УДК 556.048

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПО МЕТОДУ АДАПТИВНОГО СТАТИСТИЧЕСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

© Гульсара Зарпеновна АБДЫБАЕВА
Университет Туран-Астана, г. Астана, Республика Казахстан,
кандидат экономических наук, кафедра экономики и бизнеса,
e-mail: abd.gulsara@mail.ru
© Светлана Боранбаевна ЕРМАГАНОВА
Университет Туран-Астана, г. Астана, Республика Казахстан,
магистр экономических наук, кафедра «Экономические дисциплины»,
e-mail: svet-30@inbox.ru
© Сауле Сенбековна ШИНТАЕВА
Университет Туран-Астана, г. Астана, Республика Казахстан,
магистр экономической теории, кафедра «Экономические дисциплины»,
e-mail: saveliya13@mail.ru

На практике для описания временных рядов с варьирующими характеристиками наиболее часто используется метод экспоненциального сглаживания. При использовании метода экспоненциального сглаживания степень воздействия каждого члена динамического ряда на величину переменной *Y* в будущем распределяется в соответствии с экспоненциальным законом.

Ключевые слова: временной ряд; тенденция; модель; полином; экспоненциальное сглаживание; статистическая достоверность; константа сглаживания; экспоненциальные средние.

Подвижность количественных и качественных характеристик, чередование эволюционного и скачкообразного развития позволяют относить отдельные экономические процессы к разряду нестационарных явлений, находящихся в определенные моменты времени в состоянии коренной структурной перестройки. Для аналитического описания нестационарных динамических рядов целесообразно использовать методы адаптивного статистического моделирования. Отличительная особенность этих методов заключается в приспособлении (адаптации) прогнозирующей функции к изменяющимся условиям существования объекта [1, с. 311].

На практике для описания временных рядов с варьирующими характеристиками наиболее часто используется метод экспоненциального сглаживания. Этот метод приспособлен для количественной оценки влияния, которое оказывают на прогнозируемый показатель предшествующие члены динамического ряда с учетом их отдаленности от конца рассматриваемой последовательности переменных величин.

Характерной чертой адаптивных методов прогнозирования является неоднозначный подход к элементам ряда, расположенном в начале, середине и конце последовательности числовых величин.

При использовании метода экспоненциального сглаживания степень воздействия каждого члена динамического ряда на величину переменной *Y* в будущем распределяется в соответствии с экспоненциальным законом. Это означает, что воздействие замыкающих наблюдений отражается на прогнозных оценках более заметно, чем влияние начальных уровней ряда.

Считается, что в ходе экспоненциального сглаживания тенденция изменения признака может быть описана в виде полинома [2, с. 403]:

$$\overline{Y_t} = a_0 + a_1 \cdot t + \frac{a}{2!} \cdot t^2 + \frac{a_3}{3!} \cdot t^3 + \ldots + \frac{a_p}{P!} \cdot t^p . \quad (1)$$

Для наделения модели (1) адаптивными свойствами используется такой расчетный механизм, который позволяет корректировать параметры уравнения после завершения очередного единичного периода времени.

Доказано, что модель (1) можно выразить в виде совокупности экспоненциальных средних первого (S_t^1), второго$\left(S_t^2\right)$,…., к-го

$\left(S_t^k\right)$,…, (p+1)-го $\left(S_t^{P+1}\right)$ порядка. Расчет экспоненциальных средних осуществляется по формулам:

$$S_t^1 = a\sum_{j=0}^{n}(1-a)^j \cdot Y_{t-j}$$

$$S_t^2 = a\sum_{j=0}^{n}(1-a)^j \cdot S_t^1 - j \qquad (2)$$

....

$$S_t^k = a\sum_{j=0}^{n}(1-a)^i \cdot S_{t-j}^{k-1},$$

где a – параметр сглаживания.

Экспоненциальные средние определенным образом связаны между собой.

Поэтому их можно найти по формулам:

$$S_t^2 = a \cdot S_t^1 + (1-a) \cdot S_{t-2}^2$$

$$S_t^3 = a \cdot S_t^2 + (1-a) \cdot S_{t-1}^3 \qquad (3)$$

....

$$S_t^k = a \cdot S_t^{k-1} + (1-a) \cdot S_{t-1}^k.$$

Статистическая достоверность прогнозных оценок в значительной степени зависит от правильности выбора параметра сглаживания a. Постоянная сглаживания характеризует чувствительность моделей (1) к варьированию исследуемого признака. При малых a на прогнозируемый уровень оказывают влияние практически все члены динамического ряда, при больших a – лишь замыкающие элементы рассматриваемой совокупности. Чем больше величина параметра сглаживания, тем выше адаптивные свойства прогнозирующих моделей. Напротив, уменьшение a наделяет уравнения (1) способностью отображать преимущественно долговременную тенденцию изменения показателя.

При выборе константы сглаживания особую роль играет период упреждения прогноза.

