

**УДК 371.69:004.3**

**Вардомацкая Е.Ю.,**

ст. преподаватель кафедры

«Математика и информационные технологии»

Учреждение образования

«Витебский государственный технологический университет»,

г. Витебск, Республика Беларусь

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВРЕМЕННОГО РЯДА МЕТОДОМ СКОЛЬЗЯЩЕГО СРЕДНЕГО**

### **Аннотация**

В статье проанализированы возможности табличного процессора MS Excel для прогнозирования значений временного ряда с помощью сглаживания ряда методом скользящего среднего.

### **Ключевые слова**

временной ряд, эмпирические методы, скользящее среднее, прогнозирование, среднеквадратичное отклонение, линейная фильтрация.

Цель исследования: изучение эмпирических методов сглаживания и прогнозирования временных рядов с целью определения их эффективности; выполнение прогноза результатов деятельности торгового предприятия.

Информационная база - выручка одного из предприятий торговли Витебского района, Республика Беларусь за 11 месяцев предыдущего года.

Метод исследования: скользящее среднее.

Инструментарий исследования: табличный процессор MS Excel.

Временной (динамический) ряд представляет собой совокупность статистических значений какого-то показателя за определенное количество периодов времени, то есть иллюстрирует изменение рассматриваемого показателя

во времени. Одной из основных задач анализа временных рядов является задача прогноза значений исследуемого показателя на будущие временные периоды.

Как и большинство статистических данных, полученных опытным путем, временной ряд может содержать случайные значения (выбросы, шумы), которые искажают реальную картину изменения анализируемого показателя, и которые нужно каким-то образом нейтрализовать, то есть сгладить. Сглаживание позволит сделать достоверный прогноз. Суть сглаживания заключается в замене фактических значений ряда, расчетными значениями, полученными по определенной методике [1].

К наиболее распространенным эмпирическим методам сглаживания временных рядов можно отнести:

1. Обратное скользящее среднее.
2. Прямое скользящее среднее.
3. Центрированное скользящее среднее.
4. Метод Регрессии с адаптивной шириной полосы и некоторые другие.

Метод скользящей средней — один из наиболее простых, и в то же время результативных эмпирических методов для сглаживания и прогнозирования временных рядов. Алгоритм сглаживания временного ряда с помощью данного метода включает в себя 3 этапа [2]:

1. Абсолютные значения ряда меняются на средние арифметические значения за определенные интервалы времени.
2. Выбор временных интервалов осуществляется способом скольжения: первые уровни постепенно убираются, последующие - включаются
3. Результат - сложный динамический ряд значений, позволяющий проследить тенденцию изменений исследуемого параметра.

Например, чтобы спрогнозировать продажи на некоторый месяц  $m$ , исследователь выбирает количество предыдущих месяцев для анализа (оптимальное число  $m-1 \geq 8$ ), в результате чего получает прогноз - среднее значение параметров за  $m-1$  предыдущих месяцев.

В качестве информационной базы для анализа использованы значения выручки небольшого торгового предприятия Витебского района за предыдущие 11 месяцев, представленные в виде временного ряда.

Для выполнения расчетов использованы встроенные функции статистической категории табличного процессора MS Excel, надстройка Пакет Анализа и инструмент Линейная фильтрация/Скользящее среднее.

В результате расчета и анализа с использованием статистических функций MS Excel были получены значения скользящего среднего по 2, 3 и 4 месяцам и значения абсолютного, относительного и среднего квадратичного отклонения по месяцам (рисунок 1).

