

Махлачева О. В.
магистрант,
Вятский государственный университет
Киров, Россия

**ПОСТРОЕНИЕ АДДИТИВНОЙ МОДЕЛИ ВРЕМЕННОГО РЯДА
МЕСЯЧНОЙ ВЫРУЧКИ КОМПАНИИ**

Аннотация: Статья посвящена построению модели аддитивного временного ряда, с помощью которого строится уравнение тренда и прогнозируется дальнейшее развитие предприятия. Получено уравнение тренда выручки на примере компании «ВНИАП».

Ключевые слова: временной ряд, сезонность, выручка, тренд, скользящая

Makhlacheva O. V.
undergraduate student,
Vyatka State University
Kirov, Russia

**CONSTRUCTION OF AN ADDITIVE MODEL OF A TIME SERIES
OF MONTHLY REVENUE OF THE COMPANY**

Abstract: The article is devoted to the construction of an additive time series model, with the help of which the trend equation is constructed and the further development of the enterprise is predicted. The equation of the revenue trend is obtained using the example of the company "VNIAP".

Keywords: time series, seasonality, revenue, trend, moving average

В анализе динамики финансовых результатов важное значение имеет трендовый анализ. Построение трендов позволяет:

- выявить общие тенденции изменения исследуемых показателей (выручки, прибыли) на основе выравнивания динамического ряда по соответствующим математическим моделям;

- тренд дает характеристику качества управления бизнесом;
- на основе экстраполяции тенденции тренд позволяет спрогнозировать значение исследуемых показателей на будущее [1].

На основе данных о выручке ООО «ВНИАП» за 12 месяцев, скорректированных на инфляцию, построим аддитивную модель тренда и сезонности для прогнозирования выручки компании на следующие кварталы. Общий вид аддитивной модели следующий:

$$Y = T + S + E$$

Эта модель предполагает, что каждый уровень временного ряда может быть представлен как сумма трендовой (T), сезонной (S) и случайной (E) компонент. Рассчитаем компоненты временного ряда.

1. Проведем выравнивание исходных уровней ряда методом скользящей средней. Для этого:

1.1. Найдем скользящие средние. Полученные таким образом выровненные значения уже не содержат сезонной компоненты.

1.2. Найдем оценки сезонной компоненты как разность между фактическими уровнями ряда и центрированными скользящими средними.

Таблица 1- Выравнивание исходных уровней ряда месячной выручки методом скользящей средней

| T (месяцы) | Y_t (выручка в месяц) | Скользящая средняя | Оценка сезонной компоненты |
|---------------|----------------------------|-----------------------|-------------------------------|
| 1 | 144 | - | - |
| 2 | 145 | 145.8 | -0.8 |
| 3 | 144 | 146 | -2 |
| 4 | 150 | 146.5 | 3.5 |
| 5 | 145 | 148 | -3 |
| 6 | 147 | 147.5 | -0.5 |
| 7 | 150 | 147.3 | 2.8 |
| 8 | 148 | 147 | 1 |
| 9 | 144 | 147 | -3 |
| 10 | 146 | 147.5 | -1.5 |
| 11 | 150 | - | - |
| 12 | 150 | - | - |

2. Используем полученные оценки для расчета значений сезонной компоненты S . Для этого найдем средние за каждый квартал оценки. В моделях с сезонной компонентой предполагается, что сезонные воздействия за период взаимопогашаются. В аддитивной модели это выражается в том, что сумма значений сезонной компоненты по всем кварталам должна быть равна нулю.

Таблица 2 - Значения сезонной компоненты по всем кварталам

| Показатели | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|--------|--------|-------|-------|
| 1 | - | -0.75 | -2 | 3.5 |
| 2 | -3 | -0.5 | 2.75 | 1 |
| 3 | -3 | -1.5 | - | - |
| Всего за период | -6 | -2.75 | 0.75 | 4.5 |
| Средняя оценка сезонной компоненты | -3 | -0.917 | 0.375 | 2.25 |
| Скорректированная сезонная компонента, S_i | -2.677 | -0.594 | 0.698 | 2.573 |

Для данной модели имеем:

$$-3 - 0.917 + 0.375 + 2.25 = -1.292$$

$$\text{Корректирующий коэффициент: } k = -1.292/4 = -0.323$$

Рассчитываем скорректированные значения сезонной компоненты S_i и заносим полученные данные в таблицу.