Для краткосрочных прогнозов параметр a следует принимать на относительно высоком уровне. В этом случае наибольшее значение будет придаваться оперативной информации, характеризующей состояние объекта в настоящем и недалеком прошлом.

По мере увеличения глубины прогноза константа сглаживания должна уменьшаться. Это позволит более полно учесть долговременные аспекты формирования переменной $\boldsymbol{y_t}$ на перспективу.

На практике применяются различные методы определения параметра сглаживания.

Ориентировочный расчет константы a можно выполнить по формуле

$$a = 2/(m+1). \qquad (4)$$

Рассмотрим часто встречающиеся виды полинома – линейный и параболический:

$$\overline{Y_t} = a_0 + a_1 \cdot t$$

$$\overline{Y_t} = a_0 + a_1 \cdot t + \frac{a_2}{2!} \cdot t^2.$$

Приведем последовательность (алгоритм) вычислений при экспоненциальном сглаживании.

1. Находим модель изменения показателя. Динамика изменения показателя y_t может быть описана уравнением прямой

$$\overline{Y}_t = a_0 + a_1 \cdot t. \qquad (5)$$

2. Определяем параметры сглаживания: для прогнозирования по методу экспоненциального выравнивания определим параметр сглаживания a. Расчет выполним по формуле (4). Длину интервала сглаживания m будем считать приблизительно равной продолжительности длине ряда. Выберем, например, $m = 18$. Тогда $a = 2/(m+1)$.

Во многих случаях выбирают несколько параметров сглаживания. По какому выбранному параметру сглаживания будет минимальная ошибка прогноза – выбирается тот параметр сглаживания.

3. Определим начальные значения экспоненциальных средних. Расчеты выполним по формулам (6). В качестве констант a_0 и a_1 используем параметры уравнения (5).

$$S_1^1 = \overline{a_0} - \frac{1-a}{a}\overline{a_1}$$

$$S_1^2 = \overline{a_0} - \frac{2-a}{a}\overline{a_1}. \qquad (6)$$

Для параболической модели экспоненциальные средние находятся по формуле:

$$S_1^1 = a_0 - \frac{1-a}{a}\cdot a_1 + \frac{(1-a)\cdot(2-a)}{2a^2}\cdot a_2$$
$$S_1^2 = a_0 - \frac{2(1-a)}{a}\cdot a_1 + \frac{(1-a)\cdot(3-2a)}{a^2}\cdot a_2 \quad (7)$$
$$S_1^3 = a_0 - \frac{3(1-a)}{a}\cdot a_1 + \frac{3(1-a)\cdot(1-3a)}{a}\cdot a_2,$$

где a_0, a_1, a_2 – коэффициенты уравнения параболической модели; a – параметр сглаживания.

4. По формулам (8) найдем параметры прогнозирующей функции:

$$\overline{a_0} = 2S_2{}^1 - S_2{}^2$$
$$\overline{a_1} = \frac{a}{1-a}(S_2{}^1 - S_2{}^2). \quad (8)$$

Для параболической модели $\overline{a_0}$, $\overline{a_1}$, $\overline{a_2}$ – находим по формулам:

$$\overline{a_0} = 3(S_1^1 - S_1^2) + S_1^3$$
$$\overline{a_1} = a/2\cdot(l-a)^2\cdot\left[(6-5a)\cdot S_t^1 - 2(5-4a)\cdot S_t^2 + (4-3a)\cdot S_t^3\right] \quad (9)$$
$$\overline{a_2} = a^2/(l-a)^2\cdot(S_t^1 - 2\cdot S_t^2 + S_t^3).$$

5. По формуле (10) устанавливают прогнозное значение переменной для момента времени $t + 1$:

$$\hat{y}_{t+l} = \overline{a_0} + \overline{a_1}\cdot l, \quad (10)$$

для параболической модели:

$$\hat{y}_{t+l} = \overline{a_0} + \overline{a}\cdot t_1 + \frac{\overline{a_2}}{2!}\cdot l^2, \quad (12)$$

где – l период упреждения ($l = 1, 2, \ldots$).

6. Отыскиваются экспоненциальные средние для $t = 2, \ldots, n$ по формулам:

$$S_t^1 = a\cdot У_t + (l-a)\cdot S_{t-l}^1$$
$$S_t^2 = a\cdot S_t^1 + (l-a)\cdot S_{t-l}^2 \quad (13)$$
$$S_t^3 = a\cdot S_t^2 + (l-a)\cdot S_{t-l}^3.$$

В указанной последовательности рассчитываются экспоненциальные средние и параметры прогнозирующей функции, расчетные значения показателя для всех остальных значений *t*. Результаты вычислений нужно представить в табличном виде.

7. Возвращаемся к пункту 4 – рассчитываем параметры, расчетные значения показателя $\hat{y}_t$ по уравнению (10) для всех ($t \le n$).