|    | A     | B                  | C            | D        | E                     | F        | G        | H                        | I            | J            | K            |
|----|-------|--------------------|--------------|----------|-----------------------|----------|----------|--------------------------|--------------|--------------|--------------|
| 1  |       | Скользящее среднее |              |          | Абсолютное отклонение |          |          | Относительное отклонение |              |              |              |
| 2  | Месяц | Выручка,<br>\$     | 2 месяца     | 3 месяца | 4 месяца              | 2 месяца | 3 месяца | 4 месяца                 | 2 месяца     | 3 месяца     | 4 месяца     |
| 3  | 1     | 11600              |              |          |                       |          |          |                          |              |              |              |
| 4  | 2     | 12500              |              |          |                       |          |          |                          |              |              |              |
| 5  | 3     | 13600              | 12050        |          |                       |          |          |                          |              |              |              |
| 6  | 4     | 13800              | 13050        | 12567    |                       |          |          |                          |              |              |              |
| 7  | 5     | 15000              | 13700        | 13300    | 12875                 | 1300     | 1700     | 2125                     | 8,67%        | 11,33%       | 14,17%       |
| 8  | 6     | 13500              | 14400        | 14133    | 13725                 | 900      | 633      | 225                      | 6,67%        | 4,69%        | 1,67%        |
| 9  | 7     | 14500              | 14250        | 14100    | 13975                 | 250      | 400      | 525                      | 1,72%        | 2,76%        | 3,62%        |
| 10 | 8     | 13000              | 14000        | 14333    | 14200                 | 1000     | 1333     | 1200                     | 7,69%        | 10,26%       | 9,23%        |
| 11 | 9     | 13500              | 13750        | 13667    | 14000                 | 250      | 167      | 500                      | 1,85%        | 1,23%        | 3,70%        |
| 12 | 10    | 14200              | 13250        | 13667    | 13625                 | 950      | 533      | 575                      | 6,69%        | 3,76%        | 4,05%        |
| 13 | 11    | 16000              | 13850        | 13567    | 13800                 | 2150     | 2433     | 2200                     | 13,44%       | 15,21%       | 13,75%       |
| 14 | 12    |                    | <b>15100</b> | 14567    | 14175                 | 971      | 1029     | 1050                     | <b>6,68%</b> | <b>7,03%</b> | <b>7,17%</b> |

Рисунок 1 – Результаты сглаживания временного ряда.

Наименьшее среднее квадратичное отклонение было зафиксировано при использовании двухмесячной модели скользящего среднего, и составило 1143,3 ден.ед. (рисунок 2).

| L                         | M        | N        |
|---------------------------|----------|----------|
| Среднее квадр. отклонение |          |          |
| 2 месяца                  | 3 месяца | 4 месяца |
| 1143,30                   | 1279,63  | 1292,98  |

Рисунок 2 – Значения средних квадратичных отклонений

Для визуализации результатов исследования построен график заданного временного ряда (рисунок 3).

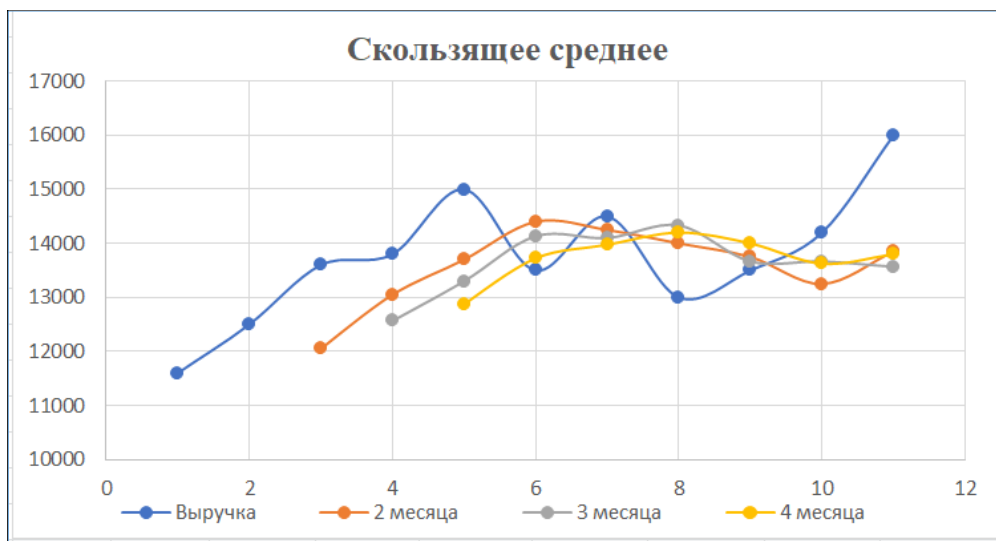


Рисунок 3 – Визуализация сглаживания временного ряда

На графике видно, что линии тренда скользящего среднего сдвинуты относительно линии исходного временного ряда. Это объясняется тем, что рассчитанные значения сглаженных временных рядов запаздывают по сравнению с соответствующими значениями заданного ряда, так как основу расчетов составили данные предыдущих наблюдений.

Сопоставление значений среднеквадратичных отклонений (рисунок 2) позволяют сделать следующий вывод: для составления прогноза выручки предприятия по методу скользящей средней в данном случае предпочтительнее модель двухмесячного скользящего среднего. У этой модели минимальные ошибки прогнозирования (рисунок 1) - 6,68% в сравнении с трех- 7,03% и четырехмесячной 7,17%. Прогнозируемое на 12 период значение составляет 15100 ден. ед. (ячейка C14, рисунок 1).

