

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ РАСЧЕТА РОЗНИЧНЫХ ЦЕН С КОРРЕКЦИЕЙ ПРОГНОЗА СПРОСА НА ТОВАРЫ

О.В. Логиновский, А.В. Баль

В процессе развития любой розничной сети происходит дифференциация и увеличение ассортимента товаров, магазинов и т.п. Все это вызывает необходимость для повышения показателей прибыли и продаж, а также эффективности управления товарным запасом, иметь различные инструменты для автоматического формирования розничных цен и прогнозирования спроса на основании определенных алгоритмов. При этом, данные алгоритмы должны иметь возможность учитывать ряд факторов, в частности плановые показатели, эластичность спроса, проведение различных маркетинговых акций и многие другие.

В статье редлагается алгоритм и математическая модель формирования розничных цен, которые учитывают вышеперечисленные факторы и, помимо этого, позволяют проводить корректировку прогнозов спроса, с учетом изменений цен.

*Ключевые слова:* розничная сеть, ценообразование, прогнозирование.

### Введение

В процессе развития любой розничной сети в определенный момент возникает необходимость осуществления автоматического ценообразования, поскольку реакция на множество изменений различных факторов в ручном режиме становится неэффективной. При этом следует учитывать ряд факторов и ограничений, которые влияют на расчет, в частности, плановые показатели, которые требуется достигать в определенные периоды времени. Поскольку розничная цена является одним из основных факторов, влияющих на спрос, данная модель позволяет автоматически корректировать его прогнозы на основании пересчитанных значений розничных цен.

### Постановка задачи и математическая модель

Рассмотрим некоторую группу товаров, для которой известны следующие данные:

- 1) суммарный план продаж и прибыли (в ее качестве рассматривается разница между продажами и себестоимостью, рассчитанной на основе закупок) на каждый месяц;
- 2) эластичность спроса для каждого товара;
- 3) прогноз продаж в единицах товара на каждый день текущего и следующего месяцев;
- 4) план проведения рекламных акций с фиксированием розничной цены и прогнозом прироста продаж в период их проведения;
- 5) остаток каждого товара в штуках и рублях (себестоимость, рассчитанной на основе принятого в компании метода расчета, например FIFO);
- 6) количество и стоимость заказанного количества каждого товара.

Требуется найти розничные цены такие, чтобы они обеспечивали выполнение установленных планов по продажам и прибыли, и связанные с ними изменения спроса на товары. Данную задачу предлагается решить по следующему алгоритму:

- 1) установить периодичность проведения переоценки (предлагается использовать достаточно короткий период, например 7 дней);
- 2) рассчитать план продаж и прибыли на установленный период переоценки, с учетом тренда, сезонности и т. п.;
- 3) установить прогноз продаж в штуках и рублях каждого товара в периоды акций с фиксированной ценой;
- 4) рассчитать эластичность спроса каждого товара как некоторую функцию от различных факторов, например % изменения цены, присутствия товара у конкурентов и цен на них, типа товара и т. п.;
- 5) рассчитать прогноз продаж каждого товара в штуках, не входящих в периоды рекламных акций;

б) рассчитать себестоимость каждого товара, которая будет продана за период переоценки. Она зависит от прогноза продаж в штуках, текущего остатка, заказанного количества в штуках и рублях и прогноза закупочной цены;

7) поставить оптимизационную задачу для поиска новых розничных цен и решить ее, на основании данных, полученных на предыдущих этапах.

#### *Расчет плана продаж и прибыли за период*

Для расчета плана продаж и прибыли за заданный в пункте 1 представленного выше алгоритма требуется:

1. Выбрать период, за который есть заданные плановые показатели и который полностью включает в себя заданный период для переоценки. Рекомендуется, чтобы период переоценки входил в первые 60–70 % периода с известными плановыми показателями. Это связано с тем, что при каких-то условиях (например, завышенных плановых показателях) решение невозможно будет найти. Например, если период переоценки равен 7 дням, периодичность планирования показателей – 1 месяц, то при проведении переоценки:

а) в первые 12–15 дней месяца рекомендуется использовать плановые показатели текущего месяца;

б) в последующие дни рекомендуется использовать сумму плановых показателей этого и следующего месяцев.

