0{,}2$. Тогда уравнение (10) примет вид

$$\lambda + 1 - (1 + \lambda \cdot 0{,}3) \cdot (1 + \lambda \cdot 0{,}6) \cdot (1 + \lambda \cdot 0{,}2) = 0,$$

при условиях $\lambda > -1$, $\lambda \neq 0$. Корень уравнения $\lambda = -0{,}286$.

Найдем интеграл Шоке для первой стратегии продавца-заявителя. Упорядочим координаты

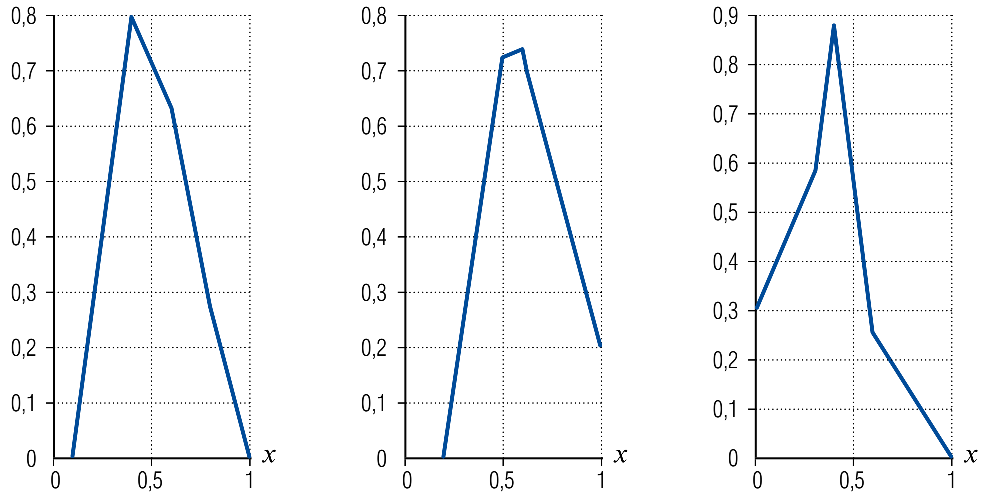

Рис. 2. Графическое представление функции принадлежности обобщенного спроса по каждому параметру.

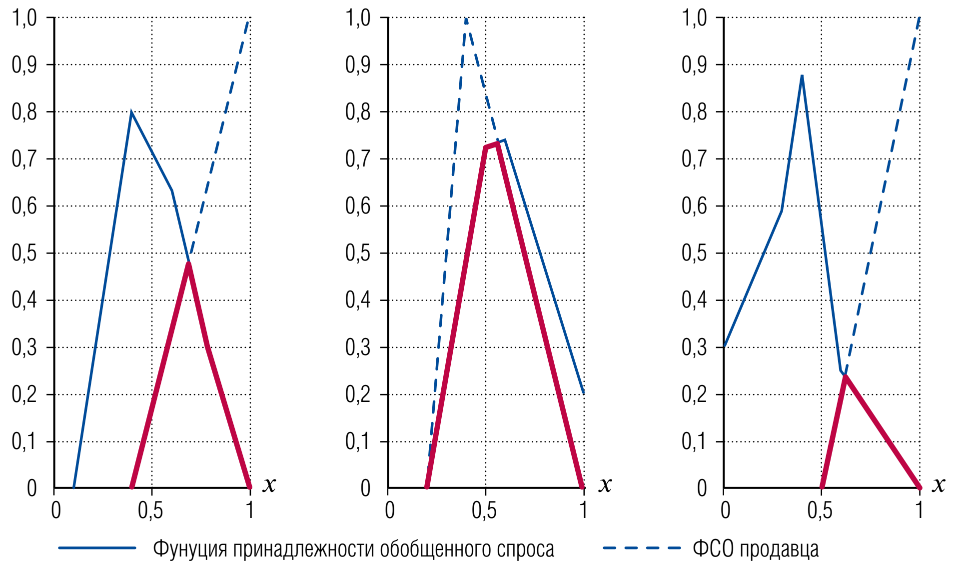

Рис. 3. Графическое представление функций принадлежности пересечения обобщенного спроса и ФСО продавца по каждому параметру.