Следует отметить, что в данном случае сглаженное значение ряда в момент времени  $t$  рассчитывается по формуле

$$\bar{y}_t = \frac{y_{t-m+1} + y_{t-m+2} + \dots + y_t}{m}, \quad (1)$$

где  $m$  – интервал сглаживания.

Еще одним инструментом MS Excel для сглаживания временного ряда методом скользящего среднего является Пакет Анализа. Решение было реализовано на новом листе рабочей книги MS Excel.

После ввода соответствующих данных в окно Скользящее среднее Пакета Анализа ячейки C4:C14 (рисунок 4) будут заполнены результатами расчетов скользящего среднего с интервалом сглаживания  $m = 2$ , ячейки E4:E14 — с интервалом сглаживания  $m = 3$ , ячейки G4:G14 — с интервалом сглаживания  $m = 4$ .

|    | A      | B       | C                  | D          | E        | F          | G        | H          |
|----|--------|---------|--------------------|------------|----------|------------|----------|------------|
| 1  |        |         |                    |            |          |            |          |            |
| 2  | Месяцы | Прибыль | Скользящее среднее |            |          |            |          |            |
| 3  |        |         | По 2 мес           | Станд погр | По 3 мес | Станд погр | По 4 мес | Станд погр |
| 4  | 1      | 11600   | #Н/Д               | #Н/Д       | #Н/Д     | #Н/Д       | #Н/Д     | #Н/Д       |
| 5  | 2      | 12500   | 12050              | #Н/Д       | #Н/Д     | #Н/Д       | #Н/Д     | #Н/Д       |
| 6  | 3      | 13600   | 13050              | 502,49     | 12567    | #Н/Д       | #Н/Д     | #Н/Д       |
| 7  | 4      | 13800   | 13700              | 395,28     | 13300    | #Н/Д       | 12875    | #Н/Д       |
| 8  | 5      | 15000   | 14400              | 430,12     | 14133    | 830,44     | 13725    | #Н/Д       |
| 9  | 6      | 13500   | 14250              | 679,15     | 14100    | 673,58     | 13975    | #Н/Д       |
| 10 | 7      | 14500   | 14000              | 637,38     | 14333    | 616,14     | 14200    | 836,19     |
| 11 | 8      | 13000   | 13750              | 637,38     | 13667    | 526,69     | 14000    | 857,50     |
| 12 | 9      | 13500   | 13250              | 559,02     | 13667    | 408,25     | 13625    | 576,90     |
| 13 | 10     | 14200   | 13850              | 304,14     | 13567    | 539,55     | 13800    | 562,50     |
| 14 | 11     | 16000   | 15100              | 682,83     | 14567    | 909,82     | 14175    | 1061,40    |
| 15 | 12     |         | 15100              |            | 14567    |            | 14175    |            |

Рисунок 4 – Результаты сглаживания временного ряда инструментом Пакет Анализа

Эти результаты полностью совпадают со значениями, рассчитанными с помощью функции СРЗНАЧ() (рисунок 1, столбцы C, D, E). Более того, если посмотреть содержимое ячеек C5:C14, E6:E14 и G7:G14, то видно, что Пакет анализа занес в эти ячейки ту же функцию СРЗНАЧ(). Первые  $m-1$  значений сглаженного ряда Пакет анализа не рассчитывает и помещает в ячейки C4. E4:E5. G4:G6 соответственно сокращение #Н/Д (нет данных).

Особенностью решения в этом случае является то, что результаты сглаживания временного ряда размещаются на строку выше (рисунок 4), чем при расчете с

помощью функции СРЗНАЧ (рисунок 1), поскольку для расчета использует несколько другой вариант формулы (1). Так, при  $m=3$  формула для расчета скользящего среднего имеет вид:

$$\bar{y}_t = \frac{y_{t-1} + y_t + y_{t+1}}{3} \quad (2)$$

Поэтому прогнозируемое на 12 период значение, равное 15100 ден.ед., размещается в ячейке С14, соответствующей периоду 11 (рисунок 4).

Кроме этого, пакет анализа строит график фактических и сглаженных значений (рисунок 5).