2. Найти фактические показатели выполнения плановых показателей за выбранный в предыдущем пункте периоде и рассчитать с их помощью суммы продаж и прибыли, которые требуется достичь за оставшийся период времени.

3. Для заданной группы товаров найти профиль спроса, который будет наблюдаться во всем заданном в пункте 1 периоде времени (который включает в себя как недельную сезонность, так и трендовую составляющую).

4. Распределить найденные в пункте 2 суммы плановых показателей по данному профилю и выбрать те дни, которые входят в период переоценки.

5. Найти суммы плановых показателей, которых требуется достичь, входящих в период переоценки.

#### *Расчет эластичности спроса*

В данный момент разработано множество различных методов расчета эластичности спроса в зависимости от различных факторов, начиная от эконометрических моделей и заканчивая методами экспертных оценок. Для примера, рассмотрим классический вариант – прямая эластичность спроса по цене, которая характеризует относительное изменение спроса на  $i$ -й товар при изменении его цены [1]. Коэффициентом прямой эластичности спроса по цене называют отношение относительного изменения объема спроса в процентах к относительному изменению цены:

$$e_i = \frac{\Delta Q_i}{\Delta P_i} \cdot \frac{P_i}{Q_i}.$$

В условиях постоянного изменения цен на товары, на товары-аналоги, на цены у конкурентов и прочей нестабильности найти достаточно точные значения коэффициентов эластичности исключительно статистическими методами проблематично (хотя и возможно). Поэтому, предлагается использовать в их качестве экспертные оценки для каждого товара отдельно либо для определенных групп товаров.

#### *Расчет прогноза спроса в заданный период*

Единственными параметрами, которые будут изменяться в рамках модели, являются розничные цены на товары, поэтому спрос на каждой товар будет некоторой функцией, зависимой от новых розничных цен (при этом спрос на один товар может зависеть от розничной цены на другой товар). Обозначим спрос на  $i$ -й товар как  $D_i$ ,  $D_i = D_i(P)$ , где  $P$  – вектор новых розничных цен. При этом прогноз спроса на товар представляет собой сумму прогнозов продаж в периоды акций (который не зависит от новой розничной цены, поскольку она уже зафиксирована) и прогноз продаж в обычные периоды, которые зависят от новой розничной цены:

$$D_i = D_i^a + D_i^h(P),$$

где  $D_i^a$  – прогноз в период акций,  $D_i^h(P)$  – прогноз спроса в неакционный период.

Обозначим прогноз продаж в рублях в периоды акций для товара  $i$  как  $U_i$ .

*Расчет себестоимости проданных на основании прогноза товаров*

Себестоимость товаров, которые будут проданы в заданный период времени, зависит от следующих факторов:

- 1) выбранного метода расчета себестоимости в компании (далее будет рассматриваться FIFO);
- 2) текущего остатка в штуках и рублях;
- 3) количества заказанного товара в штуках и рублях. В рамках модели предполагается, что товар поступит полностью и по заданной цене;
- 4) прогноза закупочной цены. При отсутствии прогнозирования данного показателя рекомендуется использовать последнюю цену закупки или заказа;
- 5) функции прогноза спроса.

Введем следующие обозначения:

$R_i^P$  – текущий остаток товара  $i$  в рублях;

$R_i^M$  – текущий остаток товара  $i$  в штуках;

$Q_i^P$  – сумма заказанного товара  $i$  в рублях;

$Q_i^M$  – сумма заказанного товара  $i$  в штуках;

$S_i$  – прогноз закупочной цены товара  $i$  в рублях.

