Вестник ТвГУ. Серия "Экономика и управление". 2013. Выпуск 17. С. 183–196

МАТЕМАТИКА, СТАТИСТИКА И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКОНОМИКЕ И УПРАВЛЕНИИ

УДК 338.27: 519.862.6

МЕТОДЫ ВЫБОРА ПОСТОЯННОЙ СГЛАЖИВАНИЯ В МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ БРАУНА

А.А. Васильев

Тверской государственный университет, г. Тверь
Кафедра математики, статистики и информатики в экономике

Рассмотрены основные методы выбора постоянной сглаживания в однопараметрической модели прогнозирования Брауна и особенности их применения на практике.

Ключевые слова: *метод последней точки, метод тестовой последовательности, модель Брауна, оптимальное значение постоянной сглаживания*.

1. Введение

Адаптивная однопараметрическая модель Брауна предназначена для прогнозирования стационарных временных рядов на основе простого экспоненциального сглаживания. Одна из форм ее записи для одношагового прогнозирования имеет вид [1, с. 41, 156]:

$$\hat{y}_{t+1} = S_t,\ S_t = \alpha y_t + (1-\alpha) S_{t-1},\ t = 1,2,3...,\qquad (1)$$

где $\hat{y}_{t+1}$ – прогнозное значение уровня временного ряда показателя y на момент времени $(t+1)$; S_t – экспоненциальная средняя (сглаженное значение временного ряда) на момент времени t; α – постоянная сглаживания (сглаживающая константа); y_t – фактическое (наблюдавшееся) значение уровня временного ряда показателя y на момент времени t.

К основным проблемам применения модели Брауна относятся [2, с. 22-29; 3, с. 94-95]: 1) выбор оптимального значения постоянной сглаживания α; 2) выбор начального значения экспоненциальной средней S_0.

Объектом настоящего исследования является выбор оптимального значения постоянной сглаживания при краткосрочном прогнозировании временных рядов экономических показателей.

2. Методы выбора значения постоянной сглаживания в модели Брауна

Выбор величины постоянной сглаживания α определяет результаты, и соответственно, точность прогноза [4, с. 145]. В зависимости от значения постоянной сглаживания прогнозные оценки по-разному учитывают влияние исходного ряда наблюдений. Чем больше α, тем больше вклад последних уровней ряда в формирование прогноза и тем быстрее убывание влияния начальных условий. При малом α прогнозные оценки учитывают все наблюдения и уменьшение влияния более "старой" информации происходит медленно [4, с. 145].

При $\alpha = 1$ в соответствии с (1) получим $S_t = y_t$, $\hat{y}_{t+1} = S_t = y_t$. Последнее выражение описывает так называемую "наивную" модель прогноза на основе предыдущего уровня ряда, в соответствии с которой прогноз на любой период упреждения равен последнему уровню ряда [5, с. 41]. В этом случае сглаженные и, соответственно, прогнозные значения просто повторяют исходные данные и сглаживания не происходит [6, с. 111].

При $\alpha = 0$ в соответствии с (1) получим случай полного отсутствия адаптации модели Брауна: $S_t = S_{t-1}$, $S_0 = y_1$ (при использовании в качестве начального значения экспоненциальной средней S_0 первого уровня ряда y_1), $\hat{y}_{t+1} = S_t = y_1$ [5, с. 42]. В данном случае производится сглаживание в виде прямой линии с ординатой, равной первому уровню ряда y_1 [6, с. 111], то есть прогноз всегда равен y_1.

Таким образом, с одной стороны, значение α необходимо увеличивать для учета более новых наблюдений, а, с другой стороны, следует уменьшать для сглаживания случайных отклонений уровней ряда [2, с. 20]. Эти противоречивые требования ставят задачу поиска компромиссного значения α, оптимизирующего предсказывающие свойства модели [2, с. 20; 7, с. 18].