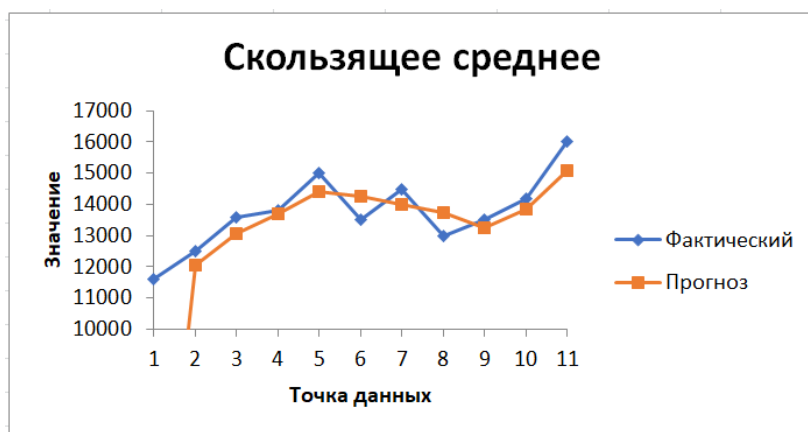


Рисунок 5 – График скользящего среднего для интервала сглаживания 2, построенный Пакетом анализа

Этот график нельзя назвать корректным, поскольку первые значения сглаженного ряда, которые не рассчитываются, показаны как нулевые.

Кроме описанных выше инструментов сглаживания временного ряда методом скользящего среднего, для этой цели в MS Excel можно использовать команду «Добавить линию тренда», выбрав инструмент Линейная фильтрация или Скользящее среднее в зависимости от версии MS Excel. При выборе этого варианта аппроксимации на точечном графике, отражающем значения выручки за рассматриваемые периоды, добавится линейный фильтр с заданным интервалом сглаживания (рисунок 6).

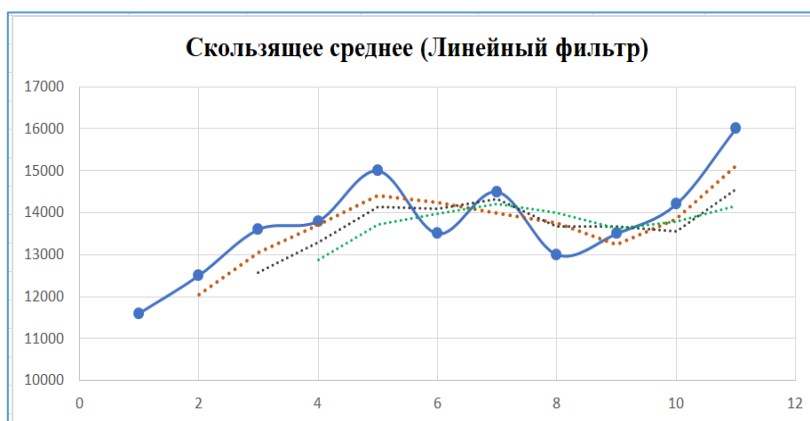


Рисунок 5 – Графики скользящего среднего для интервалов сглаживания 2, 3, 4, построенные инструментом Линейная фильтрация.

Полученные графики позволяют сделать вывод, что сглаженный ряд при большем интервале сглаживания ( $m = 3$ ,  $m = 4$ ) находится дальше от фактических значений, чем ряд с интервалом  $m = 2$ . Это происходит в результате влияния старых данных о размере выручки (за периоды 1-3). Чем больше интервал сглаживания, тем большее влияние имеют старые данные. Значения выручки за эти периоды обуславливают повышение среднего значения за периоды 3 и 4. Таким образом, для данного ряда более целесообразно выбрать интервал сглаживания  $m = 2$ , при котором результирующая кривая проходит наиболее близко к фактическим данным.

Составление прогноза с помощью инструмента скользящего среднего довольно просто и достаточно точно отражают изменения основных показателей предыдущего периода. Однако простое скользящее среднее является хоть и быстрым, но не всегда точным способом выявления общих тенденций временного ряда. При составлении прогнозов скользящего среднего с помощью надстройки Пакет Анализа прогноз создается на один временной период раньше. При использовании инструмента Линейная Фильтрация на графике не отражаются фактические числовые значения скользящего среднего, и нет возможности изменить расположение линии тренда. И, что самое главное, составление прогнозов на основе скользящего среднего не дают возможности для расчета

долгосрочных прогнозов, выходящих за пределы исходных данных. Для этой цели следует использовать, функции регрессионного анализа табличного процессора MS Excel или специализированные статистические пакеты [1].

**Список использованной литературы:**

1. Ивин Е.А., Артамонов Н.В., Курбацкий А.Н. Введение в анализ временных рядов. Учебное пособие для вузов, Вологда ВолНЦ РАН 2021.
2. Магнус Я.Р., Катышев П.К., Пересецкий А.А., Эконометрика. Начальный курс, М.: Дело, 2007.

© Вардомацкая Е.Ю., 2024