

Реализация задачи прогнозирования основных бюджетных показателей предприятия с использованием тренд-сезонных временных моделей

© 2011 А.А. Хакимов

Уфимский государственный авиационный технический университет

E-mail: hakimov@umro.ru

В статье рассмотрен подход к составлению прогноза сбыта предприятия с использованием аппарата временных рядов. В качестве прогнозируемых показателей были выбраны выручка от реализации и маржинальная прибыль предприятия. Корректировка значений показателей осуществлялась с использованием индексов цен промышленных производителей.

Ключевые слова: бюджетирование, прогнозирование, выручка, прибыль, прогнозные показатели, временные ряды.

В настоящее время любое планирование, в том числе бюджетное, начинается с составления прогноза сбыта. Бизнес-прогноз спроса представляет собой совокупность предполагаемых данных, отражающих особенности внешней и внутренней среды предприятия на будущий период. Данный показатель является первым и основным в системе внутрифирменного планирования, устанавливаемым на консолидированном уровне и обязательным к исполнению структурными подразделениями - центрами ответственности. От того, насколько точно составлен прогноз сбыта, зависят правильность избранной производственной программы, будущее финансовое благосостояние предприятия.

Среди основных методов составления прогнозов на предприятии следует выделить анализ тенденций и циклов, факторов, вызывающих изменения в объеме сбыта. Прогноз сбыта основывается на выявлении с помощью анализа рынка вероятностных тенденций и статистически значимых факторов, лежащих в их основе.

Первоочередным методом при оценке эффективности будущих управленческих решений является прогнозирование по временным рядам.

Модели, построенные по данным, характеризующим один объект за ряд последовательных периодов, называются моделями временных рядов¹. Каждый уровень временного ряда формируется под воздействием большого числа факторов, которые условно можно разделить на три группы: факторы, формирующие тенденцию ряда; факторы, формирующие циклические колебания ряда; случайные факторы.

В качестве прогнозируемых показателей были выбраны выручка от реализации и маржинальная прибыль предприятия. Корректировка значений показателей осуществлялась с использованием индексов цен промышленных производителей.

Предварительный анализ динамики выручки и маржинальной прибыли позволяет сделать заключение о наличии трендовой и сезонной составляющей временных рядов (рис. 1).

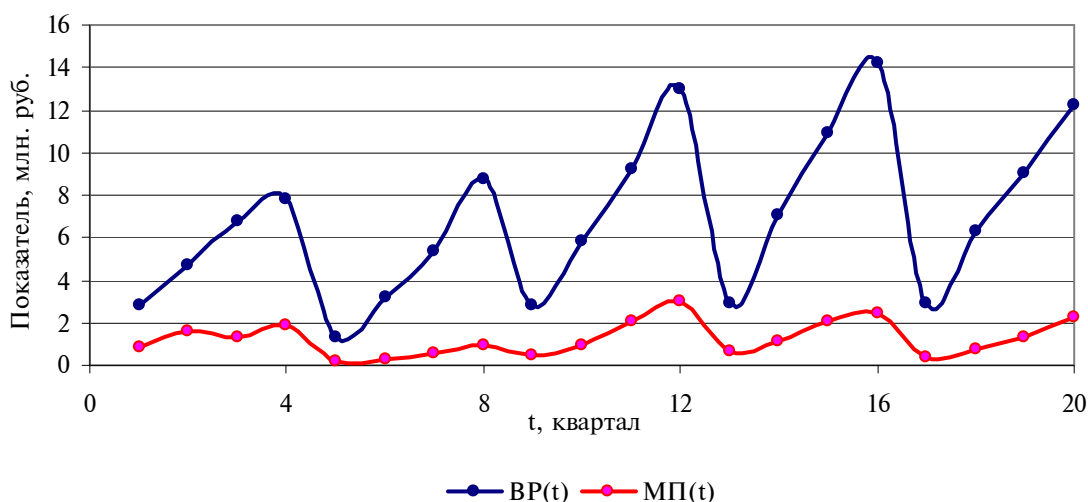


Рис. 1. Динамика основных экономических показателей предприятия за 2007-2008 гг.

Циклические колебания деловой активности и сезонные изменения сбыта предприятия определяются зависимостью сбыта от динамики основных отраслей промышленности.