К основным методам выбора значения постоянной сглаживания в модели Брауна относятся:

1) определение постоянной сглаживания из соотношения Брауна;
2) определение постоянной сглаживания из соотношения Майера;
3) выбор постоянной сглаживания в зависимости от значения автокорреляционной функции прогнозируемого временного ряда;
4) выбор постоянной сглаживания в зависимости от значения периода упреждения прогноза;
5) выбор постоянной сглаживания исходя из статистических свойств временного ряда;
6) выбор постоянной сглаживания экспертом из множества ее возможных значений;
7) определение постоянной сглаживания путем оптимизации ее значения на множестве возможных значений с использованием какого-либо показателя точности прогноза.

3. Определение значения постоянной сглаживания в модели Брауна из соотношения Брауна

Соотношение Р. Брауна для приближенной оценки α, выведенное из условия равенства скользящей и экспоненциальной средней, имеет вид [4, с. 145; 8, с. 66]

$$\alpha = \frac{2}{m+1},$$

где m - число уровней ряда, для которых динамика ряда считается однородной и устойчивой (период сглаживания).

При выборе значения α из соотношения Брауна при $m > 10$ последним m уровням временного ряда придается около 87% веса [8, с. 66].

При определении α из соотношения Брауна величина m, а, следовательно, и α определяются эмпирически [9, с. 186].

4. Определение значения постоянной сглаживания в модели Брауна из соотношения Майера

Соотношение Р. Майера для приближенной оценки α имеет вид [4, с. 145]

$$\alpha \approx \frac{\sigma_{\hat{y}}}{\sigma_y},$$

где $\sigma_{\hat{y}}$ – среднеквадратическая ошибка прогноза уровней ряда с использованием модели Брауна, σ_y – среднеквадратическое отклонение уровней исходного ряда.

Использование соотношения Майера затруднено тем, что достоверно определить $\sigma_{\hat{y}}$ и σ_y по коротким временным рядам сложно [4, с. 145].

5. Выбор значения постоянной сглаживания в модели Брауна в зависимости от значения автокорреляционной функции прогнозируемого временного ряда

В соответствии с подходом Х. Грюнвальда выбор постоянной сглаживания может быть осуществлен в зависимости от значения автокорреляционной функции прогнозируемого временного ряда. Однако в экономических исследованиях при наличии малого числа наблюдений проведение корреляционного анализа временных рядов затруднено. Поэтому на практике для определения величины α используют либо характеристики автокорреляционной функции, либо разные эмпирические процедуры [8, с. 66].

Так, зависимость оптимального значения постоянной сглаживания α при прогнозировании на один шаг вперед временного ряда с автокорреляционной функцией вида $\rho_k = \rho_1^k$ (ρ_1 – коэффициент автокорреляции при лаге 1, k – лаг) от коэффициента автокорреляции при лаге 1, полученная Д.Р. Коксом и Дж.Д. Кохеном, имеет вид [2, с. 26]

$$\alpha_{опт} = \begin{cases} \dfrac{3\rho_1 - 1}{2\rho_1} & при \quad \dfrac{1}{3} < \rho_1 \le 1; \\ 0 & при \quad -1 \le \rho_1 \le \dfrac{1}{3}. \end{cases} \tag{2}$$

Соответствующая оптимальному значению постоянной сглаживания дисперсия ошибки прогноза с использованием модели Брауна равна [2, с. 26]

$$D_{\hat{y}} = \sigma_{\hat{y}}^2 = \begin{cases} \dfrac{8\rho_1(1-\rho_1)}{(1+\rho_1)^2}\sigma_y^2 & при \quad \dfrac{1}{3} < \rho_1 \le 1; \\ \sigma_y^2 & при \quad -1 \le \rho_1 \le \dfrac{1}{3}. \end{cases} \tag{3}$$

Проведенный в [2, с. 26-27] анализ зависимостей (2) и (3) выявил следующее:

1) дисперсия ошибки прогноза $D_{\hat{y}}$ слабо зависит от α, поэтому точность прогноза нечувствительна к выбору постоянной сглаживания в окрестности $\alpha_{опт}$;

2) при $\frac{1}{3} < \rho_1 \le 1$ экспоненциальная средняя в определенной степени отражает колебания, обусловленные сильной автокорреляцией, при соответствующем выборе значения α;

