

УДК 338.12.017

А.В. Цуканов, профессор, д-р техн. наук

Севастопольский национальный технический университет

Студгородок, г. Севастополь, Украина, 99053

E-mail: Tsukanov@SevGTU14.Sebastopol.UA

М.Ю. Шустова, аспирант

Севастопольская Квартирно-Эксплуатационная часть морская

г. Севастополь, Украина, 99040

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАРКЕТИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МЕТОДАМИ ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Рассмотрена проблема выбора плана эксперимента для проведения маркетинговых исследований. В основу предлагаемой для этого методики положен сравнительный анализ применения различных типов планов проведения маркетинговых экспериментов. Выбор оптимальных планов производится на основании сравнительных характеристик результатов имитационного моделирования. Предложенная методика позволяет производить оценивание параметров функции спроса и осуществлять разработку маркетинговой политики на основе более точных данных.

Постановка проблемы

При проведении маркетинговых исследований в настоящее время особое значение приобретают активные методы сбора информации [1-3]. К таким методам обычно относят маркетинговые эксперименты, в виде воздействия на рынок с помощью комплекса заранее определенных средств, например, изменением в определенном диапазоне цены, варьированием объемов затрат на рекламу и т.д. При этом особую актуальность приобретает задача планирования экспериментальных исследований. В настоящее время хорошо разработана методология оптимального планирования эксперимента в различных областях. В основу методологии положены информационные и статистические критерии качества подбора матрицы планирования эксперимента, такие как ортогональность, ротатабельность, D-оптимальность и др. [4,5]. При проведении экспериментов с экономическими объектами встречаются специфические трудности, среди которых неустойчивость внешней среды, затрудняющая формализацию процесса, значительная дисперсия случайной составляющей, большое число факторов, оказывающих влияние на исследуемые параметры, нелинейный характер зависимости.

В ряде работ [2,3,6,7] рассматриваются вопросы, связанные с обоснованием возможности и предпосылки проведения активного эксперимента в маркетинге, а также различные аспекты методики реализации экспериментов в рыночной среде. Одним из основных вопросов при этом является вопрос о том, какие планы эксперимента

нужно использовать при проведении активных экспериментов в маркетинге?

Цель и задачи работы

Как было отмечено в предыдущем разделе функция, формализующая исследуемый экономический процесс, чаще всего относится к классу функций нелинейных по параметрам. В результате одной из основных трудностей при проведении маркетингового эксперимента является задача поиска оптимального плана эксперимента для нелинейной модели функции отклика. Под оптимальным планом в данном случае будем понимать план, отвечающий критерию минимизации среднеквадратической ошибки прогноза. Спрашивается, нельзя ли заменить исходную нелинейную модель на модель линейную по параметрам, например, полиномиальную, построить для нее оптимальный план и оценить по полученным экспериментальным данным параметры линеаризованной модели. В дальнейшем полученную модель можно будет применить для разработки маркетинговой тактики и стратегии, для прогнозирования поведения потребителя, оптимизации соответствующих показателей финансово-хозяйственной деятельности предприятия.

В настоящей работе для указанной цели рассмотрена модель зависимости объема продаж от двух выбранных факторов. При этом предполагается, что в течение определенного периода времени она совпадает с функцией спроса. Согласно [3] модель функции спроса можно представить в виде аддитивной модели

$$Y = C_1 \cdot X_1^{\beta_1} + C_2 \cdot X_2^{-\beta_2} + \varepsilon, \quad (1)$$

где Y – объем продаж; X_1 – затраты на рекламу; X_2 – цена товара; ε – случайная составляющая; C_1 – объем продаж, достигаемый при максимальном объеме рекламы; C_2, β_1, β_2 – некоторые константы.

Спрашивается, нельзя ли модель (1) заменить полиномом второго порядка

$$Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_1 X_2 + a_4 X_1^2 + a_5 X_2^2, \quad (2)$$

где $a_0 \div a_5$ – параметры полинома.

В работе предлагается с помощью моделирования на ЭВМ методом Монте-Карло оценить погрешность замены нелинейной модели для объема продаж (1) на полиномиальную модель (2) и выбрать оптимальный план эксперимента.