Для выявления структуры ряда воспользуемся автокорреляционной функцией. Автокорреляция уровней ряда - это корреляционная зависимость между последовательными уровнями временного ряда²:

- коэффициент автокорреляции уровней ряда первого порядка:

$$r_1 = \frac{\sum_{t=2}^n (y_t - \bar{y}_1)(y_{t-1} - \bar{y}_2)}{\sqrt{\sum_{t=2}^n (y_t - \bar{y}_1)^2 \sum_{t=2}^n (y_{t-1} - \bar{y}_2)^2}}, \quad (1)$$

где $\bar{y}_1 = \frac{\sum_{t=2}^n y_t}{n-1}$, $\bar{y}_2 = \frac{\sum_{t=2}^n y_{t-1}}{n-1}$;

- коэффициент автокорреляции уровней ряда второго порядка:

$$r_2 = \frac{\sum_{t=3}^n (y_t - \bar{y}_3)(y_{t-2} - \bar{y}_4)}{\sqrt{\sum_{t=3}^n (y_t - \bar{y}_3)^2 \sum_{t=3}^n (y_{t-2} - \bar{y}_4)^2}}, \quad (2)$$

где $\bar{y}_3 = \frac{\sum_{t=3}^n y_t}{n-2}$, $\bar{y}_4 = \frac{\sum_{t=3}^n y_{t-1}}{n-2}$.

Были рассчитаны коэффициенты автокорреляции с первого до двенадцатого порядков

включительно. Последовательность коэффициентов автокорреляции уровней первого, второго и последующих порядков называют автокорреляционной функцией временного ряда, а график зависимости ее значений от величины лага (порядка коэффициента автокорреляции) - коррелограммой (рис. 2).

Анализ значений автокорреляционной функции позволяет сделать вывод о наличии в изучаемом временном ряде:

- 1) линейной тенденции;
- 2) сезонных колебаний периодичностью в четыре квартала.

Каждый уровень временного ряда формируется из трендовой (T), циклической (S) и случайной (E) компоненты³.

Для анализа показателей ОАО была выбрана аддитивная модель временного ряда, сводящаяся к расчету значений T , S и E для каждого уровня ряда и имеющая вид $Y = T + S + E$.

Построение модели включает следующие шаги:

- 1) выравнивание исходного ряда методом скользящей средней;
- 2) расчет значений сезонной компоненты S ;
- 3) устранение сезонной компоненты из исходных уровней ряда и получение выровненных данных в аддитивной ($T + E$) модели;
- 4) аналитическое выравнивание уровней ($T + E$) и расчет значений T с использованием полученного уравнения тренда;
- 5) расчет полученных по модели значений ($T + E$);
- 6) расчет абсолютных и относительных ошибок.

Кроме того, необходимо определить величину лага с использованием коррелограммы. В

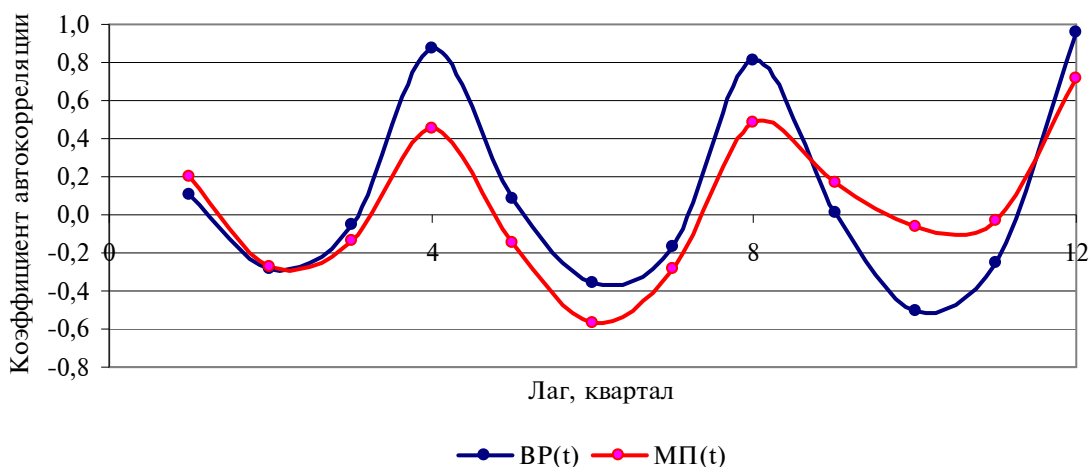


Рис. 2. Коэффициенты автокорреляции выручки и маржинальной прибыли предприятия

настоящей работе величина лага равна четырем кварталам. В соответствии с приведенной методикой исследуем выручку и маржинальную прибыль предприятия.

