

ВИРТУАЛЬНЫЕ АНАЛИЗАТОРЫ В ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ЛОГИСТИЧЕСКОГО ЦИКЛА ПРОИЗВОДСТВА

Н.Н. Бахтадзе, Д.В. Мокров (ИПУ РАН)

Обсуждаются вопросы оптимизации ценообразования продукции и прогнозирования спроса. Представлены алгоритмы прогнозирования транспортных расходов предприятий на отгрузку готовой продукции экспедиторскими компаниями.

Важнейшей задачей, стоящей перед предприятиями на протяжении последних десятилетий, является рост эффективности производства на основе сокращения производственного и логистического циклов за счет оптимизации [1].

Под производственным циклом понимается длительность изготовления продукции.

Логистический цикл составляет время перемещения материальных потоков от производителя к потребителю продукции.

Сокращение производственного цикла (что обуславливает рост эффективности производства на 11...20% [1]) происходит за счет:

- сокращения времени настройки оборудования и выпуска изделий, исключив возвраты по технологическим операциям и переделу брака;
- оптимального расчета партий запуска деталей.

Сокращение логистического цикла происходит за счет сокращения:

- страховых запасов материалов. Страховые запасы формируются из-за того, что время доставки сырья и материалов поставщиками на предприятии заранее не известно. Нормирование данного времени по элементам номенклатуры и по поставщикам, накопление статистик и выбор поставщика с учетом "надежности поставок" ведут к предсказуемости длительности срока поставок и, следовательно, к *сокращению страховых запасов материалов*;

- запасов готовой продукции. Такое сокращение можно осуществлять на основе введения в практику прогнозов отгрузки готовой продукции, накопления статистики спроса у потенциальных потребителей (точного прогнозирования) и точного запуска в производство определенного объема выпуска продукции (работы под заказ, а не на склад).

По мере развития IT-инфраструктуры предприятий появилась возможность автоматизации этих процедур и разработки соответствующих информационно-оптимизирующих систем, работающих автономно либо интегрируемых в системы класса ERP/MRP II. Программно-алгоритмические комплексы, осуществляющие прогноз и оптимизацию экономических показателей в режиме РВ на базе архивной, ретроспективной и текущей информации, получили название *виртуальных анализаторов логистического цикла* производства.

Оптимизация ценообразования на базе изучения спроса

Гибкая тактика ценообразования является одним из важнейших факторов достижения предприятием конкурентного преимущества. Завышенная цена на

выпускаемую продукцию (услуги) может привести к оттоку потребителей, в то время как отсутствие элементов агрессивности в политике назначения цен может привести к потере прибыли.

Назначение базовой цены определяется прежде всего *целью*, которую на данном этапе предприятие стремится достичь в своей деятельности [2]. Так, если целью является обеспечение выживаемости предприятия, его стратегия состоит в снижении цен на продукцию. Завоевание лидерства по показателям доли рынка предполагает назначение базовой цены ниже, чем у конкурентов с целью увеличения доли рынка. Завоевание лидерства по показателям качества продукции требует назначения цен более высоких, чем цены конкурентов.

Тип рынка, на котором работает предприятие, также оказывает воздействие на процесс ценообразования. На рынке типа *чистая конкуренция* влияние продавцов на уровень цен незначительно, и уровень цен определяется самим рынком. *Монополистическая конкуренция* предполагает возможность влияния продавцов на уровень цен. При *олигополистической конкуренции* уровень цен определяется лидером рынка, и возможна "война цен".

Наконец, при *чистой монополии* цену устанавливает продавец с ориентацией на государственное регулирование.

Издержки производства плюс адекватная норма прибыли определяет минимальную цену продукции, обеспечивающую выживание предприятия на данном рынке в данный момент. Максимальная же цена, обеспечивающая достижение выбранной предприятием цели, определяется спросом на товар или услугу. Если предприятие осуществляет ценообразование, основанное на изучении спроса, оно пользуется одним из следующих методов [3]: ценообразование, основанное на мнении потребителя; престижная цена; ценовых линий; ценового лидерства; "снятия сливок с рынка" и проникновения на рынок; пакетного ценообразования. Окончательная цена устанавливается руководством предприятия.

В свою очередь, цена, назначенная предприятием, так или иначе скажется на величине спроса на продукцию. Зависимость между ценой и величиной спроса можно проиллюстрировать кривой спроса. Для любой такой кривой характерно утверждение: чем выше цена товара, тем меньше его будет приобретено. Увеличение спроса приводит к падению цены. Однако для различных товаров характер таких кривых различен. Свойство товара либо услуги, определяющие характер зависимости спроса от цены, получила название *эластичности* спроса по цене [3, 4].