Себестоимость товара, который будет продан в заданный период для переоценки, составляет

$$C_i(P) = \begin{cases} D_i \cdot \frac{R_i^P}{R_i^M}, & Di \leq R_i^M; \\ R_i^P + (D_i - R_i^P) \cdot \frac{Q_i^P}{Q_i^M}, & Di \leq R_i^M + Q_i^M; \\ R_i^P + Q_i^P + (D_i - R_i^P - Q_i^P) \cdot S_i, & Di > R_i^M + Q_i^M. \end{cases}$$

*Постановки задачи*

Введем дополнительные обозначения:

$I$  – количество товаров в заданной группе;

$X$  – план продаж в рублях;

$Y$  – план прибыли в рублях;

$p_i^{\text{мин}}$  – минимальная розничная цена на товар;

$p_i^{\text{макс}}$  – максимальная розничная цена на товар.

$$\sum_{i=1}^I (U_i + p_i \cdot D_i^H) \xrightarrow{P} X;$$

$$\sum_{i=1}^I (U_i + p_i \cdot D_i^H - C_i) = Y;$$

$$p_i \geq p_i^{\text{мин}}, \quad i = \overline{1, I};$$

$$p_i \leq p_i^{\text{макс}}, \quad i = \overline{1, I}.$$

Это задача недифференцируемой оптимизации (в частности, из-за вида  $C_i$ ), методы решения которой можно найти в [2, 3].

После этого, можно найти коэффициент изменения спроса, которое ожидается после введения новой цены:

$$k_i = \frac{D_i^H(P)}{D_i^H(P^T)},$$

где  $P^T$  – текущие розничные цены.

---

### Заключение

В данной статье была описана методика автоматического формирования новой розничной цены, которая позволяет оптимизировать достижение плановых значений в заданный период времени. Ее можно использовать и как предварительный расчет, предлагаемый для изменения цены, оставляя окончательное решение об утверждении ответственным сотрудникам. Помимо этого, модель позволяет автоматически корректировать прогнозы спроса и продаж на заданный период времени.

### Литература

1. Гальперин, В.М. *Микроэкономика* / В.М. Гальперин, С.М. Игнатьев, В.И. Моргунов. – СПб.: Экономическая школа, 1999. – 348 с.
2. Демьянов, В.Ф. *Недифференцируемая оптимизация* / В.Ф. Демьянов, Л.В. Васильев. – М.: Наука, 1981. 384 с.
3. Черноуцкий, И.Г. *Методы оптимизации в теории управления* / И.Г. Черноуцкий. – СПб.: Питер, 2004. – 104 с.

**Логиновский Олег Витальевич**, д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заведующий кафедрой информационно-аналитического обеспечения управления в социальных и экономических системах, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск); loginovskiyo@mail.ru.

**Баль Александр Вячеславович**, аспирант кафедры информационно-аналитического обеспечения управления в социальных и экономических системах, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск); balalexv@gmail.com.

*Поступила в редакцию 12 ноября 2014 г.*

---

**Bulletin of the South Ural State University**  
**Series "Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics"**  
**2015, vol. 15, no. 1, pp. 123–127**

---

## RETAIL PRICE CALCULATION MATHEMATICAL MODEL WITH CORRECTION OF THE FORECAST OF DEMAND FOR GOODS

**O.V. Loginovskiy**, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation,  
loginovskiyo@mail.ru,

**A.V. Bal**, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation,  
balalexv@gmail.com

There are differentiated and broadened in process of every retail chain development range of goods, shops etc. This makes necessary to increase sales and profit, improve stock management efficiency, use different automatic retail price assessment and based on specific algorithms demand forecasting instruments. These specific algorithms should consider range of factors such as planning numbers, demand elasticity, different marketing actions and many others.

The article describes retail prices assessment algorithm and mathematical model, which consider the factors mentioned above and beside allow to review demand forecasts considering price changes.

*Keywords: retailer chain, pricing, forecasting.*

**References**

1. Galperin V.M. *Mikroekonomika* [Microeconomics]. St. Petersburg, Ekonomicheskaya shkola Publ., 1999. 348 p.
2. Dem'yanov V.F. *Nedifferentsiruemaya optimizatsiya* [Nondifferentiable Optimization]. Moscow, Nauka Publ., 1981. 384 p.
3. Chernorutskiy I.G. *Metody optimizatsii v teorii upravleniya* [Optimization methods in Control Theory]. St. Petersburg, Piter Publ., 2004. 104 p.

*Received 12 November 2014*