3. Исключим влияние сезонной компоненты, вычитая ее значение из каждого уровня исходного временного ряда. Получим величины $T + E = Y - S$ (гр. 4 табл.28). Эти значения рассчитываются за каждый момент времени и содержат только тенденцию и случайную компоненту.

Находим параметры уравнения методом наименьших квадратов (табл. 3). Для наших данных система уравнений имеет вид:

$$12a_0 + 78a_1 = 1763$$

$$78a_0 + 650a_1 = 11487.44$$

$$\text{Получаем } a = 145.647, b = 0.195$$

4. Определим компоненту T данной модели. Для этого проведем аналитическое выравнивание ряда $(T + E)$ с помощью линейного тренда. Результаты аналитического выравнивания, следующие:

$$T = 145.647 + 0.195t$$

Таблица 3 - Исключение влияния сезонной компоненты

| t | y | t ² | y ² | t·y | y(t) | | (y-y(t)) ² |
|----|---------|----------------|----------------|-----------|---------|--------|-----------------------|
| 1 | 146.677 | 1 | 21514.167 | 146.677 | 145.842 | 0.0574 | 0.697 |
| 2 | 145.594 | 4 | 21197.54 | 291.188 | 146.038 | 1.75 | 0.197 |
| 3 | 143.302 | 9 | 20535.487 | 429.906 | 146.233 | 13.065 | 8.59 |
| 4 | 147.427 | 16 | 21734.745 | 589.708 | 146.428 | 0.261 | 0.998 |
| 5 | 147.677 | 25 | 21808.521 | 738.385 | 146.624 | 0.578 | 1.11 |
| 6 | 147.594 | 36 | 21783.915 | 885.563 | 146.819 | 0.458 | 0.6 |
| 7 | 149.302 | 49 | 22291.112 | 1045.115 | 147.014 | 5.69 | 5.234 |
| 8 | 145.427 | 64 | 21149.037 | 1163.417 | 147.21 | 2.219 | 3.178 |
| 9 | 146.677 | 81 | 21514.167 | 1320.094 | 147.405 | 0.0574 | 0.53 |
| 10 | 146.594 | 100 | 21489.728 | 1465.938 | 147.6 | 0.104 | 1.013 |
| 11 | 149.302 | 121 | 22291.112 | 1642.323 | 147.796 | 5.69 | 2.269 |
| 12 | 147.427 | 144 | 21734.745 | 1769.125 | 147.991 | 0.261 | 0.318 |
| 78 | 1763 | 650 | 259044.275 | 11487.438 | 1763 | 30.191 | 24.733 |

Подставляя в полученное уравнение значения $t = 1, \dots, 12$, найдем уровни T для каждого момента времени (гр. 5 табл.4); гр.4 ($y_t - S_i$) представляет собой десеонализированный объем продаж, $A - S = T + E$

Таблица 4 - Определение компоненты T данной модели

| t | y _t | S _i | y _t - S _i | T | T + S _i | E = y _t - (T + S _i) | E ² | E/y _t | E /y _t |
|----|----------------|----------------|---------------------------------|---------|--------------------|--|----------------|------------------|-------------------|
| 1 | 144 | -2.677 | 146.677 | 145.842 | 143.165 | 0.835 | 0.697 | 0.0058 | 0.0058 |
| 2 | 145 | -0.594 | 145.594 | 146.038 | 145.444 | -0.444 | 0.197 | -0.00306 | 0.00306 |
| 3 | 144 | 0.698 | 143.302 | 146.233 | 146.931 | -2.931 | 8.59 | -0.0204 | 0.0204 |
| 4 | 150 | 2.573 | 147.427 | 146.428 | 149.001 | 0.999 | 0.998 | 0.00666 | 0.00666 |
| 5 | 145 | -2.677 | 147.677 | 146.624 | 143.947 | 1.053 | 1.11 | 0.00727 | 0.00727 |
| 6 | 147 | -0.594 | 147.594 | 146.819 | 146.225 | 0.775 | 0.6 | 0.00527 | 0.00527 |
| 7 | 150 | 0.698 | 149.302 | 147.014 | 147.712 | 2.288 | 5.234 | 0.0153 | 0.0153 |
| 8 | 148 | 2.573 | 145.427 | 147.21 | 149.783 | -1.783 | 3.178 | -0.012 | 0.012 |
| 9 | 144 | -2.677 | 146.677 | 147.405 | 144.728 | -0.728 | 0.53 | -0.00506 | 0.00506 |
| 10 | 146 | -0.594 | 146.594 | 147.6 | 147.007 | -1.007 | 1.013 | -0.0069 | 0.0069 |
| 11 | 150 | 0.698 | 149.302 | 147.796 | 148.494 | 1.506 | 2.269 | 0.01 | 0.01 |
| 12 | 150 | 2.573 | 147.427 | 147.991 | 150.564 | -0.564 | 0.318 | -0.00376 | 0.00376 |
| | | | | | | 3.41060 | 24.733 | -0.000883 | 0.101 |