Решение задачи

Для проведения имитационного моделирования необходимо задать конкретные параметры модели. В качестве исходных данных в работе используются сведения о деятельности гипотетического магазина, торгующего, например, консервированными овощами и фруктами. Предположим,

что величина C_1 составляет 300 банок (объем продаж при максимальных затратах на рекламу) в течение некоторого исходного периода времени (например, недели). Константы β_1 , β_2 можно определить, используя значения коэффициентов эластичности спроса по рекламе и цене соответственно. Согласно тестам Лодиш и др. [3] коэффициент эластичности спроса по рекламе может составлять 0,05. Для получения значений коэффициента эластичности спроса по цене β_2 можно воспользоваться специальными таблицами. Согласно таблице Джорджа и Кинга [2] величина коэффициента эластичности спроса по цене для данного вида продукции $\beta_2 \approx 0,8262$. Будем рассматривать константу C_2 как показатель, характеризующий уровень продаж при фиксированной цене. Для целей моделирования можно предположить $C_2 = 370$.

В результате тестовая функция (1) будет иметь вид

$$Y = 300X_1^{0,05} + 370X_2^{-0,8262} + \varepsilon, \quad (3)$$

Предположим, что рекламная компания, направленная на популяризацию данных продуктов будет длиться 9 недель. При этом каждую неделю можно изменять цену и расходы на рекламу в заданных пределах. Исходя из этого, план маркетингового эксперимента будет состоять из девяти опытов. В качестве плана эксперимента выберем из каталога планов для полинома второго порядка – трехуровневый план, характеризующийся композиционностью, симметричностью и ортогональностью [8]. В таблице 1 приведены значения уровней варьирования факторов в кодированной форме и в натуральных единицах измерения (грн.).

Таблица 1 – Кодированные и натуральные значения уровней факторов

Уровни варьирования	X_1 , затраты на рекламу, грн	X_2 , цена, грн
-1	60	5
0	80	10
1	100	15

Для каждой комбинации значений переменных, можно вычислить по модели (3) значения функции отклика. При этом для моделирования неопределенности поведения потребителя к значению функции отклика необходимо прибавить случайное число ε . В работе предполагается, что случайное число ε имеет нормальный закон распределения, обладает нулевым математическим ожиданием и дисперсией равной 100. Данные характеристики являются приемлемыми с точки зрения разброса значений объемов продаж реальных магазинов. В работе случайные числа сгенерированы с помощью датчика случайных чисел системы MATLAB. В таблице 2 приведены матрица плана эксперимента с использованием записи факто-

ров в кодированной форме и результаты значений объема продаж, полученные путем имитации на ЭВМ.

Таблица 2 – План эксперимента и результаты моделирования

Номер опыта	X'_1	X'_2	Y
1	0	0	426,83
2	0	1	420,24
3	0	-1	465,49
4	1	0	454,72
5	-1	0	422,00
6	1	1	418,31
7	-1	1	418,31
8	1	-1	476,15
9	-1	-1	465,08

Имитационный эксперимент проводился на персональном компьютере типа Pentium 4. Результаты статистической обработки данных с помощью статистического пакета «Minitab» приведены в таблице 3. При этом P – вероятность того, что критерий Стьюдента будет превышать вычисленное значение критерия.

Проверка полученной модели на адекватность с помощью F -критерия Фишера показывает, что табличное значение F -критерия при уровне ошибки 10% меньше расчетного $F_{\text{расч.}} = 8,45$, что свидетельствует об адекватности полученной модели [1]. Коэффициент множественной корреляции $R\text{-sq} = 93,4\%$, с учетом регрессоров 82,3%, что также свидетельствует о хорошей аппроксимации исходной зависимости [1].

Таблица 3 – Регрессионный анализ данных имитационного эксперимента

Переменные модели	Оценки коэф-фициентов	Значение критерия Стьюдента t	P
константа	431,244	57,21	0,000
X'_1	7,298	1,77	0,175
X'_2	-24,977	-6,05	0,009
$X'_1 \cdot X'_2$	-2,768	-0,55	0,622
X_1^2	4,908	0,69	0,542
X_2^2	9,413	1,32	0,280

Значения критерия Стьюдента показывают, что статистически значимыми являются коэффициенты при X_2 и константа, поэтому результирующая модель принимает вид

$$Y = 431,244 - 24,977X'_2. \quad (4)$$

Таким образом, подтверждается гипотеза о возможности замены исходной модели моделью полиномиальной и о возможности использования линеаризованной функции вместо исходной, в данном случае линейной.

Применим теперь к исходной ситуации план эксперимента, приведенный в таблице 4.