3) при $-1 \le \rho_1 \le \frac{1}{3}$ модель Брауна может прогнозировать только средний уровень, вокруг которого изменяются уровни ряда (в этом случае на практике не следует брать α слишком малым, иначе модель Брауна будет нечувствительна к изменениям среднего уровня);

4) при $-1 \le \rho_1 < 0$ модель Брауна не обладает хорошими предсказательными свойствами (в этом случае дисперсия прогноза будет сравнима с дисперсией уровней ряда только при $0 \le \alpha < 0{,}1 \ldots 0{,}2$);

5) если данные сильно коррелированны ($|\rho_1|$ близко к 1) и период упреждения прогноза мал, то сглаживать уровни ряда не следует, а в качестве прогноза целесообразно использовать последнее наблюдение.

6. Выбор значения постоянной сглаживания в модели Брауна в зависимости в зависимости от значения периода упреждения прогноза

Оптимальное значение α в общем случае должно зависеть от периода упреждения прогноза [2, с. 25].

Для периода упреждения, равного единице, необходимо использовать большее значение α. Чем длиннее период упреждения, тем меньшее значение постоянной сглаживания следует выбирать. При таком подходе величина α может рассматриваться как функция от величины периода упреждения прогноза [8, с. 66].

В [2, с. 25] получены экспериментальная зависимость среднего квадрата ошибки прогноза от величины упреждения прогноза при разных значениях постоянной сглаживания. Однако характер таких зависимостей определяется особенностями конкретного временного ряда и требует специального изучения [2, с. 25].

7. Выбор значения постоянной сглаживания в модели Брауна исходя из статистических свойств временного ряда

Зависимость оптимального значения α от статистических свойств прогнозируемого временного ряда, полученная Д. Матом из условия минимума дисперсии ошибки прогноза временного ряда, имеет вид [2, с. 35]

$$\alpha_{опт} = \frac{\sigma_u}{\sigma_\varepsilon}\sqrt{1+\frac{1}{4}\frac{\sigma_u^2}{\sigma_\varepsilon^2}} - \frac{1}{2}\frac{\sigma_u^2}{\sigma_\varepsilon^2}, \tag{4}$$

где σ_u^2 – дисперсия приращений $u_t = y_t - y_{t-1}$, $t = 2, 3, \ldots$, уровней временного ряда на каждом шаге (предполагается, что величины u_t независимы и имеют среднее значение, равное 0); σ_ε^2 – дисперсия случайных независимых отклонений уровней ряда от тренда (шума) ε_t, которые имеют среднее значение, равное 0.

Анализ зависимости (4) показывает следующее [2, с. 35]:

1) если дисперсия приращений уровней ряда σ_u^2 мала по сравнению с дисперсией шума σ_ε^2, то значение α будет близко к 0 (в этом случае прогнозы будут слабо зависеть от новой информации, а низкое значение α будет обеспечивать хорошую фильтрацию шума);

2) если дисперсия приращений уровней ряда σ_u^2 велика по сравнению с дисперсией шума σ_ε^2, то значение α будет близко к 1 (в этом случае вес новой информации возрастет).

Если ε_t и u_t коррелированны и $M(\varepsilon_t u_t) = \sigma_{\varepsilon u}$, $M(\varepsilon_t u_{t'}) = 0$ при $t \neq t'$, то выражение (4) примет вид [2, с. 35]

$$\alpha_{опт} = \sqrt{\frac{\sigma_u^2}{\sigma_\varepsilon^2 + \sigma_{\varepsilon u}}\left(1+\frac{1}{4}\frac{\sigma_u^2}{\sigma_\varepsilon^2+\sigma_{\varepsilon u}}\right)} - \frac{1}{2}\frac{\sigma_u^2}{\sigma_\varepsilon^2+\sigma_{\varepsilon u}}.$$

8. Выбор значения постоянной сглаживания в модели Брауна экспертом

Рекомендации разных авторов по выбору значения постоянной сглаживания приведены в табл. 1.

