

А. С. Поздняков

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ХОЛЬТА-ВИНТЕРСА ПРИ АНАЛИЗЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИИ ДИНАМИКИ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

**Аннотация.** В статье рассматривается метод Хольта-Винтерса и его применение при анализе и прогнозировании динамики временных рядов. Представлен алгоритм прогнозирования по данному методу, приведен пример использования данного метода, а также его преимущества и недостатки.

**Ключевые слова:** метод Хольта-Винтерса, прогнозирование, временной ряд, анализ динамики, точность прогноза.

В связи с растущей неопределенностью внешней среды, увеличением рыночной конкуренции возникает необходимость в наиболее качественном принятии управленческих решений в области стратегического и тактического планирования. Также, ввиду наибольшего распространения интегрированного планирования на предприятиях и в цепях поставок, растет важность составляющей прогнозирования в системе планирования.

К сожалению, применение отдельных методов прогнозирования не приводит к оптимальному и достаточно точному результату, поскольку прогнозы могут учитывать не только факторы, оказывающее влияние на предмет прогнозирования, но и различные составляющие прогноза, такие как его основная тенденция развития, сезонная и циклические составляющие, случайная компонента [3].

Одним из методов, учитывающим несколько составляющих прогноза, является метод Хольта-Винтерса. Метод Хольта-Винтерса — это трехпараметрическая модель прогноза, которая учитывает:

- сглаженный экспоненциальный ряд;
- тренд;
- сезонность.

*Алгоритм расчета по методу Хольта-Винтерса*

Рассчитывается экспоненциально-сглаженный ряд по формуле

$$L_i = \frac{k \cdot y_i}{S_{i-s}} + (1+k) \cdot (L_{i-1} - T_{i-1}), \quad (1)$$

где  $S_{i-s}$  – коэффициент сезонности предыдущего периода.  
Сезонность в первом периоде равна 1.

*Определение значения тренда*

Оценивается сезонность:

$$S_i = \frac{q \cdot y_i}{L_i} + (1-q) \cdot S_{i-s}, \quad (2)$$

где  $S_i$  – коэффициент сезонности для текущего периода;  
 $q$  – коэффициент сглаживания сезонности (задается вручную и находится в пределах от 0 до 1);  
 $S_{i-s}$  – коэффициент сезонности за этот же период в предыдущем сезоне.

Осуществляется прогнозирование по методу Хольта-Винтерса  
Прогноз на  $p$  периодов вперед рассчитывается по формуле

$$\hat{Y}_{i-p} = (L_i + p \cdot T_i) \cdot S_{i-s+p}, \quad (3)$$

где  $\hat{Y}_{i-p}$  – прогноз по методу Хольта-Винтерса на  $p$  периодов вперед;  
 $S_{i-s+p}$  – коэффициент сезонности за этот же период в последнем сезоне.

Проанализируем и составим прогноз динамики перевозок изделий из черных металлов станции Екатеринбург-Товарный за 2014–2015 гг. с использованием данного метода. Расчеты по методу Хольта-Винтерса представлены в табл. 1.

*Таблица 1*

Расчетная таблица для метода Хольта-Винтерса

| Период |         | Объем (тонн) | Экспоненциально-сглаженный ряд | Значение тренда | Коэффициент сезонности в предыдущем периоде |
|--------|---------|--------------|--------------------------------|-----------------|---|
|        |         | $Y_i$        | $L_i$                          | $T_i$           | $S_i$                                       |
| 2014   | Январь  | 02           | 2802,00                        | 0,00            | 1,00  |
|        | Февраль | 3582         | 2958,00                        | 46,80           | 1,00  |

| Период |          | Объем (тонн) | Экспоненциально-<br>сглаженный ряд | Значение<br>тренда | Коэффициент<br>сезонности<br>в предыдущем<br>периоде |
|--------|----------|--------------|------------------------------------|--------------------|--|
|        |          | $Y_i$        | $L_i$                              | $T_i$              | $S_i$  |
| 2014   | Март     | 22           | 3188,24                            | 101,83             | 1,00   |
|        | Апрель   | 3199         | 3271,86                            | 96,37              | 1,00   |
|        | Май      | 2390         | 3172,58                            | 37,67              | 1,00   |
|        | Июнь     | 3189         | 3206,00                            | 36,40              | 1,00   |
|        | Июль     | 3114         | 3216,72                            | 28,69              | 1,00   |
|        | Август   | 3270         | 3250,33                            | 30,17              | 1,00   |
|        | Сентябрь | 5289         | 3682,20                            | 150,68             | 1,00   |
|        | Октябрь  | 3622         | 3790,71                            | 138,03             | 1,00   |
|        | Ноябрь   | 3687         | 3880,39                            | 123,52             | 1,00   |
|        | Декабрь  | 3298         | 3862,73                            | 81,17              | 1,00   |
| 2015   | Январь   | 2503         | 3655,72                            | -5,29              | 0,78   |
|        | Февраль  | 3629         | 3646,14                            | -6,57              | 1,00   |
|        | Март     | 5614         | 4034,46                            | 111,89             | 1,27   |
|        | Апрель   | 5292         | 4375,48                            | 180,63             | 1,15   |
|        | Май      | 3582         | 4361,29                            | 122,19             | 0,87   |
|        | Июнь     | 4886         | 4563,98                            | 146,34             | 1,05   |
|        | Июль     | 6491         | 5066,46                            | 253,18             | 1,20   |
|        | Август   | 6147         | 5485,11                            | 302,82             | 1,08   |
|        | Сентябрь | 5071         | 5644,54                            | 259,80             | 0,93   |
|        | Октябрь  | 4615         | 5646,48                            | 182,44             | 0,87   |
|        | Ноябрь   | 4861         | 5635,34                            | 124,37             | 0,90   |
|        | Декабрь  | 5592         | 5726,16                            | 114,31             | 0,98   |