вектора локальных соответствий по возрастанию $f_s^{(1)} = f_s^3 = 0{,}1267$, $f_s^{(2)} = f_s^1 = 0{,}167$, $f_s^{(3)} = f_s^2 = 0{,}483$. Тогда

$$f_s = (f_s^{(1)} - f_s^{(0)})\cdot\varphi(\{1,2,3\}) + \\ + (f_s^{(2)} - f_s^{(1)})\cdot\varphi(\{1,2\}) + (f_s^{(3)} - f_s^{(2)})\cdot\varphi(\{2\}),$$

где

$$\varphi(\{1,2,3\}) = \\ = \frac{(1-0{,}286\cdot 0{,}3)\cdot(1-0{,}286\cdot 0{,}6)\cdot(1-0{,}286\cdot 0{,}2)-1}{-0{,}286} = 1$$

(формула (9));

$$\varphi(\{1,2\}) = \frac{(1-0{,}286\cdot 0{,}3)\cdot(1-0{,}286\cdot 0{,}6)-1}{-0{,}286} = 0{,}8485;$$

$$\varphi(\{2\}) = 0{,}6.$$

В результате

$$f_s = \left(f_s^{(1)} - f_s^{(0)}\right)\cdot\varphi(\{1,2,3\}) + \\ + \left(f_s^{(2)} - f_s^{(1)}\right)\cdot\varphi(\{1,2\}) + \left(f_s^{(3)} - f_s^{(2)}\right)\cdot\varphi(\{2\}) = \\ = \left(0{,}1267 - 0\right)\cdot 1 + \left(0{,}167 - 0{,}1267\right)\cdot 0{,}8485 + \\ + \left(0{,}483 - 0{,}167\right)\cdot 0{,}6 = 0{,}35.$$

Аналогично, для второй стратегии интеграл Шоке равен $f_s = 0{,}41$, для третьей – $f_s = 0{,}501$.

Получим вероятности сделки для продавца-заявителя по каждому товару:

$$p_1 = 0{,}35,\ p_2 = 0{,}41,\ p_3 = 0{,}501. \qquad (18)$$

Теперь рассмотрим обобщенного продавца – конкурентов для продавца-заявителя, предлагающих однородный товар. Предположим, что у обобщенного продавца три стратегии $\hat{q}_t, t = \overline{1,3}$, а вероятности сделки для каждой из них $\hat{p}_1 = 0{,}414$, $\hat{p}_2 = 0{,}374$, $\hat{p}_3 = 0{,}264$.

Вероятности (18) для продавца-заявителя были получены при условии отсутствия конкуренции. В условиях конкуренции для продавца-заявителя необходимо найти значения функции (15), которые подставляются в качестве его выигрышей в биматрицу.

Так как $p_1 = 0{,}35 < \hat{p}_1 = 0{,}414$, то по формуле (15) $p_{11} = 0{,}35 - 0{,}35 \cdot 0{,}414 = 0{,}205$, в то же время $p_{13} = 0{,}35$, так как $p_1 = 0{,}35 > \hat{p}_3 = 0{,}246$. Аналогично рассчитываются остальные выигрыши продавца-заявителя.

В результате биматричная игра примет вид

$$\left(\begin{array}{cccc} & \hat{q}_1 & \hat{q}_2 & \hat{q}_3 \\ q_1 & (0{,}205; 0{,}414) & (0{,}219; 0{,}374) & (0{,}35; 0{,}264) \\ q_2 & (0{,}240; 0{,}414) & (0{,}41; 0{,}374) & (0{,}41; 0{,}264) \\ q_3 & (0{,}501; 0{,}414) & (0{,}501; 0{,}374) & (0{,}501; 0{,}264) \end{array}\right). \qquad (19)$$

Заметим, что нас будет интересовать только выбор стратегии продавца-заявителя.

Решение биматричной игры с помощью методики нахождения ситуации равновесия по Нэшу в смешанных стратегиях [32, 33], дает равновесную ситуацию в чистых стратегиях для продавца-заявителя (1; 0; 0) с ценой игры 0,501. То есть продавцу-заявителю следует выставить на продажу первый товар с характеристиками $q_1 = (0,5;\ 0,4;\ 0,8)$, вероятность продажи с учетом конкуренции будет равна 0,501. У обобщенного продавца равновесие достигается в чистых стратегиях (1; 0; 0) с ценой игры 0,414.

