

© И.Г. ЗАХАРОВА, А.Н. ПУШКАРЕВ

izaharova@utmn.ru, PushkarevAlex@yandex.ru

УДК 004.94, 519.22

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ
ИНТЕГРИРОВАННОЙ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ
ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В МАРКЕТИНГЕ**

АННОТАЦИЯ. В статье рассмотрены вопросы математического обеспечения маркетинговой экспертной системы для поддержки принятия решений на основе анализа предпочтений потребителей.

SUMMARY. This article proposes the questions of software marketing expert systems for decision support based on an analysis of consumer preferences.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Имитационное моделирование, вычислительный эксперимент, анализ предпочтений, маркетинг.

KEY WORDS. Systems simulation, computer experiment, the analysis of preferences, marketing.

Одна из ключевых задач маркетинга — прогнозирование и определение путей дальнейшего повышения спроса на выпускаемый продукт с учетом большого числа разнообразных параметров: вес и габариты товара и его упаковки; регион, в котором произведен продукт; внешний облик продукта; качество; сервисное обслуживание; взаимосвязь с другими продуктами и т.д. От решения задачи прогнозирования предпочтений потребителей во многом зависит, насколько успешно и эффективно организация сможет продвигать производимый ею продукт.

Предсказание спроса относится к слабоформализуемым задачам, поскольку во многом опирается на экспертный опыт. При этом в роли экспертов могут выступать как специалисты-маркетологи, так и сами потребители продукта. В последнем случае экспертные знания могут быть получены путем выборочного опроса потребителей.

В общем виде задача прогнозирования спроса сводится к представлению продукта в качестве некоторого объекта p , свойства которого определяются совокупностью характеристик X_i :

$$p = \{X_1, X_2, \dots, X_L\}.$$

При этом следует учесть, что эксперты могут сопоставлять рассматриваемый объект с уже существующими объектами того же класса. Таким образом, с целью учета фактора конкурентоспособности следует рассматривать однотипные объекты не изолированно, а объединять их в группы:

$$g = \{p_1, p_2, \dots, p_N\},$$

где p_i — i -й объект-конкурент.

Эксперты оценивают каждый из представленных объектов, сравнивают его с объектами того же класса и принимают решение, какой из конкурирующих объектов более предпочтителен. При этом их выбор зависит от множества факторов: время года, колебание цен, особенности региона и т.д. Для учета взаимосвязей факторов, оказывающих влияние на предпочтение экспертов одного объекта другому, можно воспользоваться методами многофакторного анализа. С его помощью возможно построение регрессионной модели, отражающей влияние одних характеристик объекта или внешней среды на другие:

$$Y = F(X_1, X_2, \dots, X_L),$$

где Y — результативная характеристика объекта;

F — регрессионная зависимость;

X_i — i -я факторная характеристика объекта.

Типичным примером задачи данного класса в маркетинговой деятельности является учет взаимосвязи качества и цены выпускаемого продукта. В то же время не всегда возможно получить линейное уравнение регрессии, которое бы достаточно точно предсказывало зависимость между теми или иными параметрами исследуемого объекта. Поэтому в экспертной системе должна быть предусмотрена возможность, как использования стандартных нелинейных моделей, так и задания произвольного вида уравнения регрессии с последующим варьированием входящих в него переменных в ходе имитационной прогонки. В дальнейшем вид функциональной взаимосвязи между параметрами может быть изменен, что обеспечит гибкость системы и потенциал для дальнейшего совершенствования используемых в ней моделей.

Таким образом, маркетинговая система становится интегрированной экспертной системой (ИЭС), в которой совмещены функционал классической экспертной системы (машина продукционного вывода) и механизм имитационного моделирования. Классификация и подробное рассмотрение ИЭС представлены в работах [6-7].

При оценивании объектов часто возникает необходимость их сравнения с некоторым идеалом, принадлежащим к тому же классу и выступающим в качестве эталона. Для решения этой задачи в маркетинговых исследованиях выполняется свертка n -мерного вектора характеристик объекта в скаляр («модель с идеальной точкой» [5]). В модели с идеальной точкой объект-эталон представлен в декартовой системе координат, где каждая ось соответствует некоторому параметру объектов рассматриваемого класса, а шкала — степени выраженности данного свойства. Координаты объекта-эталона задаются экспертами. После этого определяется положение оцениваемых объектов и вычисляется величина их приближенности к объекту-эталону:

$$Q = \sqrt{\sum_{i=1}^L W_i (X_i - X_{0i})^2},$$

где Q — оценка степени удаленности исследуемого объекта от эталона;

i — номер характеристики объекта;

L — количество характеристик объектов, участвующих в исследовании;

W_i — коэффициент значимости i -й характеристики объекта;
 V_i — оценка степени выраженности i -й характеристики объекта;
 X_{0i} — оценка степени выраженности i -й характеристики эталонного объекта.

При этом приближенность объекта к эталону будет определяться расстановкой весов его характеристик, участвующих в сравнении, а также видом выбранной метрики. С целью проведения имитационного моделирования предлагается предусмотреть возможность варьирования метрики и значений весовых коэффициентов (придавая им, в том числе, и стохастический характер [3]).

Применяя кластерный анализ к модели с идеальной точкой, можно не просто учитывать степень приближенности каждого отдельного объекта к эталону, но и группировать объекты по степени сходства между собой. Таким образом, задача сравнения объектов с идеалом расширяется до задачи выделения групп схожих объектов, объединенных по степени приближенности к эталону. Данное разбиение может оказаться полезным при оценивании уровня конкурентоспособности объекта по отношению к объектам-конкурентам.

