

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЗАКАЗ ВЫСОКООБОРАЧИВАЕМЫХ ТОВАРОВ С НИЗКИМИ СРОКАМИ ГОДНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЧАСОВЫХ ПРОДАЖ

*А.В. Баль, О.В. Логиновский*

Проведенные авторами исследования в области автоматизированного заказа товаров в рамках розничных сетей показало, что одной из наиболее важных и сложных задач является автоматизированный заказ товаров, характеризующихся низкими сроками годности и высокой оборачиваемостью. К таким товарам относятся, в случае продуктовых розничных сетей – молоко, хлеб, отдельные виды фруктов и т. п. Для максимально корректного расчета количества товара, которое следует заказать для поставки, требуется выбрать или разработать наилучший способ прогнозирования спроса на него. Это связано с тем, что завышенные прогнозы приведут к списаниям по срокам годности, а заниженные – к отсутствию товара, доступного к продаже, в определенные моменты времени. В обоих случаях это приводит к большим потерям компании, учитывая высокую оборачиваемость данных товаров. Классическим и наиболее распространенным способом прогнозирования спроса является расчет среднедневных продаж с учетом или без учета тренда и сезонности. Однако для описанных выше товаров, точность прогнозирования снижается по причине отсутствия товара в определенные периоды дня. В данной статье описана методика, позволяющая усовершенствовать данный способ прогнозирования с помощью коррекции исходных исторических данных, позволяющая снизить данный вид ошибки прогнозирования. Помимо этого, в статье приведен способ расчета количества товара к заказу, учитывающий час прихода товара в магазин.

*Ключевые слова:* прогнозирование, розничные сети, автоматизированный заказ.

### Введение

Для определенного типа товаров, реализуемых розничными сетями, требуется максимально возможная точность прогнозирования спроса и расчета количества к заказу. В данной статье приводится методика, которая позволяет учесть отсутствие товара в определенный момент дня в прошлом и на основании этих данных получить более точные прогнозы спроса.

### Постановка и математическая модель задачи

Необходимость качественного прогнозирования спроса на товары является одним из наиболее важных условий эффективной работы очень большого спектра различных предприятий, в частности розничных сетей. Это подтверждается как эмпирически, так и в исследованиях многих авторов, таких как [1, 2].

Одним из основных параметров, используемых при автоматизированном формировании заказов на закупку, является прогноз продаж товаров. На данный момент известно множество методик, позволяющих получать их для совершенно разных типов товаров. Рассмотрим тип товаров, характеризующий следующими свойствами:

- низкий срок годности (1–5 дней);
- средние продажи в день не менее 30–40 единиц;
- ежедневные поставки от поставщика или со склада;
- нет неснижаемого остатка;
- слабый тренд и месячная сезонность, но возможна ярко выраженная недельная сезонность.

Примерами таких товаров являются молоко, хлеб, отдельные виды фруктов и т. п. Данный тип товаров требует очень точных прогнозов продаж, поскольку завышенное значение может приводить к списаниям по срокам годности, а заниженное – к отсутствию товара в наличии. Любая из этих проблем, учитывая средние продажи товара в день, чревата большими потерями для компании. В данной статье описывается способ расчета прогноза продаж для таких товаров, учитывающих влияние дефицита товара в определении периоды дня.

Одним из подходов для уточнения прогноза продаж и, соответственно, автоматизированного заказа товаров, является восстановление спроса, учитывающего дефицит товара. Как правило, в таком случае используются следующие правила:

- если остаток товара (здесь и далее он рассматривается на основании данных в информационной системе предприятия) на утро определенного дня равно 0, то продажи этого дня в расчет не берутся (продажи возможны даже при 0, поскольку остаток в системе может быть некорректен);
- если продажи товара в определенный день равны остатку товара на утро плюс поставленное количество, то продажи данного дня также не учитываются в расчете (поскольку мы не знаем, в какой момент товар закончился);
- если продажи товара в определенный день меньше остатка на утро этого дня плюс поставленное количество, то данный день учитывается в прогнозировании.