Необходимо отметить, что методика вычисления равновесия по Нэшу достаточно громоздка и ее вычислительная сложность возрастает с ростом размерности решаемых задач.

Приведенный результат может быть получен с использованием более простого приема. В [34] показано, что в игре 2 × 2 тот же результат можно получить каждой стороне исходя только из матриц своих выигрышей. Для этого необходимо разбить биматричную игру на две обычные матричные игры с нулевой суммой. Каждый игрок может рассчитать из матрицы своих выигрышей оптимальный средний выигрыш, совпадающий с выигрышем при равновесной ситуации, по своей матрице игрок может найти и оптимальную стратегию другого игрока, но не свою. В нашем случае рассмотрим матрицы 3×3:

$$A = \begin{pmatrix} 0,205 & 0,219 & 0,35 \\ 0,240 & 0,41 & 0,41 \\ 0,501 & 0,501 & 0,501 \end{pmatrix}$$

$$\text{и } B = \begin{pmatrix} 0,414 & 0,414 & 0,414 \\ 0,374 & 0,374 & 0,374 \\ 0,264 & 0,264 & 0,264 \end{pmatrix}. \qquad (20)$$

Найдем решение матричной игры в смешанных стратегиях для обобщенного продавца, с использованием матрицы A. Для этого обозначим через $(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3)$ – вектор вероятностей применения обобщенным продавцом соответствующих стратегий, а через v – цену игры. Сделав замену, $x_1 = \alpha_1/v$, $x_2 = \alpha_2/v$, $x_3 = \alpha_3/v$, составим задачу линейного программирования:

$$F = x_1 + x_2 + x_3 \to \max,$$

при ограничениях

$$\begin{cases} 0,205x_1 + 0,219x_2 + 0,35x_3 \le 1, \\ 0,240x_1 + 0,41x_2 + 0,41x_3 \le 1, \\ 0,501x_1 + 0,501x_2 + 0,501x_3 \le 1. \end{cases}$$

Решение данной задачи $x_1 = 1,996$, $x_2 = 0$, $x_3 = 0$.

Цена игры $v = \dfrac{1}{x_1 + x_2 + x_3} = \dfrac{1}{1,996} = 0,501.$

При переходе к вероятностям, получаем $\alpha_1 = 1$, $\alpha_2 = 0$, $\alpha_3 = 0$. Следовательно, решение в чистых стратегиях для обобщенного продавца (1; 0; 0). Цена игры для продавца-заявителя 0,501. Полученные чистые стратегии обобщенного продавца и цена игры для продавца-заявителя совпадают со стратегиями и ценой игры, найденными при решении биматричной модели с помощью методики вычисления равновесия по Нэшу.

Найдем решение матричной игры в смешанных стратегиях для продавца-заявителя, с использованием матрицы B. Для этого обозначим через $(\beta_1, \beta_2, \beta_3)$ – вектор вероятностей применения продавцом-заявителем соответствующих стратегий, а через v – цену игры. Тогда задача линейного программирования для решения игры в смешанных стратегиях с учетом замены переменных, как в предыдущей модели, примет вид:

$$F = x_1 + x_2 + x_3 \to \max,$$

при ограничениях

$$\begin{cases} 0,414x_1 + 0,414x_2 + 0,414x_3 \le 1, \\ 0,374x_1 + 0,374x_2 + 0,374x_3 \le 1, \\ 0,264x_1 + 0,264x_2 + 0,264x_3 \le 1. \end{cases}$$

Решение данной задачи $x_1 = 2,4$, $x_2 = 0$, $x_3 = 0$.

Цена игры $v = \dfrac{1}{x_1 + x_2 + x_3} = \dfrac{1}{2,4} = 0,414.$

Следовательно, получаем решение в чистых стратегиях для продавца-заявителя (1; 0; 0). То есть в условиях конкуренции, оптимальная стратегия для него – первая. Цена игры для обобщенного продавца равна 0,414. Полученное решение так же совпадает с решением, найденным ранее для биматричной игры с использованием методики вычисления ситуации равновесия по Нэшу.

