



# ИДЕНТИФИКАЦИЯ МОДЕЛИ ПОКУПАТЕЛЬСКОГО ПОВЕДЕНИЯ НА ОСНОВЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ВЫБОРА ТОВАРА ПОТРЕБИТЕЛЯМИ

УДК 519.81

**ПЕТРОВ Константин Эдуардович**

д.т.н., доцент, начальник кафедры информатики и информационных систем и технологий в деятельности ОВД Харьковского национального университета внутренних дел.

**Научные интересы:** методы принятия решений, оптимизация организационных систем.

**e-mail:** kept@mail.ru

## ВВЕДЕНИЕ

Успешное развитие любого бизнеса базируется на поиске постоянных преимуществ над конкурентами, а конкурентоспособность в свою очередь предполагает всестороннее исследование потребителей.

Изучение потребителей позволяет лучше понять предпочтения покупателей, их мотивацию при выборе того или иного продукта. Такая информация жизненно необходима для успешной деятельности любой компании, так как в результате предприятие сможет выпускать конкурентоспособный продукт, соответствующий ожиданиям и требованиям потребителей, что в свою очередь благоприятно сказывается на объемах продаж и размере получаемой прибыли.

Для качественной формализации процесса принятия решения о покупке необходимо получить информацию о том кто, что, где, как, когда и почему покупает, степень важности различных характеристик товара для потребителя, а также выяснить его намерения. Изучение и анализ информации о поведении различных категорий потребителей в процессе и после совершения покупки необходим для правильной интерпретации данных о продажах, а также оценки результатов позиционирования продукта на рынке.

В настоящее время для получения развернутой оценки отношения к товарам определенного типа (их

полезности для потребителей) обычно используются методы, которые основываются на композиционном и декомпозиционном подходах [1, 2].

Идея композиционного подхода заключается в определении значений обобщенной полезности на основе измерений значимости и полезности определенных (частных) характеристик товара, полученных путем изучения мнений потребителей, учитывающих их индивидуальные предпочтения. Далее осуществляется свертывание оценок полезности отдельных частных характеристик товара в некоторую обобщенную, интегральную оценку.

Инструментарием реализации этого подхода является интроспективный анализ поведения потребителей, которые путем опросов, интервью, анкетирования побуждаются к структурированию и осознанию мотивов и предпочтений при выборе продукта (так называемые методы экспертного оценивания). Данные методы получения информации достаточно субъективны, трудоемки, дорогостоящи, сильно коррелированы с составом группы потребителей, в которой проводится исследование, мотивацией потребителей, а также методикой проведения исследования.

Декомпозиционный подход развивается в направлении противоположном композиционному и начинается с определения предпочтительности для потребителя товаров определенного типа, совокупности харак-

теристик которых заранее известны. Далее находятся, лежащие в основе этой предпочтительности, значения частных полезностей для каждой характеристики. Для конкретного покупателя обобщенная полезность товара определенного типа равна сумме значений ее частных полезностей. Частные полезности ассоциируются как с важностью каждой частной характеристики, так и с ее значением для каждого товара. При реализации декомпозиционного подхода регистрируется реакция потребителей на различные марки товара, которые описывается с помощью различных значений однотипных частных характеристик присущих определенной группе товаров. Таким образом информация, полученная от потребителей сводится к ранжированию предпочтений в отношении рассматриваемых марок товара. Следующей аналитической задачей является определение частной полезности для каждой характеристики, и затем, воссоздание структуры предпочтений потребителя по всем характеристикам, описывающим изучаемые марки товара.

Декомпозиционный подход лишен значительной части тех недостатков, которые присущи композиционному подходу, однако позволяет оперировать со значительно меньшим объемом информации, полученной от потребителей, так как не предполагает непосредственного контакта с ними.

Рассмотренные выше подходы не являются взаимоисключающими. Они могут быть плодотворно использованы (по отдельности или совместно) в зависимости от конкретной ситуации.

Данная статья посвящена разработке метода идентификации модели поведения потребителей на основе декомпозиционного подхода.

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Группе потребителей предлагается некоторое ограниченное множество товаров различных марок одинакового функционального назначения (например, мобильные телефоны, автомобильные покрышки и т. п.)  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ , каждый из которых описывается набором разнородных частных характеристик  $K(x_i) = \langle k_1(x_i), k_2(x_i), \dots, k_m(x_i) \rangle$ ,  $i = \overline{1, n}$ . Эти характеристики достаточно полно отражают качество, надежность, функциональные свойства, безопасность,

экономичность и т. п. предлагаемого товара и, кроме того, допускают их объективное количественное измерение.

Проблема связанная с сегментированием потребителей является отдельной задачей и в статье не рассматривается.