Таблица 1

Рекомендации по выбору постоянной сглаживания в модели Брауна

Авторы, источник	Диапазон возможных значений	Диапазон рекомендуемых значений	Примечания
Браун Р., [2, с. 25; 8, с. 65; 9, с. 186]	$0 < \alpha \le 1$	$0{,}1 < \alpha < 0{,}3$	Этот ничем не обоснованный диапазон рекомендуемых значений некритически повторен в ряде работ [2, с. 25; 8, с. 65], что часто приводило к неудовлетворительным прогнозам [8, с. 65]
Четыркин Е.М., [1, с. 43]	$0 < \alpha \le 1$	1. Эксперименты показывают, что практически значения α находятся в диапазоне $0{,}1 < \alpha < 0{,}3$. 2. В большинстве случаев хорошие результаты дает $\alpha = 0{,}1$.	-
Льюис К.Д., [10, с. 21,22]	$0 < \alpha < 1$	$0{,}05 < \alpha < 0{,}3$; наиболее популярное значение – 0,1	1. На практике встречаются модели Брауна с $\alpha > 0{,}3$. 2. Если более подходящими оказываются значения $\alpha > 0{,}3$, то это указывает на нарушение условий стационарности временного ряда, и необходимо применять другие, более сложные модели, описывающие нестационарные временные ряды.
Минько А.А., [6, с. 111]	$0 < \alpha < 1$	$0{,}2 \le \alpha \le 0{,}8$	-

Продолжение табл. 1

Авторы, источник	Диапазон возможных значений	Диапазон рекомендуемых значений	Примечания
Лугачев М.И., Ляпунцов Ю.П. [11, с. 71-72]	$0<\alpha<1$	Некоторые специалисты рекомендуют при достаточно большой дисперсии высокочастотной компоненты не использовать большие значения α, например, больше 0,2	Для каждого конкретного ряда исследователь волен выбрать свое значение α в зависимости от цели прогнозирования
Лукашин Ю.П., [2, с. 17,25]	$0<\alpha<1$	Наибольшая точность прогнозирования может быть достигнута при любых допустимых значениях α	1. Величине α следует давать то или иное промежуточное значение между 0 и 1 в зависимости от конкретных свойств динамического ряда. 2. Если в результате испытаний обнаружено, что наилучшее значение α близко к 1, то следует проверить обоснованность выбора модели Брауна. Часто к большим значениям α приводит наличие в прогнозируемом ряде ярко выраженных тенденций или сезонных колебаний. В этом случае для получения эффективных прогнозов требуется другая модель.
Френкель А.А., [8, с. 66,69]	$0<\alpha<1$	Опыт применения экспоненциального сглаживания для прогнозирования экономических временных рядов показывает, что наибольшая точность прогноза может быть достигнута при любых допустимых значениях α	Проблема выбора оптимального значения постоянной сглаживания α для своего решения требует, прежде всего, четкой постановки задачи и принципиально сводится к оценке точности прогнозов

Окончание табл. 1

Авторы, источник	Диапазон возможных значений	Диапазон рекомендуемых значений	Примечания
Светуньков С.Г., [12, с. 212; 13, с. 18]	$0<\alpha<2$	$0<\alpha<1$ - для прогнозирования эволюционных процессов, $1\leq\alpha<2$ - для прогнозирования процессов хаотической динамики [13, с. 25]	Для каждого конкретного ряда значений показателя существует свое, наиболее точно соответствующее особенностям данного ряда оптимальное значение постоянной сглаживания [12, с. 210], которое определяется свойствами прогнозируемого временного ряда [13, с. 25]

Как видно из табл. 1, диапазон возможных значений постоянной сглаживания в модели Брауна в [12, с. 212; 13, с. 18] расширен с $0<\alpha<1$ до $0<\alpha<2$, и, соответственно, расширена область применения модели Брауна на случай прогнозирования нестационарных временных рядов. В связи с этим диапазон значений постоянной сглаживания, удовлетворяющий условию $0<\alpha<1$, назван классическим, а диапазон, удовлетворяющий условию $1\leq\alpha<2$, – запредельным множеством [13, с. 18]. Когда оптимальное значение постоянной сглаживания находится в классических пределах, модель Брауна может использоваться для прогнозирования достаточно эффективно. Если же оптимальное значение α оказалось в запредельном множестве, то это свидетельствует о том, что средняя взвешенная в принципе не может использоваться в качестве хорошей оценки прогнозного значения моделируемого процесса [13, с. 25]. В последнем случае следует либо использовать другую модель прогнозирования (например, соответствующую модификацию модели Брауна) при появлении тенденции в развитии прогнозируемого процесса, либо признать отсутствие альтернативы применению модели Брауна с запредельным значением постоянной сглаживания при невозможности описания динамики прогнозируемого процесса сложными эконометрическими моделями из-за перехода данного процесса от эволюционной к хаотической динамике [13, с. 25].