Результаты выравнивания рядов выручки и маржинальной прибыли методом скользящей средней и оценки сезонной компоненты как разности фактического уровня временного ряда и центрированной скользящей средней получены в ходе данного анализа и использованы в дальнейших исследованиях. Оценки сезонных компонент необходимы для расчета их значений. Для этого определяем средние за каждый квартал (по годам) оценки сезонной компоненты. В моделях с сезонной составляющей обычно предполагается, что сезонные взаимодействия за период взаимно погашаются. В аддитивной модели это выражается в том, что сумма значений сезонной компоненты по всем кварталам должна быть равна нулю. Полученные значения сезонных компонент представлены в табл. 1.

Элиминируем влияние сезонной компоненты, вычитая ее значение из каждого уровня временного ряда. Расчет величины $(T + E)$ производится за каждый момент времени. Полученный временной ряд содержит только тенденцию и случайную компоненту. Построение аналитической функции для моделирования тенденции (тренда) временного ряда называют аналитическим выравниванием временного ряда.

Для моделирования и прогнозирования показателей деятельности ОАО применяем полиномиальную функцию четвертого порядка:

$$\hat{y}_i = a + \sum_{j=1}^m b_j t^j. \quad (3)$$

Параметры трендов определяются методом наименьших квадратов, в качестве независимой переменной выступает время $t = \overline{1, n}$, а в качестве зависимой переменной - фактические уровни временного ряда y_i . Метод наименьших квадратов позволяет получить такие оценки параметров, при которых сумма квадратов отклонений фактических значений результативного признака y_i от теоретических (модельных) \hat{y}_i минимальна:

$$CKO(a_0, a_1, \dots, a_m) = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \rightarrow \min, \quad (4)$$

где a_0, a_1, \dots, a_m - оцениваемые параметры модели;

\hat{y}_i - модельные значения;

$$y_i = f(t_i, a_0, a_1, \dots, a_m).$$

Нормальная система уравнений имеет вид

$$\left\{ \begin{array}{l} a_0 \left(\sum_{i=1}^n t_i^0 \right) + a_1 \left(\sum_{i=1}^n t_i^1 \right) + a_2 \left(\sum_{i=1}^n t_i^2 \right) + a_3 \left(\sum_{i=1}^n t_i^3 \right) + \\ + a_4 \left(\sum_{i=1}^n t_i^4 \right) = \sum_{i=1}^n t_i^0 y_i, \\ a_0 \left(\sum_{i=1}^n t_i^1 \right) + a_1 \left(\sum_{i=1}^n t_i^2 \right) + a_2 \left(\sum_{i=1}^n t_i^3 \right) + a_3 \left(\sum_{i=1}^n t_i^4 \right) + \\ + a_4 \left(\sum_{i=1}^n t_i^5 \right) = \sum_{i=1}^n t_i^1 y_i, \\ a_0 \left(\sum_{i=1}^n t_i^2 \right) + a_1 \left(\sum_{i=1}^n t_i^3 \right) + a_2 \left(\sum_{i=1}^n t_i^4 \right) + a_3 \left(\sum_{i=1}^n t_i^5 \right) + \\ + a_4 \left(\sum_{i=1}^n t_i^6 \right) = \sum_{i=1}^n t_i^2 y_i, \\ a_0 \left(\sum_{i=1}^n t_i^3 \right) + a_1 \left(\sum_{i=1}^n t_i^4 \right) + a_2 \left(\sum_{i=1}^n t_i^5 \right) + a_3 \left(\sum_{i=1}^n t_i^6 \right) + \\ + a_4 \left(\sum_{i=1}^n t_i^7 \right) = \sum_{i=1}^n t_i^3 y_i, \\ a_0 \left(\sum_{i=1}^n t_i^4 \right) + a_1 \left(\sum_{i=1}^n t_i^5 \right) + a_2 \left(\sum_{i=1}^n t_i^6 \right) + a_3 \left(\sum_{i=1}^n t_i^7 \right) + \\ + a_4 \left(\sum_{i=1}^n t_i^8 \right) = \sum_{i=1}^n t_i^4 y_i. \end{array} \right. \quad (5)$$

Решение нормальной системы уравнений методом наименьших квадратов позволяет определить значения параметров a_0, a_1, \dots, a_m .