5. Найдем значения уровней ряда, полученные по аддитивной модели. Для этого прибавим к уровням T значения сезонной компоненты для соответствующих кварталов (гр. 6 табл.). Проверим качество полученной модели. Рассчитаем среднюю процентную ошибку.

что меньше 5%.

Рассчитаем среднюю абсолютную процентную ошибку.

Поскольку $MARE < 10\%$, то модель подогнана с высокой точностью.

Средняя ошибка.

Среднее абсолютное отклонение.

Среднеквадратическая ошибка.

Для оценки качества построенной модели применим сумму квадратов полученных абсолютных ошибок.

Коэффициент детерминации.

Получаем $a = 144.485$, $b = 0.374$

Среднее значение

Таблица 5- Значения уровней ряда по аддитивной модели

| t | y | | t | y | |
|---|-----|-------|----|-----|-------|
| 1 | 144 | 8.507 | 8 | 148 | 1.174 |
| 2 | 145 | 3.674 | 9 | 144 | 8.507 |
| 3 | 144 | 8.507 | 10 | 146 | 0.84 |
| 4 | 150 | 9.507 | 11 | 150 | 9.507 |
| 5 | 145 | 3.674 | 12 | 150 | 9.507 |

| | | | | | |
|---|-----|---------|-------|------|--------|
| 6 | 147 | 0.00694 | сумма | | |
| 7 | 150 | 9.507 | 78 | 1763 | 72.917 |

Коэффициент детерминации.

Следовательно, можно сказать, что аддитивная модель объясняет 66% общей вариации уровней временного ряда.

Проверка адекватности модели данным наблюдения.

=

где m - количество факторов в уравнении тренда ($m=1$).

$$F_{кр} = 4.96$$

Поскольку $F > F_{кр}$, то уравнение статистически значимо

6. Прогнозирование по аддитивной модели. Прогнозное значение F_t уровня временного ряда в аддитивной модели есть сумма трендовой и сезонной компонент. Для определения трендовой компоненты воспользуемся уравнением тренда: $T = 145.647 + 0.195t$

Прогноз на первый прогнозный период (квартал):

$$T_{13} = 145.647 + 0.195 \cdot 13 = 148.187$$

Значение сезонного компонента за соответствующий период равно:

$$S_1 = -2.677$$

$$\text{Таким образом, } F_{13} = T_{13} + S_1 = 148.187 - 2.677 = 145.509$$

Прогноз на второй прогнозный период (квартал):

$$T_{14} = 145.647 + 0.195 \cdot 14 = 148.382$$

Значение сезонного компонента за соответствующий период равно:

$$S_2 = -0.594$$

$$\text{Таким образом, } F_{14} = T_{14} + S_2 = 148.382 - 0.594 = 147.788$$

В целом полученные результаты говорят о положительном характере прогноза выручки.

Использованные источники:

1. Адамайтис Л.А., Махлачева О.В., Адамайтис И.М. Обоснование управленческих решений на основе анализа финансовых результатов организации // Вектор экономики. 2023. № 6 [Электронный ресурс]. URL: http://www.vectoreconomy.ru/images/publications/2023/6/accounting/Adamaitis_Makhlacheva_Adamaitis.pdf (дата обращения: 23.06.2023).
2. Эконометрика. Учебно-методическое пособие [Электронный ресурс]- URL: <http://uchebnik.biz/book/568-yekonometrika-uchebnometodicheskoe-posobie/19-43-modelirovaniyesezonnyx-kolebanij.html> (дата обращения: 01.06.2023)
3. Орлова А. И. Эконометрика. [Электронный ресурс]- URL: <http://www.aup.ru/books/m153/6.htm> (дата обращения: 21.06.2023)