Таким образом, можно упростить процедуру нахождения ситуации равновесия по Нэшу в смешанных стратегиях, сведя решение биматричной игры к решению двух с игр нулевой суммой с платежными матрицами (20).

Заключение

Проведенные исследования позволили получить комплекс моделей поддержки принятия решений продавца при формировании товарного предложения по однородному товару на маркетплейс в условиях конкуренции. Формирование предложения осуществляется в два этапа. Сначала продавец, получая информацию об обобщенном спросе, и, зная свои функционально-стоимостные ограничения, с помощью предложенных моделей, может определить допустимые области значений характеристик однородного товара, при которых обеспечивается не нулевая ликвидность. Опираясь на них, он может сформировать альтернативные варианты своих товарных предложений – товарные стратегии. Выбор товарной стратегии в условиях конкуренции осуществляется в рамках теоретико-игровой модели дуополии с использованием критерия Нэша. На примере показано, что можно упростить процедуру нахождения ситуации равновесия по Нэшу в смешанных стратегиях, сведя решение биматричной игры к решению двух с игр нулевой суммой. ■

Литература

1. Интеллектуальные помощники маркетплейсов: как безопасно принимать решения в эпоху перемен. [Электронный ресурс]: https://www.tadviser.ru/a/683081 (дата обращения 14.09.2022).

2. Проведение параметрической попозиционной закупки (b2b-center.ru). [Электронный ресурс] https://www.b2b-center.ru/help/ (дата обращения 15.10.2022).

3. Автоматизация процесса закупок на предприятии. [Электронный ресурс]: https://www.agora.ru/avtomatizaciya-zakupok/?ysclid=l3uqm2ggxd (дата обращения 29.10.2022).

4. The Marketplace Glossary (a16z.com). [Электронный ресурс]: https://a16z.com/2020/02/18/marketplace-glossary/ (дата обращения 21.10.2022).

5. Сервисы аналитики для продавцов на маркетплейсах – сервисы на vc.ru. [Электронный ресурс]: https://vc.ru/services/106305-servisy-analitiki-dlya-prodavcov-na-marketpleysah (дата обращения 15.10.2022).

6. Matveev M., Podvalny S., Yadgarova Y. Automated service for product offer creation on the e-trading platform with marketplace technology // Proceedings of the 2nd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA). 2020. P. 672–676. https://doi.org/10.1109/SUMMA50634.2020.9280787

7. Матвеев М.Г., Шмелев М.А., Алейникова Н.А. Информационные технологии формирования сервисов на электронной торговой площадке // Вестник Воронежского государственного университета. 2021. Сер. Системный анализ и информационные технологии. № 1. С. 63–73. https://doi.org/10.17308/sait.2021.1/3371

8. Матвеев М.Г. Информационные технологии формирования предложения на электронной торговой площадке с технологией маркетплейс // Экономика и математические методы. 2021. Т. 57. № 1. С. 105–112. https://doi.org/10.31857/S042473880009719-9

9. Алейникова Н.А., Матвеев М.Г. Цифровая технология организации централизованных закупок // Экономика и математические методы. 2022. Т. 58. № 1. С. 70–79. https://doi.org/10.31857/S042473880018980-7

10. Сопоставление товаров (матчинг). [Электронный ресурс]: https://marketparser.ru/sopostavlenie-tovarov-(matching).html (дата обращения 10.11.2022).

11. Tirole J. The theory of industrial economics. Mass.: MIT Press, 1988.

12. Choi J.C., Shin H.S. A comment on a model of vertical product differentiation // The Journal of Industrial Economics. 1992. Vol. 60. P. 229–231.

13. Wauthy X. Quality choice in models of vertical differentiation // The Journal of Industrial Economics. 1996. Vol. 3. P. 345–355.

14. Дмитриенко К.Ю. Моделирование оптимального поведения фирмы на рынке олигополии при условии неценовой дифференциации товара // Вестник НГУ. Сер. «Социально-экономические науки». 2009. Т. 9. Вып. 1. С. 42–53.

15. Зенкевич Н.А., Гладкова М.А. Теоретико-игровая модель конкуренции «качество-цена» на отраслевом рынке // Вестник Санкт-Петербургского университета. 2007. Сер. 8. Вып. 4. С. 3–31.