Потребности предприятий в научных исследованиях маркетинга сосредоточены в области прогнозирования спроса с целью выработки и корректировки политики цен [5]. Как отмечается в [2], на сегодняшний день не существует надежной методики количественной оценки наиболее существенных факторов, влияющих на спрос. В частности, это объясняется слабой разработанностью подходящих методов и моделей для прогнозирования динамики и структуры спроса; значительно осложняется отсутствием необходимого информационного обеспечения. Все это указывает на актуальность исследования и необходимость разработки методики прогнозирования спроса с использованием методов моделирования.

Опыт западных исследователей приводит к безусловному выводу о необходимости сочетания в прогнозировании субъективного элемента и экономико-математических расчетов [4, 6]. Применение современных информационных систем типа ERP/MRP II предоставляет возможность исследования и статистической обработки маркетинговой информации в динамике, при необходимости – в режиме РВ [7].

На практике, как правило, предпочтение отдается экспертному анализу статистических данных и как можно более простым математическим моделям. Объясняется это прежде всего тем, что практики хорошо представляют, насколько динамичны рыночные процессы, насколько велика зависимость этой динамики от психологического фактора, и как чувствительны эти процессы к различным случайным воздействиям. Прогнозирование спроса в условиях отечественного рынка требует особой проработки конкретики исследуемой ситуации.

К настоящему времени разработаны модели прогнозирования спроса на основе корреляционного анализа, методов скользящего среднего, экспоненциального сглаживания, наименьших квадратов [5, 6].

Факторы спроса на продукцию предприятия

Объем продаж за определенный промежуток времени, а следовательно, и спрос зависит от многочисленных факторов. К основным из них можно отнести:

1. минимальную базовую цену, назначаемую с учетом издержек производства с прибавлением адекватной нормы прибыли, на предыдущем промежутке времени, например, на вчерашний день;
2. уровень цен на аналогичные виды товаров у основных конкурентов;
3. эффективность рекламы;
4. темп роста потребительских предпочтений (изменение вкусов, моды и т.д.) и свойств (надежность, функциональность, комфорт, время обслуживания);
5. темп роста сортности, формирование брэнда;
6. соответствие сезонности;
7. дислокация центров продажи (оказания услуг), т.е. степень близости к потребителю, т.е. расходы на отгрузку продукции;
8. темп роста очередей и времени обслуживания (уменьшает спрос);

9. ожидание изменения цен: а) повышение (ажитажный спрос); б) снижение (отложенный спрос);

10. соотношение индекса цен и депозитной ставки процента: а) индекс цен выше б) индекс цен ниже. (В первом случае инфляция, не компенсируемая вкладами, вызывает отток сбережений и повышение спроса, а во втором – инфляция, компенсируемая вкладами, увеличивает сбережения);

11. ожидание изменения доходов: а) повышение (отложенный спрос); б) снижение (закупка впрок);

12. качество организации сбыта и стимулирования покупателей в рассматриваемой фирме и др.

Алгоритмы прогнозирования спроса

Интерпретация воздействия этих факторов на объем продаж предусматривает, что следует учитывать их стохастическую природу и коррелированность как во времени, так и между собой. Кроме того, прогнозируемый объект продаж, рассматриваемый как выходная переменная модели, явно подвержен воздействию различного вида помех.

В этих условиях следует предусмотреть наличие в информационной системе обширных библиотек алгоритмов обработки статистической информации для построения прогнозирующих моделей – классические методы корреляционного и регрессионного анализа, построение нелинейных (например, кусочно-линейных) регрессий и т.п. [7], обеспечивая при этом возможность сравнения качества и точности моделей по разным критериям (остаточная дисперсия, коэффициент множественной корреляции, дисперсионное отношение) для выбора наиболее приемлемой модели.

Однако, поскольку входные переменные статистически зависимы друг от друга, построение регрессионных моделей зависимости объема продаж от каждого из этих факторов в отдельности может носить только приближенно-иллюстративный и, вообще говоря, малоинформативный характер. По нашему опыту [5], даже нелинейные регрессионные модели дают в этом случае степень достоверности прогноза лишь 50...60%.

Регрессионно-авторегрессионные модели позволяют во многих случаях отслеживать динамику таких процессов, как цены завода и его конкурентов, объем продаж на каком-то отрезке времени и т.д., что представляет интерес для корректировки маркетинговой, в частности, ценовой политики предприятия.

Учитывая сложный характер зависимости объема продаж от входных факторов и сложность моделирования динамики процессов, можно сделать вывод о необходимости включения в библиотеку моделей и достаточно сложных *адаптивных моделей прогноза*.