Для товаров, описанных выше, данная методика плохо подходит по следующей причине: в случае, если какой-то период времени товар не был выложен (например, с 09:00 до 13:00), то общие продажи за день будут больше 0 и, вероятно, меньше остатка плюс поставленное количество. По описанной выше методике данный день будет рассматриваться для расчета продаж, что приведет к заниженному прогнозу. Для обычных товаров данный момент может быть сглажен следующими методами (хотя и увеличит товарный запас, с сопутствующими проблемами):

- задать неснижаемый остаток товара. В таком случае, при заниженном прогнозе продажи будут осуществляться за счет неснижаемого остатка, что, в свою очередь, позволит восстановить значение спроса;
- увеличить/задать страховой запас товара на случай колебаний спроса;
- увеличить кратность заказа товара.

Однако для товаров, о которых идет речь выше, такие методы плохо подходят, поскольку при больших продажах значения этих показателей также придется делать достаточно высокими, что, в конечном итоге, приведет к излишнему остатку и в перспективе – большим списаниям по сроку годности.

#### *Алгоритм расчета количества к заказу*

Задача состоит в том, чтобы рассчитать количество заданного товара, которое надо заказать на заданный магазин, чтобы только в момент последующего прихода товара остаток был равен 0. Для ее решения предлагается использовать следующий алгоритм:

- 1) получить историю продаж товара в разрезе дата – час;
- 2) получить коэффициенты недельной сезонности для товара, в разрезе дней недели;
- 3) скорректировать историю продаж на коэффициенты недельной сезонности;
- 4) получить коэффициенты часового профиля (распределение продаж по часам внутри дня), в разрезе тип дня – час, где под типом дня подразумевается, является он выходным либо рабочим днем;
- 5) скорректировать историю продаж, полученную на этапе 3, на коэффициенты часового профиля;
- 6) для каждого часа рассчитать доверительные интервалы, на основе экспертно заданного значения вероятности и среднеквадратического отклонения, и среднее значение;
- 7) скорректировать историю продаж, полученную на этапе 5, заменив все значения, которые не попадают в доверительный интервал, на среднее значение для данного часа;
- 8) для каждого часа найти среднее значение, на основе истории продаж, полученной на этапе 7;
- 9) построить прогноз почасовых продаж на сегодня, завтра и послезавтра, на основании средних продаж в час, рассчитанных на этапе 8 и с обратной корректировкой на часовой профиль и недельную сезонность;
- 10) на основании полученных прогнозов рассчитать следующие значения:
  - а) количество товара, которое будет продано сегодня;
  - б) количество товара, которое будет продано завтра;
  - в) количество товара, которое будет продано завтра с открытия магазина до часа поставки  $N$ ;
- 11) рассчитать количество к заказу на основании рассчитанных выше значений, текущего остатка и уже заказанного количества.

#### *Расчет недельной сезонности*

Для корректного расчета недельной сезонности предлагается воспользоваться следующим алгоритмом:

1) вручную выбрать разрезы, которым принадлежит заданный товар. Как правило, в таком качестве выступает сам товар, некоторая категория, которой он принадлежит, бренд или какие-либо физические характеристики товара (например, вкус);

2) вручную выбрать разрезы, которым принадлежит данный магазин. В таком качестве может выступать сам магазин, формат, город, связка формат–город и т. п.;

3) вручную задать таблицу приоритетов выбора следующего вида (на основе выбранных в пунктах выше разрезах) (см. таблицу);