Полученные уравнения имеют вид:

1) выручка от реализации:

$$T = 0,0005t^4 - 0,0285t^3 + 0,5079t^2 - 3,0639t + 10,1342;$$

2) маржинальная прибыль:

$$T = 0,0002t^4 - 0,0103t^3 + 0,1815t^2 - 1,1594t + 3,0924.$$

Таблица 1. Сезонные компоненты основных бюджетных показателей

Квартал	Выручка	Маржинальная прибыль
I	-4,32	-0,74
II	-1,40	-0,41
III	1,45	0,28
IV	4,27	0,87

Таблица 2. Результаты аналитического выравнивания показателей

Показатели	Выручка	Маржинальная прибыль
a_0	10,1342	3,0924
a_1	-3,0639	-1,1594
a_2	0,5079	0,1815
a_3	-0,0285	-0,0103
a_4	0,0005	0,0002
R^2	0,796	0,807
Число наблюдений, t	20	20
Число степеней свободы	15	15

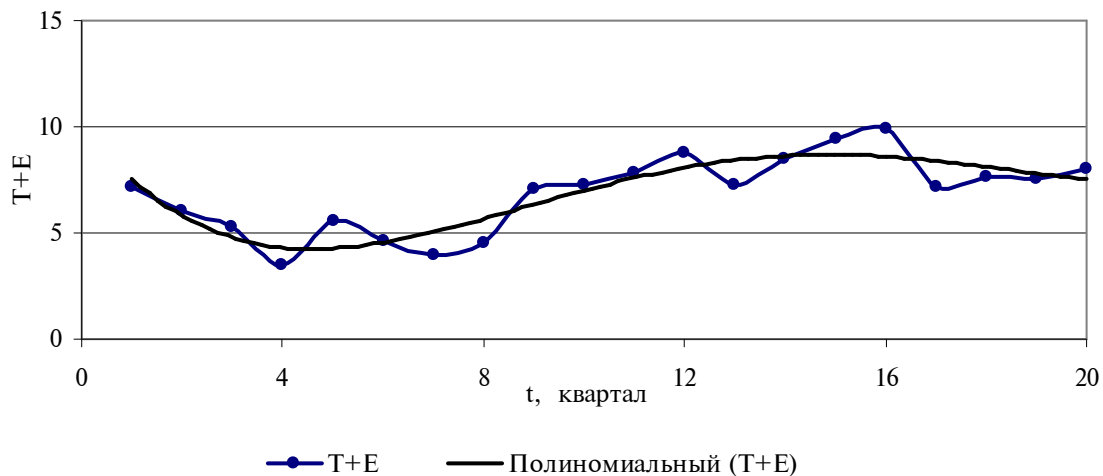


Рис. 3. Аналитическое выравнивание выручки от реализации

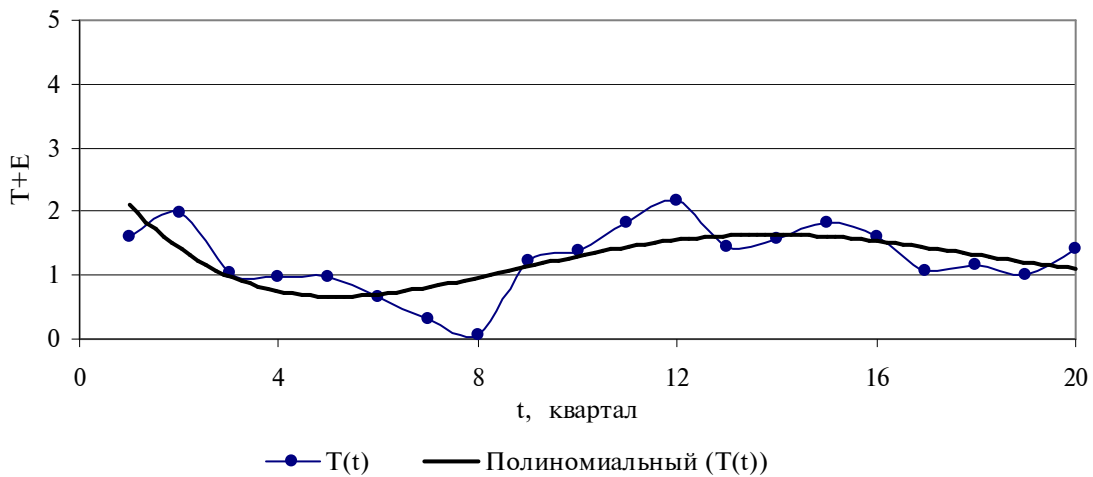


Рис. 4. Аналитическое выравнивание маржинальной прибыли

Результаты аналитического выравнивания представлены в табл. 2 и на рис. 3, 4.

Показатель R^2 - коэффициент детерминации, который рассчитывается по формуле

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}, \quad (6)$$

где y_i - фактические данные;

\hat{y}_i - модельные данные.

В соответствии с методикой построения аддитивной модели рассчитывается абсолютная ошибка: $E = Y - (T + S)$, а также значения R^2 для построенных моделей выручки и маржинальной прибыли. Результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3. Расчет значений показателя R^2

Показатель	Выручка	Маржинальная прибыль
$\sum_{i=1}^n E^2$	12,40	2,62
$\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$	268,37	12,38
$\frac{\sum_{i=1}^n E^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$	0,046	0,212
R^2	0,954	0,968

Следовательно, можно сказать, что аддитивная модель объясняет 95,4 % общей вариации уровней временного ряда выручки и 96,8 % общей вариации уровней временного ряда маржинальной прибыли за последние 20 кварталов. Уровень аппроксимации исходных данных высок.