Для определения оптимального плана из данного множества необходимо сравнить качество получаемых моделей. В качестве критерия эффективности применения плана будем использовать среднеквадратическую ошибку прогноза функции отклика в заданных точках области прогнозирования.

Таблица 4 – Матрица плана №2

Номер опыта	X'_1	X'_2
1	0	0
2	-1	-1
3	-1	-1
4	1	-1
5	1	-1
6	1	-1
7	1	-1
8	1	1
9	1	1

После проведения расчетов, аналогичных вышеприведенным, получим следующую зависимость:

$$Y = 424,37 - 44,48X'_2. \quad (5)$$

Можно сказать, что на потребителей данного сегмента оказывает наибольшее влияние фактор цены.

Таким образом, для прогноза у нас имеется две модели функции спроса (4) и (5).

Возникает вопрос о том, какая модель наиболее точно описывает исследуемый процесс и какой, соответственно, план обеспечивает получение наиболее точной информации. Для расчета величины показателя эффективности был проведен имитационный эксперимент на ЭВМ с помощью системы MATLAB. Сессия представляла собой повтор расчета 1000 раз среднеквадратической ошибки по четырем точкам прогноза (-1,1; -1,-1; 1,1; 1,-1) по каждому плану эксперимента. При этом сравнение происходило с данными, полученными по «истинной» модели (3).

На основе сессии имитационного моделирования получены следующие значения среднеквадратической ошибки прогноза: для первого плана она составит 1.6063e+0.003, для второго плана 3.1506e+003.

Величина ошибки прогноза для второго плана почти в два раза больше, чем для первого плана. Следовательно, можно сделать вывод о

том, что для проведения маркетингового эксперимента лучше воспользоваться планом №1.

Вышеприведенную последовательность операций можно представить в виде следующей методики проведения маркетингового эксперимента. Составными частями данной методики являются:

1. Проведение предварительного анализа исследуемого процесса, например, функции спроса. В него входит определение факторов, влияющих на величину спроса, анализ и ранжирование их по степени важности, анализ Data Mining.

2. Подбор модели исследуемого маркетингового процесса с учетом результатов проведенных предварительных исследований.

3. Проведение линеаризации исходной модели для облегчения процесса подбора оптимального плана.

4. Проведение подбора планов маркетингового эксперимента на основе характеристик модели процесса (порядок, количество факторов и т.д.), характеристики планов (величина различных критериев оптимальности плана).

5. Определение оптимального плана осуществляется с помощью имитационных экспериментов, целью которых является расчет показателя эффективности (например, среднеквадратическая ошибка прогноза). Для расчета величины критерия эффективности применяется имитационное моделирование (метод Монте-Карло). Величина показателя эффективности является определяющей при выборе модели прогноза и оптимального плана.

6. Проведение маркетинговых экспериментов по выбранному плану.

7. Проведение статистического анализа полученных данных и построение линеаризованной функции отклика.

Заключение

В данной работе предложена методика проведения маркетинговых экспериментов, позволяющая повысить эффективность и точность маркетинговых исследований. Результативность данной методики при определении параметров функции спроса подтвердили проведенные имитационные эксперименты. Дальнейшие исследования в этой области могут быть направлены на исследования характеристик маркетинговых функций с помощью методов оптимального планирования эксперимента.

Библиографический список

1. Вознесенский В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях / В.А. Вознесенский. — М.: Финансы и статистика, 1981. — 263 с.

2. Douglas E. Economics of Marketing / E. Douglas. — N.Y.: Harper & Row Publishers, Inc., 1975. — 687 p.

3. Lilien G. Marketing Engineering / G. Lilien, A. Rangaswamy. — Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, 2001. — 500 p.
4. Ермаков С.М. Математическая теория оптимального эксперимента / С.М. Ермаков, А.А. Жиляевский. — М.: Наука, 1987. — 320 с.
5. Финни Д. Введение в теорию планирования экспериментов / Д. Финни. — М.: Наука, 1970. — 288 с.
6. Фельс Э. Методы экономических исследований / Э. Фельс, Г. Тинтнер. — М.: Прогресс, 1971. — 150 с.
7. Нейлор Т. Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем / Т. Нейлор. — М.: Прогресс, 1975. — 500 с.
8. Таблицы планов эксперимента для факторных и полиномиальных моделей / В.З. Бродский и др. — М.: Металлургия, 1982. — 752 с.

Поступила в редакцию 14.04.2004 г.