При построении адаптивной модели следует принять во внимание, что на различных временных промежутках влияние внешних воздействий существенно неравнозначно. На отдельных довольно больших временных отрезках цена завода может вообще не изменяться. Очевидна инерционность воздействия рекламы на поведение потребителя. Поэтому следует выби-

рать различные адаптивные модели прогноза в зависимости от того, к какому классу можно отнести помехи на том или ином интервале прогнозирования, или придавать им свойство робастности – слабой чувствительности к виду помех. Например, если на промежуток времени, предшествующем прогнозируемому, не произошло каких-либо коллизий (экономических или политических, резких инфляционных скачков), можно отнести внешние возмущения к классу ограниченных помех, амплитуду которых можно оценить по предыдущим периодам, и применять адаптивные алгоритмы с зоной нечувствительности [8]. В общем случае могут быть использованы алгоритмы прогнозирования для случая коррелированных входов [9].

Прогноз стоимости отгрузки готовой продукции

Настоящая работа демонстрирует пример подхода к созданию информационно-оптимизирующей системы ценообразования с использованием адаптивных моделей прогнозирования спроса по такому фактору, как степень близости к потребителю, т.е. расходы на отгрузку продукции.

Естественным представляется проецирование этих расходов на оплату услуг транспортно-экспедиторских компаний, как правило, осуществляющих отгрузку продукции предприятия. Прогноз спроса на услуги такой компании и обусловленные им тарифы позволяют предприятию соизмерять цену, назначаемую на собственную продукцию, с возможными транспортными расходами. То есть далее речь идет об изучении спроса на услуги транспортно-экспедиторской компании.

При формализации перечисленных выше факторов спроса (возможно, не имеющих количественного выражения вообще, не говоря уже о затруднениях со сбором статистических данных) для построения прогнозирующих моделей будем использовать некие условные нормированные единицы, а настраиваемые весовые коэффициенты будут определять степень воздействия каждого фактора на формирование объема продаж на следующем временном промежутке. Например, весовые коэффициенты определяются в процентном соотношении, скажем, "изменение цен основных конкурентов на рынке экспедирования на 10 % приводит к изменению объема продаж услуг компании на 7%". Или "изменение спроса на транспортные услуги в зависимости от фактора сезонности составляет 23%". Начальные значения задаются экспертами, а далее коэффициенты корректируются алгоритмами оптимизации. При окончательном ("натуральном") определении прогнозируемой величины объема продаж нормируемая величина заменяется в соответствующей формуле ее натуральным значением.

Рассмотрим построение прогнозирующих моделей спроса на примере процесса оказания транспортно-экспедиционных услуг коммерческой компанией. Определение базовой цены на текущую услугу осуществляется следующим образом:

1. принимается заявка на экспедирование груза;
2. производится расчет себестоимости услуги, ис-

ходя из имеющихся тарифов поставщиков ("цена на предыдущем временном интервале");

3. в стоимость закладывается та прибыль, которую компания планирует получить с данного предприятия по данной услуге (увеличение цены на основе адекватной, по экспертному мнению, т.е. мнению лиц, принимающих решение, нормы прибыли);

4. предприятию выставляются: авансовые и дополнительные счета (на разницу факт – план) – на основе анализа фактической себестоимости услуги.

С целью минимизации суммы дополнительных счетов и оптимизации функционирования системы текущего бюджетирования может быть осуществлена корректировка назначенной базовой цены.

Будем строить модель процесса динамики объема продаж (теперь уже речь идет о продаже услуг экспедиторской компании) в классе линейных моделей:

$$y_t = h^T x_t + \varepsilon_t, \quad (1)$$

где y_t – объем продаж экспедиторских услуг в момент времени t , x_t – вектор коррелированных входов размерности n (как эндо-, так и экзогенных), h – вектор неизвестных параметров той же размерности – весовые коэффициенты, ε_t – помехи, отнесенные к выходу объекта, $t = 0, 1, 2, \dots$ – время.

Когда объект (1) имеет экономическую природу (т.е. время измеряется не секундами, а днями, месяцами и т.п., объемы выборок не очень велики, помехи далеки от гауссовости и т.д.) весьма эффективен следующий алгоритм построения последовательности оценок $\{\tilde{C}_t\}$ вектора неизвестных параметров h в (1) по наблюдениям $\{y_t, x_t, t = 0, 1, \dots\}$:

$$\tilde{C}_t = \Xi \tilde{C}_t,$$

где $\tilde{C}_t = \tilde{C}_{t-1} + (a/n) E_t x_t \Xi_{t-1} \text{sign} [y_t - \tilde{C}_{t-1} \Xi_{t-1} x_t]$,

$$E_t = \frac{t-1}{t} (E_{t-1} - \frac{E_{t-1} x_{t-1} x_{t-1}^T E_{t-1}^T}{t-1 + x_{t-1}^T E_{t-1} x_{t-1}}),$$

$$E_0 = E x_0 x_0^T + \rho^{-1} I,$$

(I – единичная матрица),

$$\Xi_t = \text{diag}(\xi_{it}), \quad I = 1, \dots, n,$$

$$\xi_{it} = \text{sign} \Phi_{it} \text{sign} C_{it},$$

$$\Phi_{it} = \begin{cases} \zeta_{it} & \text{при } \zeta_{it} \neq 0, \\ C_{it} & \text{при } \zeta_{it} = 0, \end{cases}$$