Следует также учитывать, что конкурентоспособность объекта может быть высокой при оценивании его одними экспертами, но оказаться низкой при оценивании другими: разные эксперты могут выставить разные оценки. В связи с этим возникает задача сегментации — объединения отдельных экспертов в группы по определенным признакам. Это тем более необходимо, когда в качестве экспертов выступают непосредственные потребители продукта (услуги). Такой подход обеспечивает более гибкое оценивание объекта, позволяя определить, для экспертов с какими параметрами данный объект является наиболее предпочтительным. Сегментация может быть осуществлена на основе анализа статистических данных о предпочтениях, собранных в ходе опроса экспертов, или (в рамках прогонки имитационной модели) исходя из параметров выбранного закона распределения. Характер распределения предпочтений отражает, для каких категорий экспертов оцениваемый объект является более значимым, а для каких — менее значимым или вовсе незначимым.

Для каждой экспертной группы определяется вектор параметров идеального объекта $(X_{01}, X_{02}, \dots, X_{0L})$. Далее модель с идеальной точкой применяется по отношению к каждой группе экспертов в отдельности. На основе полученных результатов определяется, к идеалу какой категории экспертов наиболее приближен исследуемый объект.

Данный подход позволяет принимать решение о позиционировании объекта на другой группе экспертов или о его улучшении с целью приближения к идеалу, установленному для текущей экспертной группы.

Результаты сегментации позволяют наметить дальнейшие действия касательно оцениваемого объекта. Вариантами дальнейших действий могут быть:

- позиционирование объекта только среди определенных групп экспертов;
- модификация объекта с целью приближения к идеалу, установленному для определенных категорий экспертов;
- модификация объекта с целью его ориентации на другие экспертные группы;

- модификация объектов с целью охвата как можно большего числа сегментов;

- создание принципиально нового объекта, отличного от оцениваемого.

В качестве нового подхода для построения маркетинговой ИЭС предлагается после выполнения сегментации анализировать и прогнозировать предпочтения экспертов определенным объектам на основе значений функции полезности. Функция полезности, определяющая спрос на объект, складывается из трех компонент:

- степень близости объекта к эталону;
- значимость объекта для эксперта;
- статистическая ошибка оценивания.

Следуя [4], функция полезности представлена в виде:

$$U_{ij} = -\alpha \|p_i - v_j\| + (1 - \alpha)F_{ij} + \varepsilon_{ij},$$

где u_{ij} — оценка полезности i -го объекта j -м сегментом экспертов;

α — параметр, определяющий соотношение между степенью влияния на оценку полезности объекта его удаленности от эталона и значимости для экспертов;

p_i — вектор характеристик i -го объекта, $i=1, 2, \dots, N$;

v_j — вектор характеристик эталонного объекта у j -го сегмента экспертов, $j=1, 2, \dots, M$;

F_{ij} — функция значимости i -го объекта для j -го сегмента экспертов;

ε_{ij} — статистическая ошибка оценки полезности i -го объекта для j -го сегмента экспертов.

Значение параметра α варьируется в ходе имитационного моделирования. При построении имитационной модели важно также учесть фактор времени и запаздывающее информационное влияние на экспертов [2], представляющих определенные сегменты, со стороны других экспертов. Поскольку сам спрос на объект является величиной, зависящей от множества факторов, изменяющихся во времени, то скорость изменения функции F_{ij} можно описать системой уравнений:

$$\frac{dF_{ij}(t)}{dt} = f_{ij}(t - \tau_1, t - \tau_2, \dots, t - \tau_M),$$

где f_{ij} — функция изменения во времени спроса на i -й объект для j -го сегмента экспертов, τ_j — временной шаг, определяющий запаздывание изменения спроса на j -м сегменте экспертов под влиянием предпочтений в других сегментах.

Данный подход к моделированию позволяет учитывать возможность влияния на предпочтения определенной экспертной группы не только характеристик оцениваемого объекта, но и предпочтений представителей других групп экспертов. Реальную ситуацию взаимовлияния экспертов можно упрощенно описать функцией, отражающей как прямой, так и обратный характер влияния:

$$f_{ij}(t - \tau_1, t - \tau_2, \dots, t - \tau_M) = \sum_{k=1}^M A_{jk} F_{ik}(t - \tau_k).$$

Здесь A_{jk} характеризует влияние на j -ый сегмент экспертов k -го сегмента. В сущности именно свойства соответствующей матрицы и будут определять модель взаимовлияния.

Включение в ИЭС функционала для численного решения системы дифференциальных уравнений дает возможность построить динамическую интегрированную экспертную систему [1], [6]. Такое расширение имитационной модели в составе маркетинговой ИЭС позволяет получить различные варианты прогноза динамики предпочтений продуктов и услуг для определенных сегментов рынка в условиях взаимовлияния потребителей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андропова Е.Е. Прототип динамической интеллектуальной системы прогнозирования цен на недвижимость // Научная сессия МИФИ. 2006. Т. 3. С. 241-242.
2. Губанов Д.А., Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Модели влияния в социальных сетях // Управление большими системами. 2009. Вып. 27. С. 205-281.
3. Захаров А.А., Захарова И.Г. Дискурсивная метрика в информационном пространстве // Вестник ТюмГУ. 2010. №. 6. С. 152-156.
4. Захаров А.А., Захарова И.Г. Имитационное моделирование в задачах анализа предпочтений // Вестник ТюмГУ. 2011. №. 7. С. 172-174.
5. Коротков А.В. Маркетинговые исследования. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2005. 304 с.
6. Рыбина Г.В. Интегрированные экспертные системы: подходы и принципы глубокой интеграции компонентов // Искусственный интеллект. 2000. №3. С. 89-90.
7. Рыбина Г.В. Интегрированные экспертные системы: современное состояние, проблемы и тенденции // Изв. РАН. Теория и системы управления. 2002. №5. С. 111-126.