Таким образом, модель Брауна со значением постоянной сглаживания из классического множества значений описывает эволюционные процессы (изменяющиеся, но инерционные), а со значением постоянной сглаживания из запредельного множества –

процессы хаотической динамики (без инерционности изменения тенденций) [13, с. 25].

В связи с расширением диапазона возможных значений постоянной сглаживания с $0<\alpha<1$ до $0<\alpha<2$ следует обратить внимание на следующие обстоятельства.

1. Классический диапазон возможных значений постоянной сглаживания в модели Брауна получен исходя из условия сходимости ряда весов α, $\alpha(1-\alpha)$, $\alpha(1-\alpha)^2$, $\alpha(1-\alpha)^3$, … , $\alpha(1-\alpha)^n$, …, $n=0,1,2,\ldots$, уровней ряда на основа признака Даламбера и условия равенства суммы этого ряда весов 1, чтобы сглаженное значение ряда S_t имело смысл взвешенной средней величины [10, с. 21; 12, с. 209].

2. Расширенный диапазон возможных значений постоянной сглаживания в модели Брауна получен исходя только из условия сходимости ряда весов уровней ряда как бесконечной геометрической прогрессии [12, с. 212; 13, с. 17-18], поэтому сглаженное значение ряда S_t может не иметь смысла взвешенной средней величины.

3. Браун показал, что математические ожидания и дисперсии экспоненциальных средних S_t и исходных уровней стационарного временного ряда y_t связаны соотношениями вида [1, с. 42]

$$M(S_t)=M(y_t),$$

$$D(S_t)=\frac{\alpha}{2-\alpha}D(y_t). \qquad (5)$$

Так как для классического диапазона возможных значений постоянной сглаживания $0<\alpha<1$, то $D(S_t)<D(y_t)$ [2, с. 18]. Следовательно, экспоненциальная средняя S_t имеет то же математическое ожидание, что и исходный временной ряд, но меньшую дисперсию [2, с. 18].

При этом из соотношения (5) видно, что при α, близком к 1, дисперсия экспоненциальных средних незначительно отличается от дисперсии уровней временного ряда, а чем меньше α, тем больше постоянная сглаживания играет роль “фильтра”, поглощающего колебания уровней исходного временного ряда [1, с. 42; 2, с. 19].

4. Для запредельного диапазона возможных значений постоянной сглаживания $1\le\alpha<2$ будет иметь место соотношение $D(S_t)\ge D(y_t)$, то есть экспоненциальная средняя S_t будет иметь большую дисперсию, чем исходный временной ряд.

В связи с отмеченными обстоятельствами представляется целесообразным исследование точности модели Брауна с запредельными значениями постоянной сглаживания при прогнозировании реальных временных рядов экономических показателей.

9. Определение постоянной сглаживания в модели Брауна путем оптимизации ее значения на множестве возможных значений

В общем случае задача определения оптимального значения постоянной сглаживания в модели Брауна может быть представлена в виде

$$\alpha_{опт} = arg \underset{\alpha \in A}{extr}\left[f\left(e_t \right)\right], \quad (6)$$

где A – множество возможных значений постоянной сглаживания, например, $A=\{\alpha : 0<\alpha<1\}$ – классическое множество возможных значений постоянной сглаживания, $A=\{\alpha : 1 \le \alpha<2\}$ – запредельное множество возможных значений постоянной сглаживания, $A=\{\alpha : 0<\alpha<2\}$ – расширенное множество возможных значений постоянной сглаживания; $f\left(e_t \right)$ – характеристика точности прогноза, являющаяся функций абсолютных ошибок прогноза для каждого момента времени $e_t = \hat{y}_t - y_t$, $t \in T$, T – множество моментов времени, используемых для расчета характеристики точности прогноза.