**Таблица**

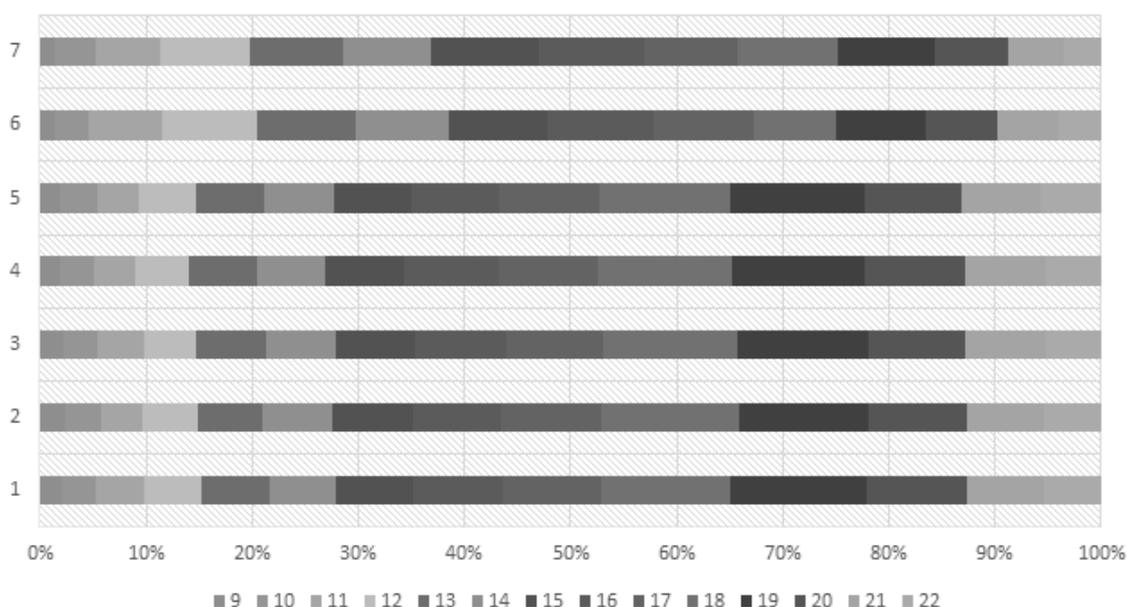
	Магазин	Формат	Формат–Город	Город	Компания
Товар	1	2	3	7	8
Бренд	4	5	6	9	10
Категория	11	12	13	14	19
Вкус	15	16	17	18	20

4) в порядке приоритетов, заданных на этапе 3, рассчитывается разрез, в рамках которого продажи достаточно стабильны (что проверяется некоторым критерием). Например, в качестве показателя можно использовать соотношение максимальных и минимальных продаж в один день недели, а в качестве критерия – отклонение более 50 % в ту или иную сторону.

С помощью данного алгоритма система рассчитывает максимально близкие к товару и магазину коэффициенты сезонности, но при этом будет избавлена от лишних отклонений. Так как в статье речь идет о товарах с большими продажами, наиболее частым итогом расчета будет разрез товар–магазин. Однако в случае, если в какие-то дни в магазине были какие-либо проблемы, система автоматически выберет какой-либо другой разрез (например «товар–формат»), внутри которого эти проблемы будут сглажены. Тем не менее, данный алгоритм возможно использовать для любых товаров, по которым требуется рассчитать коэффициенты недельной сезонности.

#### *Расчет часового профиля*

Для расчета часового профиля продаж был проведен предварительный анализ данных, который показал, что расчеты можно проводить в разрезе типов дней недели, а не непосредственно дней недели. Это позволило использовать более короткую историю исходных данных, что позволяет проводить расчеты на наиболее актуальных данных. Для наглядности приведем график, на котором изображены доли продаж каждого часа в сутках, в зависимости от дней недели, для определенного набора товаров и магазинов (см. рисунок).



**Структура продаж по часам**

На данном изображении можно увидеть, что профили выходных дней (линии 6 и 7) отличаются от профилей рабочих дней (линии 1–5), но внутри данных групп профили достаточно похожи, что позволяет в дальнейшем их рассматривать как один объект.