Пусть известна статистика продаж товара каждой марки  $x_i \in X$  для определенного сегмента потребителей.

Необходимо построить модель поведения потребителей данного сегмента и идентифицировать её параметры. При этом под моделью поведения потребителя будем понимать математическую модель, определяющую его выбор той или иной марки товара из рассматриваемого множества  $X$ .

### СТРУКТУРНАЯ И ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПОКУПАТЕЛЬСКОГО ПОВЕДЕНИЯ

С точки зрения теории поведения потребителя [3], каждой марке товара  $x_i$ ,  $i = \overline{1, n}$  из множества  $X$  можно поставить в соответствие некоторую обобщенную многофакторную оценку  $P(x_i)$ . Эта обобщенная оценка выражает степень "полезности" товара конкретной марки для потребителя. Формально, такую обобщенную оценку, в общем виде, можно выразить в виде некоторой функции полезности следующим образом:

$$P(x_i) = F[A, K(x_i)], \quad i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

где  $A = \langle a_1, a_2, \dots, a_t \rangle$  – кортеж параметров (коэффициенты относительной важности частных характеристик и их комплексов).

Предполагается, что каждый потребитель осуществляет выбор "наилучшей" марки товара без объяснения причин своего выбора. Таким образом, потребитель из всех возможных альтернативных вариантов  $x_i \in X$ ,  $i = \overline{1, n}$  выбирает марку товара  $x^0 \in X$  с максимальным значением функции полезности, т. е.

$$x^0 = \arg \max_{x_i \in X} P(x_i) \quad (2)$$

На основе только этой информации необходимо определить важность для потребителя тех или иных частных характеристик и их комплексов (т. е. их относительных "весовых коэффициентов"  $A$ ).

Функция полезности (1), а также критерий выбора (2) определяют математическую модель поведения потребителя.

Следовательно, задача идентификации модели (1) – (2), состоит, во-первых, в выборе и обосновании вида функции  $F[\dots]$ , а во-вторых в определении значений ее параметров  $A$ .

Как показано в работе [4] в качестве функции  $F[\dots]$  целесообразно выбрать полином Колмогорова-Габора или некоторый его фрагмент. Тогда, модель обобщенной многофакторной оценки некоторой марки товара  $x_i \in X, i = \overline{1, n}$  можно записать в виде:

$$P(x_i) = a_0 + \sum_{j=1}^m a_j k_j^H(x_i) + \sum_{j=1}^m \sum_{q=1}^m a_{jq} k_j^H(x_i) k_q^H(x_i) + \sum_{j=1}^m \sum_{q=1}^m \sum_{r=1}^m a_{jqr} k_j^H(x_i) k_q^H(x_i) k_r^H(x_i) + \dots \quad (3)$$

где  $K^H(x_i) = \langle k_1^H(x_i), k_2^H(x_i), \dots, k_m^H(x_i) \rangle$  – нормированные значения частных характеристик товара;  $a_j$  – безразмерные коэффициенты относительной важности нормированных частных характеристик  $k_j^H(x_i)$ , которые удовлетворяют условиям

$$a_j, a_{jq}, a_{jqr}, \dots \in [0, 1], j, q, r, \dots = \overline{1, m}; \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^m a_j + \sum_{j=1}^m \sum_{q=1}^m a_{jq} + \sum_{j=1}^m \sum_{q=1}^m \sum_{r=1}^m a_{jqr} + \dots = 1.$$

Нормирование частных характеристик необходимо, так как, в общем случае, они имеют различные размерность, интервал изменений и направление доминирования. Это нормирование можно осуществить таким образом:

$$k_j^H(x_i) = \frac{k_j(x_i) - k_j^-(x_i)}{k_j^+(x_i) - k_j^-(x_i)}, j = \overline{1, m}, \quad i = \overline{1, n}, \quad (5)$$

где  $k_j(x_i)$ ,  $k_j^-(x_i)$ ,  $k_j^+(x_i)$  – соответственно действительное (абсолютное), "наихудшее" и "наилучшее" значения  $j$ -й частной характеристики.

Главным достоинством модели (3) является то, что с ее помощью можно реализовать как простейшие аддитивные и мультипликативные принципы форми-

рования функций обобщенной полезности, так и более сложные аддитивно-мультипликативные. Это бывает необходимо в случае рассмотрения не только отдельных частных характеристик альтернатив, но и их комплексов.