8. По последней модели для $t = n$: $\hat{y}_{t+l}$ определяется прогнозные значения.

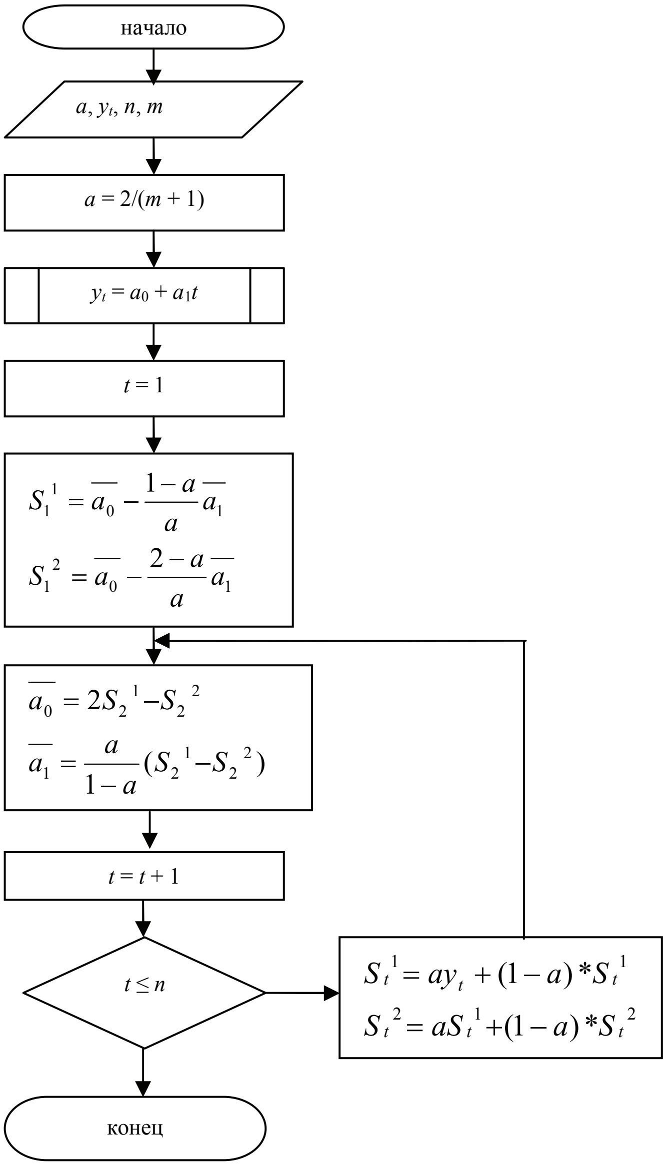
9. Рассчитываются доверительные интервалы прогноза. При выборе прогнозирующей функции следует учитывать некоторые специфические особенности линейной и параболической моделей. Каждая из этих зависимостей по-разному реагирует на изменение тенденции временного ряда. Установлено, например, что при скачкообразном (ступенчатом) варьировании переменной квадратическая модель достигает нового уровня за больший промежуток времени по сравнению с линейной:

$$\sigma_{t+l} = \sigma_j\cdot\sqrt{a/(2-a)^3\cdot\left[1+4(1-a)+5(1-a)^2+2a(4-3a)\cdot l+2a^2\cdot l^2\right]}, \quad (14)$$

где σ_j – среднеквадратичное отклонение:

$$\sigma_t = \sqrt{\sum(У_t - \overline{y_e})^2/(m-2)}. \quad (15)$$

Приведем блок-схему алгоритма.



1. *Кремер Н.Ш., Путко Б.А.* Эконометрика. М., 2002.
2. *Лукашин Ю.П.* Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов. М., 2003.

Поступила в редакцию 21.09.2012 г.

UDC 556.048

FORECASTING OF NON-STATIONARY ECONOMIC PROCESSES BY USE OF ADAPTIVE STATISTICAL PROGNOSIS

Gulsara Zarpenovna ABDYBAYEVA, Turan-Astana University, Astana, Republic of Kazakhstan, Candidate of Economics, Economics and Business Department, e-mail: abd.gulsara@mail.ru

Svetlana Boranbayevna ERMAGANOVA, Turan-Astana University, Astana, Republic of Kazakhstan, Master of Economics, Economical Disciplines Department, e-mail: svet-30@inbox.ru

Saule Senbekovna SHINTAYEVA, Turan-Astana University, Astana, Republic of Kazakhstan, Master of Economical Theory, Economical Disciplines Department, e-mail: saveliya13@mail.ru

The method of exponential smoothing is used more often in practice for the description of the time sets with the variable characteristics. This method is adjusted for the quantitative assessment of the influence which it has on the forecast index-number factor. When using the method of the exponential smoothing the degree of influence of each of the member of the dynamic set on the rate of Y variable in the future is distributed in accordance with the exponential law.

Key words: time set; tendency; model; multinomial; exponential smoothing; statistical reliability; constant of smoothing; exponential medium.