16. Гладкова М.А., Зенкевич Н.А., Березинец И.В. Модель целевого выбора качества продукта и ее апробация для систем интернет-трейдинга // Вестник Санкт-Петербургского университета. 2010. Сер. 8. Вып.2. С. 55–77.

17. Малютина Т.Д. Равновесные инвестиционные стратегии фирм в вертикально дифференцированной дуополии Штакельберга // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. 2013. № 12(60). С. 1–21.

18. Аганин Ю.И. Оптимальное управление инвестициями в динамических моделях дуополии // Вестник Университета. 2017. №7–8. С. 146–152.

19. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976.

20. Сакулин С.А. Визуализация оператора агрегирования на основе интеграла Шоке по нечетной мере 2-го порядка // Вестник ИрГТУ. 2007. № 2 (30). С. 45–51.

21. Сакулин С.А., Алфимцев А.Н. К вопросу о практическом применении нечетких мер и интеграла Шоке // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. Приборостроение. 2012. Спец. вып. 4: «Компьютерные системы и технологии». С. 55–63.

22. Grabisch M., Marichal JL., Mesiar R., Pap E. Aggregation functions. Cambridge University Press, 2009.

23. Леденева Т.М., Подвальный С.Л. Агрегирование информации в оценочных системах // Вестник ВГУ. Сер. «Системный анализ и информационные технологии». 2016. № 4. С. 155–164.

24. Detyniecki M. Mathematical aggregation operators and their application to video querying. Thesis for the degree Docteur de l'Universite Paris VI. Pierre and Marie Curie University, 2000.

25. Ягер Р.Р. Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения. М.: Радио и связь, 1986.

26. Sicilia M., Garsia E., Calvo T. An inquiry-based method for choquet integral-based aggregation of interface usability parameters // República Checa Kybernetica. 2003. Vol. 39(5). P. 601–614.

27. Grabisch M., Orlovski S., Yager R. Fuzzy aggregation of numerical preferences // Handbook of Fuzzy Sets Series / R. Slowinski (ed). Dordrecht: Kluwer Academic. 1998. Vol. 4: Fuzzy Sets in Decision Analysis, Operations Research and Statistics. P. 31–68.

28. Grabisch M., Nguyen H. T., Walker E. A. Fundamentals of uncertainty calculi with applications to fuzzy inference. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1995.

29. Grabisch M. The application of fuzzy integrals in multicriteria decision making // European journal of operational research. 1996. Vol. 89. P. 445–456. https://doi.org/10.1016/0377-2217(95)00176-X

30. Пиндайк Р., Рубинфельд Д. Микроэкономика: Пер. с англ. М.: Дело, 1992.

31. Нефтепространство и рынок: термины и определения. Проблемно ориентированный терминологический словарь / [Под ред. А.М. Шаммазова, Ю.А Фролова]. Изд. УГНТУ, 2000.

32. Петросян Л.А., Зенкевич Н.А., Семина Е.А. Теория игр. М.: Высш. шк., Книжный дом «Университет», 1998.

33. Губко М.В., Новиков Д.А. Теория игр в управлении организационными системами. М.: ИПУ РАН, 2005.

34. Шикин Е.В., Чхартишвили А.Г. Математические методы и модели в управлении. М.: Дело, 2002.

Об авторах

Матвеев Михаил Григорьевич

доктор технических наук, профессор;

заведующий кафедрой информационных технологий управления, Воронежский государственный университет, 394018, Россия, г. Воронеж, Университетская площадь, 1;

E-mail: mgmatveev@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-6528-6420

Алейникова Наталья Александровна

кандидат физико-математических наук, доцент;

доцент, кафедра информационных технологий управления, Воронежский государственный университет, 394018, Россия, г. Воронеж, Университетская площадь, 1;

E-mail: balbashovan@mail.ru

ORCID: 0000-0001-5967-8260

Титова Мария Дмитриевна

магистрант 2-го года обучения, кафедра информационных технологий управления, Воронежский государственный университет, 394018, Россия, г. Воронеж, Университетская площадь, 1;

E-mail: 29_06_titova@mail.ru,

ORCID: 0000-0002-4647-7803

Decision support technology for a seller on a marketplace in a competitive environment