Выберем фрагмент полинома, который наиболее полно отвечает целям настоящего исследования. Для этого положим  $a_0 = 0$  (при нулевых значениях характеристик  $k_j^H(x_i)$  "полезность" любого товара равна нулю) и ограничимся учетом членов только первого порядка. Как показала практика, использование простейшей аддитивной модели является в данном случае оправданным из-за небольшого объема информации полученной в ходе наблюдения за поведением потребителей при выборе товара. Однако это не исключает использования более сложных моделей с членами второго, третьего и более высоких порядков, учитывающих взаимовлияние частных характеристик, в случае, если удастся получить больше информации от покупателей. Это возможно при проведении более детальных исследований, таких как непосредственные опросы и различные анкетирования.

Таким образом, в рамках "усеченного" полинома (3), вида

$$P(x_i) = \sum_{j=1}^m a_j k_j^H(x_i) \quad (6)$$

проведем параметрическую идентификацию модели формирования многофакторной скалярной оценки "полезности" продукта.

В рассматриваемом случае, мы можем зафиксировать только поведение потребителей, проявляющееся в выборе одной из марок товаров. Это обстоятельство требует развития принципиально нового подхода к решению задачи параметрической идентификации. Такой подход может быть разработан на основе применения метода компараторной идентификации [4].

Идея этого подхода заключается в следующем. Пусть из множества допустимых альтернатив  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  наибольшее число голосов потребителей получил товар  $x_v \in X$ . В соответствии с основными постулатами теории полезности и принятой гипотезе процесса выбора (2) можно записать, что

$$P(x_v) > P(x_i), \forall i = \overline{1, n}, v \in I_n, i \neq v$$

или

$$P(x_v) - P(x_i) > 0, \forall i = \overline{1, n}, v \in I_n, i \neq v. \quad (7)$$

Таким образом, получаем систему из  $n - 1$  линейных неравенств.

Система неравенств (7) определяет выпуклый многогранник на гиперплоскости  $\sum_{j=1}^m a_j = 1$ . Любая точка

$(a_1, a_2, \dots, a_m)$ , удовлетворяющая этой системе является решением задачи. Это означает, что задача идентификации параметров модели (6) является не корректной по Адамару (т.е. в общем случае, не имеет единственного решения). Для ее регуляризации примем в качестве единственного решения чебышевскую или среднюю точки [4]. Экспериментальная проверка показала, что данные решения обладают высокой устойчивостью и имеют близкие к реальным значения.

### ИЛЛЮСТРАТИВНЫЙ ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЯ РАЗРАБОТАННОГО МЕТОДА

Для иллюстрации работоспособности и проверки адекватности и точности предлагаемого метода идентификации модели поведения потребителя рассмотрим следующий пример.

Для десяти марок товара  $X = \{x_i\}, i = \overline{1, 10}$  с помощью датчика случайных чисел были получены значения их нормализованных частных характеристик  $K^H(x_i) = \langle k_j^H(x_i) \rangle, j = \overline{1, 5}$ . Кроме того, также случайным образом был получен кортеж весовых коэффициентов  $\langle a_j \rangle, j = \overline{1, 5}$ , отвечающий условиям (4). Все эти данные представлены в таблице 1.

Модель (6) в данной ситуации будет выглядеть следующим образом:

$$P(x_i) = a_1 k_1^H(x_i) + a_2 k_2^H(x_i) + a_3 k_3^H(x_i) + a_4 k_4^H(x_i) + a_5 k_5^H(x_i), \quad i = \overline{1, 10} \quad (8)$$

В соответствии с данными, представленными в таблице 1, были рассчитаны значения эталонных оценок полезностей для всех марок товаров  $P(x_i), i = \overline{1, 10}$  по формуле (8).

На основе значений  $P(x_i), i = \overline{1, 10}$ , сделаем предположение, что в результате наблюдений за десятью покупателями были получены такие результаты: четыре покупателя выбрали товар марки  $x_8$ ; три – марки  $x_9$ ;

два – марки  $x_4$  и один – марки  $x_5$ .

Таблица 1 –

	$k_1^H(x_i)$	$k_2^H(x_i)$	$k_3^H(x_i)$	$k_4^H(x_i)$	$k_5^H(x_i)$	$P(x_i)$	$P^{CP}(x_i)$
$a_i$	<b>0,19</b>	<b>0,32</b>	<b>0,13</b>	<b>0,29</b>	<b>0,07</b>	---	---
$a_i^{CP}$	<b>0,15</b>	<b>0,32</b>	<b>0,20</b>	<b>0,25</b>	<b>0,08</b>	---	---
$x_1$	0,23	0,45	1,00	0,00	0,12	0,3261	0,3881
$x_2$	0,44	0,31	0,00	0,25	0,23	0,2714	0,2461
$x_3$	0,73	0,35	0,70	0,24	0,68	0,4589	0,4759
$x_4$	1,00	0,49	0,21	0,70	0,64	0,6219	0,5750
$x_5$	0,22	0,37	0,37	0,87	1,00	0,5306	0,5229
$x_6$	0,27	0,92	0,36	0,29	0,00	0,4766	0,4794
$x_7$	0,80	0,00	0,06	1,00	0,78	0,5044	0,4444
$x_8$	0,52	0,60	0,81	0,77	0,56	0,6586	0,6693
$x_9$	0,51	1,00	0,27	0,46	0,71	0,6351	0,6223
$x_{10}$	0,00	0,26	0,70	0,12	0,68	0,2566	0,3076