ζ_{it} ($I = 1, \dots, n$) – последовательность независимых в совокупности случайных величин с симметричной плотностью распределения,

$\zeta_{it} \neq 0$, если $t < \infty$; $\zeta_{it} \xrightarrow{t \rightarrow \infty} 0$ почти наверное со скоростью $1/t^2$;

E_t – оценка матрицы $E \stackrel{\Delta}{=} (E\{x_t x_t^T\})^{-1}$, вычисляемая по формуле:

$$E \stackrel{\Delta}{=} E_t \stackrel{\Delta}{=} \left(\frac{1}{t} \sum_{i=1}^t x_i x_i^T + \frac{\rho}{t} I \right)^{-1},$$

$\rho = \text{const} > 0$, $\alpha = \text{const} > 0$.

Предложенный алгоритм достаточно сложен (например, по сравнению с рекуррентным МНК), явля-

ясь существенно нелинейным и рандомизированным. Однако он обладает рядом важных достоинств:

- сходится *почти наверняка* (доказательство основывается на общих результатах, представленных в [5]);

- обладает свойством *робастности* по отношению к типу и распределению помех;

- хотя теоретический анализ *скорости сходимости* крайне осложнен существенной нелинейностью динамики оценок, достаточно большой практический опыт его применения в разнообразных задачах;

- фактически здесь предложен целый *параметризованный класс* алгоритмов (параметры — a , p — распределение случайных векторов ζ_t), в совокупности охватывающих очень широкий класс реальных задач.

Заключение

Использование информационно-статистического подхода, реализуемого в рамках соответствующей диалоговой системы поддержки принятия решений, позволяет организовать наиболее эффективную деятельность маркетинговой службы предприятия и оптимизировать ценовую политику, основываясь на анализе динамики рынка, в частности, рынка транспортных услуг. В условиях повышенной нестабильности макросреды адаптивные модели прогноза объема продаж являются наиболее реалистичными из всех возможных.

Бахтадзе Наталья Николаевна — канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник,
Мокров Дмитрий Викторович — аспирант Института проблем управления РАН.

Контактные телефоны: (095)334-92-01, 334-87-59.

Очевидна целесообразность использования методов экспертного анализа ситуации, когда динамика рыночных процессов становится практически немоделируемой.

Список литературы

1. *Goodfellow R.* Manufacturing Resource Planning. A Pocket Guide, 1993.
2. *Егорова Н.Е., Мудунов А.С.* Система моделей прогнозирования спроса на продукцию сферы услуг//Аудит и финансовый анализ. 2001. №3.
3. *Котлер Ф.* Основы маркетинга. М.: Мир, 1990.
4. *Колбасова А.Б.* Обзор методов изучения спроса на новые модификации товара // Экономика и мат. методы. 1993. Т.29. Вып.1.
5. *Бахтадзе Н.Н., Лотоцкий В.А., Максимов Е.М., Никулина И.В., Яралов А.А.* Информационно-статистический подход к организации маркетинга. // Экономика и мат. Методы. 1995. Т.29. Вып.1.
6. *Vernon K.D.C.* Information Sources in Management and Business. London, 1988.
7. *Мокров Д.В., Бахтадзе Н.Н.* Перспективы применения виртуальных анализаторов в оперативных системах управления производством // Проблемы управления . 2004. №1.
8. *Бахтадзе Н.Н.* Быстросходящийся алгоритм идентификации объекта с ограниченной помехой при коррелируемых входах // Автоматика и телемеханика. 1993. №1.
9. *Бахтадзе Н.Н., Лотоцкий В.А. и др.* Экспертно-статистические системы управления маркетингом // Приборы и системы управления. 1996. №3.



**МОСКОВСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ФОРУМ НЕФТИ И ГАЗА**

MOGIF 2005

Москва, Крокус Экспо

Форум MOGIF включает выставки:

- НЕФТЕГАЗЭНЕРГО
- НЕФТЕГАЗМЕТ
- НЕФТЕГАЗАВТО
- НЕФТЕГАЗКОНТРОЛЬ
- НЕФТЕГАЗИНЖИНИРИНГ
- НЕФТЕГАЗХИМ
- НЕФТЕГАЗГЕО
- НЕФТЕГАЗСТРОЙ
- НЕФТЕГАЗМАШ
- НЕФТЕГАЗШЕЛЬФ
- НЕФТЕГАЗТРАНС

**9-12
февраля**

Организаторы:





Информационные спонсоры:







Оргкомитет:

тел.: 956-4822
факс: 292-1349
e-mail: mogif@m-expo.ru
<http://www.mogif.ru>