В табл. 2, представлены значения, полученные при прогнозировании по методу Хольта-Винтерса на 6 месяцев вперед:

Таблица 2

## Результаты прогноза по методу Хольта-Винтерса

| Год  | Месяц   | Период | Прогнозный объем (тонн) |
|------|---------|--------|-------------------------|
| 2016 | Январь  | 1      | 4551,34                 |
|      | Февраль | 2      | 5935,18                 |
|      | Март    | 3      | 7732,37                 |
|      | Апрель  | 4      | 7090,04                 |
|      | Май     | 5      | 5509,99                 |
|      | Июнь    | 6      | 6728,69                 |

Графическая интерпретация прогноза представлена на рис. 1:

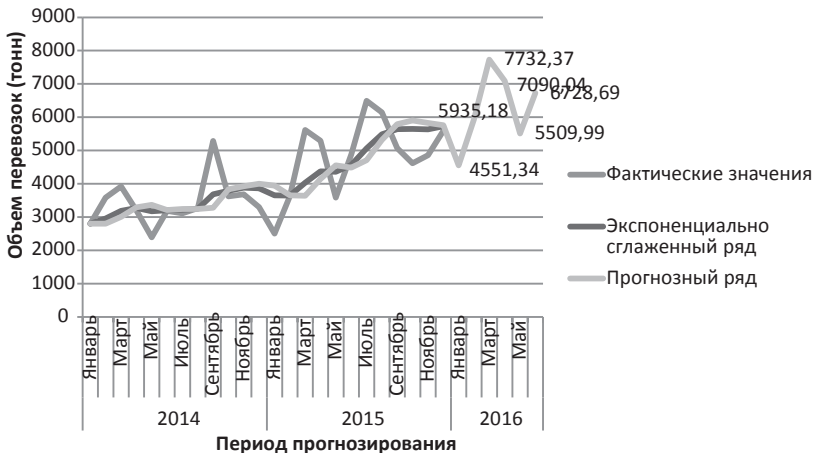


Рис. 1. Графическая интерпретация прогноза по методу Хольта-Винтерса

Для метода Хольта-Винтерса также необходимо оценить точность прогноза. Точность прогноза рассчитывается по следующему алгоритму.

*Расчет значений прогнозной модели*

Значение прогнозной модели рассчитывается по формуле

$$\bar{y}_i = L_{i-1} + T_{i-1}, \quad (4)$$

где  $\bar{y}_i$  – значение прогнозной модели для  $i$ -го периода.

*Расчет ошибки модели*

Ошибка модели находится по формуле

$$\gamma_i = y_i - \bar{y}_i, \quad (5)$$

где  $\gamma_i$  – ошибка модели для  $i$ -го периода.

*Расчет точности прогноза*

Для этого определяется отклонение ошибки модели от прогнозной модели:

$$\Delta\gamma_i = \frac{\gamma_i^2}{y_i^2}. \quad (6)$$

Точность прогноза находится как единица минус среднее значение отклонений ошибок модели от прогнозной модели [4].

Для оценки точности прогноза коэффициенты подбираются вручную и для данного временного ряда они составляют:  $k - 0,2$ ,  $b - 0,3$  и  $q - 0,7$ .

Оценка точности прогноза представлена в табл. 3.