Таким образом, можно сделать вывод, что  $x_8 \succ x_9 \succ x_4 \succ x_3 \succ \{x_1, x_2, x_5, x_6, x_7, x_{10}\}$ . (9)

В соответствии с (7) получим следующую систему линейных неравенств:

$$\begin{cases} P(x_8) - P(x_9) > 0 \\ P(x_9) - P(x_4) > 0 \\ P(x_4) - P(x_5) > 0 \\ P(x_5) - P(x_1) > 0 \\ P(x_5) - P(x_2) > 0 \\ P(x_5) - P(x_3) > 0 \\ P(x_5) - P(x_6) > 0 \\ P(x_5) - P(x_7) > 0 \\ P(x_5) - P(x_{10}) > 0. \end{cases} \quad (10)$$

Для системы неравенств (10) найдем чебышевскую точку, т.е. значения  $\langle a_j^{CP} \rangle, j = \overline{1, 5}$ . Далее, в соответствии со значениями  $\langle a_j^{CP} \rangle, j = \overline{1, 5}$ , по формуле (8) вычислим модельные значения функции полезности для каждой из марок товаров  $x_i \in X$ , т.е.  $P^{CP}(x_i), i = \overline{1, 10}$ . Результаты этих расчетов приведены в табл. 1.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Значения параметров модели покупательского поведения  $\langle a_1^{CP}, a_2^{CP}, \dots, a_m^{CP} \rangle$  отражают некоторые обобщенные предпочтения и относительную важность

различных частных характеристик продукта для группы потребителей.

Сравнение полученных для рассмотренного примера значений  $\langle a_j \rangle$  и  $\langle a_j^{CP} \rangle$ ,  $j = \overline{1, 5}$  показывает, что средняя относительная погрешность отклонений этих значений составляет порядка 20%. Отношения порядка на множестве частных характеристик для модельной и эталонной ситуации следующие: для модельной –  $k_2(x_i) > k_4(x_i) > k_1(x_i) > k_3(x_i) > k_5(x_i)$ ; для эталонной –  $k_2(x_i) > k_4(x_i) > k_3(x_i) > k_1(x_i) > k_5(x_i)$ . Такая относительно большая погрешность и нарушение отношения порядка объясняется недостатком информации полученной от потребителя о предпочтительности той или иной марки товара, что связано с отсутствием непосредственного контакта с ним (так называемый пассивный эксперимент). В данном примере используется только информация о наиболее предпочтительной марке товара. Если бы удалось получить какую-либо дополнительную информацию о предпочтениях потребителя относительно других товаров рассматриваемой

группы (полное или частичное ранжирование), то точность идентификации весовых коэффициентов существенно бы повысилась. Эту дополнительную информацию можно формализовать в виде неравенств аналогичных (7) и добавить в систему ограничений (10).

Таким образом, описанный подход к идентификации модели потребителя не исключает применения различных методов экспертного оценивания [2, 5] (активных экспериментов) и, следовательно, методы могут взаимно дополнять друг друга.

Главным недостатком предложенного подхода является невозможность учета количественных статистических показателей распределения количества выборов покупателями конкретной марки товара, поэтому при проведении дальнейших исследований необходимо будет решить эту проблему. Вместе с тем, предложенный в статье подход открывает перспективы повышения эффективности и объективности идентификации моделей покупательского поведения.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Ковалев А.И. Маркетинговый анализ /А.И. Ковалев, В.В. Войленко. – М.: Центр экономики и маркетинга, 2001. – 256 с.
2. Голубков Е.П. Маркетинговые исследования: теория, методология и практика. – М.: Финпресс, 2005. – 464 с.
3. Нейман Дж. Теория игр и экономическое поведение /Дж. Нейман, О. Моргенштерн. – М.: Наука, 1970. – 124 с.
4. Петров К.Э. Компараторная структурно-параметрическая идентификация моделей скалярного многофакторного оценивания /К.Э. Петров, В.В. Крючковский. – Херсон: Олди-плюс, 2009. – 294 с.
5. Литвак Б.Г. Экспертная информация: методы получения и анализа. – М.: Радио и связь, 1982. – 184 с.