Обычно множество A состоит из конечного числа элементов, например, $A=\{ 0,1;0,2;0,3;0,4;0,5;0,6;0,7;0,8;0,9\}$ для классического множества [14, с. 149].

В качестве характеристик точности прогноза могут быть использованы средний квадрат ошибки (дисперсия ошибки прогноза) (MSE) [8, с. 66; 9, с. 186; 11, с. 71; 13, с. 23; 14, с. 149,152; 15, с. 113], средняя абсолютная ошибка прогноза в процентах (MAPE) [14, с. 152], сумма абсолютных ошибок прогноза [13, с. 23] и другие характеристики, приведенные, например, в [16; 17, с. 29-30].

При использовании в качестве характеристики точности прогноза среднего квадрата ошибки задача (6) примет вид

$$\alpha_{опт} = arg \underset{\alpha \in A}{min}\left[MSE\left(\alpha \right)\right],$$

а при использовании коэффициента детерминации –

$$\alpha_{опт} = arg \underset{\alpha \in A}{max}\left[R^2\left(\alpha \right)\right],$$

Решение задачи (6) определения оптимального значения постоянной сглаживания в модели Брауна для разных характеристик точности прогноза при длинных рядах показателей приводит к получению примерно одинаковых значений $\alpha_{опт}$ и проблема выбора критерия отбора не возникает [13, с. 24]. При коротких рядах показателей разные характеристики точности приводят к существенно разным решениям задачи (6) [13, с. 24].

Для определения оптимального значения постоянной сглаживания в модели Брауна при решении задачи (6) в зависимости от вида множества T моментов времени, используемых для расчета характеристики точности прогноза, могут быть использованы:

1) метод ретропрогноза;
2) метод последней точки;
3) метод тестовой последовательности и его модификации.

Метод ретропрогноза заключается [9, с. 186; 13, с. 21-22; 14, с. 149,152]:

1) в последовательном вычислении прогнозов для всех уровней ряда при разных значениях α (с шагом, равным, например, 0,1), $\alpha \in A$;

2) в расчете выбранной характеристики точности прогноза для всего временного ряда для каждого значения α;

3) в выборе для дальнейшего использования в прогнозах значения $\alpha_{опт}$, доставляющего экстремум выражению (6).

При реализации данного метода множество моментов времени, используемых для расчета характеристики точности прогноза, имеет вид $T=\{1,2,\dots,t\}$, где t – момент времени, соответствующий последнему наблюдению уровня ряда.

Метод ретропрогноза с использованием в качестве характеристики точности прогноза среднего квадрата ошибки (MSE) реализован в большинстве статистических пакетов прикладных программ (“Мезозавр”, “SPSS”, “STATISTICA”) [15, с. 113].

Метод последней точки [17, с. 25–26] применительно к выбору оптимального значения постоянной сглаживания в модели Брауна включает следующие этапы:

1) формирование обучающей последовательности из всех уровней ряда, кроме последнего;

2) последовательное вычисление прогнозов для всех уровней ряда при разных значениях α, $\alpha \in A$;

3) расчет модуля абсолютной ошибки прогноза $|e_t| = |\hat{y}_t - y_t|$ в тестовой точке для каждого значения α;

4) выбор для дальнейшего использования в прогнозах значения $\alpha_{опт}$, при котором модуль абсолютной ошибки прогноза в тестовой (последней) точке минимален.

Выражение (6) при реализации метода последней точки имеет вид

$$\alpha_{опт} = arg\ \min_{\alpha \in A} |e_t(\alpha)|,\ t \in T,\ T=\{t\}.$$

Метод последней точки рекомендуется использовать только при малом количестве уровней ряда (от 3 до 5) [17, с. 26].