Mikhail G. Matveev
E-mail: mgmatveev@yandex.ru

Natalya A. Aleynikova
E-mail: balbashovan@mail.ru

Maria D. Titova
E-mail: 29_06_titova@mail.ru

Voronezh State University
Address: 1, Universitetskaya pl., Voronezh 394018, Russia

Abstract

This article deals with the problem of improving the effectiveness of a marketplace. The stakeholders of a marketplace are buyers and sellers. The objects are the aggregate of homogeneous products. The effectiveness of the trading platform, which can be characterized by the number of transactions made, will depend on how sufficiently the sellers put up offers. The paper looks at mathematical models to support the decision-making of the seller in making such offers. Focusing not only on the buyer demand but also on the presence of competitors on the site is a distinguishing feature of the models. To describe the competition, the apparatus of game theory is offered, namely the normal form of the game with a bimatrix model with two players: the seller – customer of service and the coalition of other sellers. To match offer and demand, as well as to find the probability of a transaction, fuzzy set theory and aggregation using the Choquet integral are used.

Keywords: electronic trading platform, marketplace, homogeneous product, linguistic variable, aggregation operator, Choquet integral, bimatrix game, solution in mixed strategies

Citation: Matveev M.G., Aleynikova N.A. Titova M.D. (2023) Decision support technology for a seller on a marketplace in a competitive environment. *Business Informatics*, vol. 17, no. 2, pp. 41–54. DOI: 10.17323/2587-814X.2023.2.41.54

References

1. *Intelligent marketplace assistants: how to make decisions safely in an era of change.* Available at: https://www.tadviser.ru/a/683081 (accessed 14 September 2022).

2. *Conducting parametric positional procurement (b2b-center.ru).* Available at: https://www.b2b-center.ru/help/ (accessed 15 October 2022).

3. *Automation of the procurement process at the enterprise.* Available at: https://www.agora.ru/avtomatizaciya-zakupok/?ysclid=l3uqm2ggxd (accessed 22 September 2022).

4. *The Marketplace Glossary (a16z.com).* Available at: https://a16z.com/2020/02/18/marketplace-glossary/ (accessed 16 October 2022).

5. *Analytics services for sellers on the Marketplace*. Available at: https://vc.ru/services/106305-servisy-analitiki-dlya-prodavcov-na-marketpleysah (accessed 10 October 2022).

6. Matveev M., Podvalny S., Yadgarova Y. (2020) Automated service for product offer creation on the e-trading platform with marketplace technology. Proceedings of the *2nd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency, Summa 2020 Virtual, Lipetsk, 10–13 November 2020*, pp. 672–676.

7. Matveev M., Shmelev M., Aleynikova N. (2021) Information technologies for formation of services on e-traiding platform. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Systems Analysis and Information Technologies*, no. 1, pp. 63–73 (in Russian).

8. Matveev M. (2021) Information technologies for supply creation on e-trading platform with marketplace technology. *Economics and Mathematical Methods*, vol. 57, no. 1, pp. 105–112 (in Russian).

9. Aleynikova N., Matveev M. (2022) Digital technology of centralized procurement organization. *Economics and Mathematical Methods*, vol. 58, no. 1, pp. 70–79 (in Russian).

10. *Matching of goods (matching)*. Available at: https://marketparser.ru/sopostavlenie-tovarov-(matching).html (accessed 17 October 2022).

11. Tirole J. (1988) *The theory of industrial economics*. Mass.: MIT Press.

12. Choi J.C., Shin H.S. (1992) A comment on a model of vertical product differentiation. *The Journal of Industrial Economics*, vol. 60, pp. 229–231.

13. Wauthy X. (1996) Quality choice in models of vertical differentiation. *The Journal of Industrial Economics*, vol. 3, pp. 345–355.

14. Dmitrienko K.Yu. (2009) Modeling of optimal firm's behavior on oligopolistic market under non-price product differentiation. *World of Economics and Management*, vol. 9, pp. 42–53 (in Russian).

15. Zenkevich N.A., Gladkova M.A. (2007) Game-theoretical model «Quality – Price» under competition on the industry market. *Vestnik of Saint Petersburg University*, vol. 8, pp. 3–31 (in Russian).