*Таблица 3*

Расчет оценки точности прогноза по методу Хольта-Винтерса.

| Оценка точности прогноза  |               |   |                   |
|---------------------------|---------------|---|-------------------|
| Прогноз для оценки модели | Ошибка модели | Отклонение ошибки модели от прогнозной модели | Точность прогноза |
| 2802,00                   |               |   | 94,41 %           |
| 2802,00                   | 780,00        | 0,0474  |                   |
| 3004,80                   | 917,20        | 0,0547  |                   |
| 3290,07                   | -91,07        | 0,0008  |                   |
| 3368,23                   | -978,23       | 0,1675  |                   |
| 3210,25                   | -21,25        | 0,0000  |                   |
| 3242,40                   | -128,40       | 0,0017  |                   |
| 3245,42                   | 24,58         | 0,0001  |                   |
| 3280,50                   | 2008,50       | 0,1442  |                   |
| 3832,88                   | -210,88       | 0,0034  |                   |

| Оценка точности прогноза  |               |   |                   |
|---------------------------|---------------|---|-------------------|
| Прогноз для оценки модели | Ошибка модели | Отклонение ошибки модели от прогнозной модели | Точность прогноза |
| 3928,73                   | -241,73       | 0,0043  | 94,41 %           |
| 4003,91                   | -705,91       | 0,0458  |                   |
| 3943,90                   | -1440,90      | 0,3314  |                   |
| 3650,43                   | -21,43        | 0,0000  |                   |
| 3639,57                   | 1974,43       | 0,1237  |                   |
| 4146,35                   | 1145,65       | 0,0469  |                   |
| 4556,12                   | -974,12       | 0,0740  |                   |
| 4483,48                   | 402,52        | 0,0068  |                   |
| 4710,32                   | 1780,68       | 0,0753  |                   |
| 5319,63                   | 827,37        | 0,0181  |                   |
| 5787,93                   | -716,93       | 0,0200  |                   |
| 5904,35                   | -1289,35      | 0,0781  |                   |
| 5828,92                   | -967,92       | 0,0396  |                   |
| 5759,71                   | -167,71       | 0,0009  |                   |

Данный метод обладает следующими преимуществами.

Метод Хольта-Винтерса включает в себя три составляющих: основную тенденцию развития, сезонность и экспоненциально-сглаженный ряд. Благодаря тренду с включенным экспоненциальным сглаживанием, можно не только выявить направление развития ряда динамики, но и сгладить мелкие колебания в ряду динамики для поиска частных спадов и скачков. Сезонность позволяет построить прогноз на будущие периоды с учетом данной сезонности, что наглядно показывает построенный прогноз.

Данный метод позволяет строить прогнозы на достаточно большой промежуток времени. Поскольку он учитывает несколько факторов прогнозирования, то он будет более точным при прогнозировании на длительный промежуток времени. Но данный метод имеет также следующие ограничения.

Для построения наиболее точного прогноза необходимы данные за достаточно длительный промежуток времени. Для построения наиболее точного прогноза желательно использовать данные за 4–5

прогнозных периода. Соответственно, чем больше временных данных, тем на более долгий период вперед должен быть осуществлен прогноз.

Для данного метода необходимо проводить дополнительную оценку точности прогноза. Приведенный ранее алгоритм применяется только для оценки прогноза по данному методу, поскольку коэффициенты  $k$ ,  $b$  и  $q$  подбираются вручную и напрямую влияют на текущую оценку.

Метод Хольта-Винтерса может применяться:

– при стратегическом планировании: построение основной тенденции развития (тренда) позволяет учитывать восходящую или нисходящую динамику исследуемого явления. Например, в данном случае ярко видна возрастающая тенденция развития перевозок черных металлов, на что в будущем могут сказаться имеющиеся мощности предприятий-перевозчиков (наращивание парка вагонов для их перевозки);

– при оперативном и тактическом планировании: выявленная сезонная составляющая позволяет сказать о неравномерности распределения объемов по месяцам по отношению к данной динамике. Это нужно учитывать при составлении планов, поскольку планируемые объемы будут варьироваться из месяца в месяц. Экспоненциальное сглаживание учитывает внутренние спады и подъемы в ряде динамики. Его можно использовать при выявлении крупных спадов и подъемов заблаговременно (при применении тактического планирования) и быть к ним готовым.

Таким образом, применение данного метода имеет достаточно большую сферу применения. Данный метод основан на использовании большого объема статистических данных, что не всегда может быть актуально. Метод Хольта-Винтерса может применяться при комбинированном прогнозировании в «связке» с экспертными методами прогнозирования [1, 2].

#### Библиографический список

1. Бочкарев А. А. Планирование и моделирование цепи поставок : учеб.-метод. пособие / А. А. Бочкарев. – М. : Альфа-Пресс, 2008. – 192 с.
2. Кириллов В. И. Квалиметрия и системный анализ : учеб. пособие / В. И. Кириллов. – Минск : Новое знание; М. : Инфра-М, 2011. – 440 с. – (Высшее образование).

3. Пузанова И. А. Интегрированное планирование цепей поставок : учебник для бакалавриата и магистратуры / И. А. Пузанова ; под ред. Б. А. Аникина. – М. : Юрайт, 2014. – 320 с.
4. Прогноз по методу экспоненциального сглаживания с трендом и сезонностью Хольта-Винтерса [Электронный ресурс]. – URL: <http://4analytics.ru/prognozirovanie/prognoz-po-metodu-eksponencialnogo-sglajvaniya-s-trendom-i-sezonnostyu-xolta-vintersa> (дата обращения 20.10.2016).