Прогнозирование основных бюджетных показателей предприятия за I квартал следующего года осуществляется на основе построенной аддитивной модели. Прогнозное значение уровня временного ряда в аддитивной модели есть сумма трендовой и сезонной компонент.

Для определения трендовой компоненты воспользуемся уравнением тренда:

1) выручка:

$$T = 0,0005t^4 - 0,0285t^3 + 0,5079t^2 - 3,0639t + 10,1342; T(21) = 7,35;$$

2) маржинальная прибыль:

$$T = 0,0002t^4 - 0,0103t^3 + 0,1815t^2 - 1,1594t + 3,0924; T(21) = 1,07.$$

Значения сезонной компоненты в прогнозном квартале равны:

1) выручка: $S_1 = -4,32$;

2) маржинальная прибыль: $S_1 = -0,74$.

Основным критерием при оценке эффективности модели, используемой в прогнозировании, служит точность прогноза.

Таким образом, в результате решения задачи прогнозирования основных бюджетных по-

казателей ОАО с использованием тренд-сезонных временных моделей были получены прогнозные данные выручки от реализации и маржинальной прибыли на один временной период. Точность прогноза и надежность оценок прогноза можно охарактеризовать как высокую (отклонение величины выручки и маржинальной прибыли от фактических значений 12,6 и 21,1 %, соответственно).

Достоверность прогнозных данных доказывает объективность выбора полиномиальной функции тренда, а также аддитивной модели отделения от тенденции сезонных колебаний. Скорректированные таким образом бизнес-прогнозы необходимы для получения реалистичных бизнес-заданий и доведения их до центров ответственности.

Преимуществом предложенного подхода служит выявление тенденций и факторов, вызывающих изменения показателей деятельности, оно актуально вследствие наличия сезонной составляющей деятельности промышленного предприятия. Представленные бизнес-прогнозы выступают базой для формирования бюджетных показателей, предоставляемых центрам ответственности в качестве бизнес-заданий.

¹ Практикум по эконометрике: учеб. пособие / под ред. И.И. Елисеевой. М., 2001.

² Экономико-математические методы и прикладные модели: учеб. пособие для вузов / под ред. В.В. Федосеева. М., 2002.

³ Кендэл М. Временные ряды. М., 1981.

Поступила в редакцию 10.12.2010 г.