16. Gladkova M.A., Zenkevich N.A., Berezinets I.V. (2010) Model of product quality choice and internet-trading case study. *Vestnik of Saint Petersburg University*, vol. 8, pp. 55–77 (in Russian).

17. Malyutina T.D. (2013) Equilibrium investment strategies of firms in the vertically differentiated duopoly of Stackelberg. *Management of economic systems: electronic scientific journal*, vol. 12(60), pp. 1–21 (in Russian).

18. Aganin Yu. (2017) Optimal control of investments in a dynamic models of duopoly. *Vestnik Universiteta (Gosudarstvennyi universitet upravleniya)*, nos. 7–8, pp. 146–152 (in Russian).

19. Zadeh L. (1976) *The concept of a linguistic variable and its application to making approximate decisions*. Moscow: Mir (in Russian).

20. Sakulin S. (2007) Visualization of the aggregation operator based on the Shoquet integral by a fuzzy measure of the 2nd order. *Bulletin of Irkutsk State Technical University*, no. 2, pp. 45–51 (in Russian).

21. Sakulin S., Alfimcev A. (2012) On the practical application of fuzzy measures and the Shoke integral. *Bulletin of the Bauman Moscow State Technical University*, vol. 4: Computer systems and technologies, pp. 55–63 (in Russian).

22. Grabisch M., Marichal JL., Mesiar R., Pap E. (2009) *Aggregation functions*. Cambridge University Press.

23. Ledeneva T., Podvalniy S. (2016) The aggregation of information in evaluation systems. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Systems Analysis and Information Technologies*, no. 4, pp. 155–164 (in Russian).

24. Detyniecki M. (2000) *Mathematical aggregation operators and their application to video querying*. Thesis for the degree Docteur de l'Universite Paris VI. Pierre and Marie Curie University.

25. Yager R. (1986) *Fuzzy sets and possibility theory. Resent developments*. Moscow: Radio and Communications (in Russian).

26. Sicilia M., Garsia E., Calvo T. (2003) An inquiry-based method for choquet integral-based aggregation of interface usability parameters. *República Checa Kybernetica*, vol. 39(5), pp. 601–614.

27. Grabisch M., Orlovski S., Yager R. (1998) Fuzzy aggregation of numerical preferences. *Handbook of Fuzzy Sets Series (ed. R. Slowinski), Dordrecht: Kluwer Academic*. Vol. 4: Fuzzy Sets in Decision Analysis, Operations Research and Statistics, pp. 31–68.

28. Grabisch M., Nguyen H. T., Walker E. A. (1995) *Fundamentals of Uncertainty Calculi with Applications to Fuzzy Inference*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

29. Grabisch M. (1996) The application of fuzzy integrals in multicriteria decision making. *European Journal of Operational Research*, vol. 89, no. 3, pp. 445–456.

30. Pindyck R., Daniel L. (2013) *Microeconomics*. Pearson Education.

31. Shammazova A.M., Frolova Yu.A. (2000) *Oil space and market: terms and definitions. Problem-oriented terminology dictionary*. Ufa: USNTU (in Russian).

32. Petrosyan L., Zenkevich N., Semina E. (1998) *Game theory.* Moscow: Higher school (in Russian).

33. Goubko M., Novilov D. (2002) *Game theory for control mechanisms in organizations.* Moscow: Institute of Control Sciences of the Russian Academy of Sciences (in Russian).

34. Shikin E., Chkhartishvili A (2002) *Mathematical methods and models in management.* Moscow: Delo (in Russian).

About the authors

Mikhail G. Matveev

Dr. Sci. (Tech.), Professor;

Head of Department of Information Technologies in Management, Voronezh State University, 1, Universitetskaya pl., Voronezh 394018, Russia;

E-mail: mgmatveev@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-6528-6420

Natalya A. Aleynikova

Cand. Sci. (Physics and Mathematics);

Associate Professor, Information Technologies in Management, Voronezh State University, 1, Universitetskaya pl., Voronezh 394018, Russia;

E-mail: balbashovan@mail.ru

ORCID: 0000-0001-5967-8260

Maria D. Titova

Master student, Information Technologies in Management, Voronezh State University, 1, Universitetskaya pl., Voronezh 394018, Russia;

E-mail: 29_06_titova@mail.ru

ORCID: 0000-0002-4647-7803