Для более корректного расчета значений процентов в часовом профиле можно воспользоваться алгоритмом, аналогичным описанному для недельной сезонности выше. При этом следует задать другой критерий «стабильности» показателя и, при необходимости, другие приоритеты выбора.

*Расчет доверительных интервалов для продаж по часам*

Доверительные интервалы [3], в которые должны попадать продажи по часам, рекомендуется делать неравномерными относительно среднего значения, например:

$$[A - 1 \cdot d; A + 2 \cdot d],$$

где  $A$  – среднее значение продаж в час, а  $d$  – среднеквадратическое отклонение.

Данная методика позволит, с одной стороны, убрать потери продаж от дефицита, с другой – позволить учесть некоторые всплески продаж.

*Расчет количества к заказу*

На 10-м этапе базового алгоритма мы получим следующие значения:

$A$  – количество товара, которое будет продано сегодня;

$B$  – количество товара, которое будет продано завтра;

$C$  – количество товара, которое будет продано завтра с открытия магазина до часа поставки  $N$ .

Действующий остаток товара обозначим буквой  $D$ , уже заказанное количество – буквой  $E$ .

Таким образом, количество к заказу находим следующим образом:

$$KЗ = \begin{cases} A + B + C - D - E, & A + B + C > D + E; \\ 0, & A + B + C \leq D + E. \end{cases}$$

**Заключение**

В данной статье приведен алгоритм и математическая модель расчета прогноза спроса на основании данных по почасовым продажам товара. Данный алгоритм был реализован и успешно внедрен в одной из розничных сетей регионального уровня.

*Литература*

1. Шрайбфедер, Д. Эффективное управление запасами / Д. Шрайбфедер. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2006. – 304 с.
2. Перминов, С.М. Построение розничных и дистрибьюторских сетей / С.М. Перминов. – СПб.: Питер, 2014. – 640 с.
3. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель. – М.: Наука, 1969. – 576 с.

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

**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.

*Поступила в редакцию 19 ноября 2014 г.*

## **AUTO REPLENISHMENT OF GOODS WITH HIGH TURNOVER AND SHORT SHELF LIFE USING HOURLY SALES DATA**

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

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

The researches carried out by the authors in the field of auto replenishment of goods within retail chains showed that one of the most important and difficult issues is auto replenishment of the goods, characterized by short shelf life and high turnover. Such products include, in the case of grocery retailers - milk, bread, some kinds of fruit, etc. To maximize a correct calculation of amount of the goods that should be ordered for delivery, it needs to select or develop the best way of demand forecasting. That is due to the fact that an overvalued forecast may lead to write-off because of expiration date, and an understated forecast way lead to the lack of goods available for sale at certain periods of time. In both cases, this leads to large losses for the company, having regard to the high turnover of these goods. The classic and the most common method of demand forecasting is calculation of average daily sales, with or without consideration of trend and seasonality. However for the above-described items the accuracy of the forecasting decreases because of out of stock at certain periods of the day. This article describes a methodology which makes it possible to improve the method of forecasting using a correction of initial historical data for reducing such kind of error. Moreover, in the article is shown a brand new method for calculating the quantity of the goods to be ordered. It takes into account the hour of goods delivery to the store.

*Keywords: forecasting, retail chains, auto replenishment.*

### **References**

1. Schreibfeder J. *Effektivnoe upravlenie zapasami* [Effective Inventory Management]. Moscow, Alpina Business Books Publ., 2006. 304 p.
2. Perminov S.M. *Postroenie roznichnykh i distrib'yutorskikh setey* [Building of Retail and Distribution Chains]. St. Petersburg, Piter Publ., 2014. 640 p.
3. Venttsel E.S. *Teoriya veroyatnostey* [Probabilities Theory]. Moscow, Nauka Publ., 1969. 576 p.

*Received 19 November 2014*