Метод тестовой последовательности фиксированной длины [17, с. 26-27] применительно к выбору оптимального значения постоянной сглаживания в модели Брауна включает следующие этапы:

1) выделение в финальной части временного ряда тестового участка длиною t';

2) последовательное вычисление прогнозов для всех уровней ряда при разных значениях α, $\alpha \in A$;

3) расчет выбранной характеристики точности прогноза для тесового участка временного ряда для каждого значения α;

4) выбор для дальнейшего использования в прогнозах значения $\alpha_{опт}$, доставляющего экстремум выражению (6).

Выражение (6) при реализации метода тестовой последовательности имеет вид

$$\alpha_{опт} = arg \underset{\alpha \in A}{extr} \left[f\left(e_t\right) \right], \; t \in T, \; T = \left\{ t - t' + 1, t - t' + 2, \dots, t \right\}.$$

В качестве тестовой последовательности рекомендуется использовать, например, последнюю треть ряда [11, с. 71] или вторую часть временного ряда [8, с. 66].

Метод тестовой последовательности рекомендуется использовать при количестве уровней ряда, большем 5 [17, с. 27].

10. Выводы

Проведенный анализ методов выбора постоянной сглаживания в модели прогнозирования Брауна и особенностей их применения позволяет сделать следующие выводы.

1. Методы определения оптимального значения постоянной сглаживания, основанные на определении статистических характеристик временных рядов (соотношение Майера, в зависимости от значения автокорреляционной функции временного ряда, исходя из статистических свойств временного ряда, исходя из коэффициента автокорреляции) применимы в случае наличия длинных временных рядов (больше 50 уровней). В случае прогнозирования коротких временных рядов, характерных для решения управленческих и экономических задач, оценить статистические характеристики временных рядов и, соответственно, постоянную сглаживания с достаточной точностью не представляется возможным.

2. Определение постоянной сглаживания из соотношения Брауна основывается на опыте эксперта.

3. Выбор постоянной сглаживания в зависимости от периода упреждения прогноза определяется особенностями конкретного временного ряда и требует специального изучения такой зависимости, что проблематично для коротких временных рядов.

4. Эволюция рекомендаций экспертам по выбору значения постоянной сглаживания прошла путь от указания конкретного

диапазона значений (например, $0,1 < \alpha < 0,3$) до осознания фактов, что, во-первых, для каждого конкретного ряда значений показателя существует свое, наиболее точно соответствующее особенностям данного ряда оптимальное значение постоянной сглаживания, которое определяется свойствами прогнозируемого временного ряда, и, во-вторых, наибольшая точность прогнозирования может быть достигнута при любых допустимых значениях постоянной сглаживания.

5. В результате исследований модели Брауна изменился взгляд на диапазон возможных значений постоянной сглаживания (от классического диапазона вида $0 < \alpha < 1$ до расширенного диапазона вида $0 < \alpha < 2$). Однако для запредельной части расширенного диапазона вида $1 \leq \alpha < 2$, во-первых, сглаженное значение ряда не имеет смысла взвешенной средней величины, а, во-вторых, это сглаженное значение будет иметь большую дисперсию, чем исходный временной ряд в соответствии с теоретически полученным Брауном выражением для дисперсии экспоненциальной средней. Поэтому представляется целесообразным обширное исследование точности модели Брауна с запредельными значениями постоянной сглаживания при прогнозировании реальных временных рядов экономических показателей.

6. В настоящее время основным методом выбора значения постоянной сглаживания является оптимизация этого значения на множестве возможных значений на основе выбранной характеристики точности прогноза (как правило, минимизация среднего квадрата ошибки).

Список литературы

1. Четыркин Е.М. Статистические методы прогнозирования: монография. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Статистика, 1977. – 200 с.
2. Лукашин Ю.П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования: учеб. пособие. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 416 с.
3. Арженовский С.В. Методы социально-экономического прогнозирования: учеб. пособие. – М.: Дашков и К0; Ростов н/Д: Наука-Спектр, 2009. – 236 с.
4. Рабочая книга по прогнозированию: монография / Редкол.: И.В. Бестужев-Лада (отв. ред.). – М.: Мысль, 1982. – 430 с.
5. Мотышина М.С. Методы социально-экономического прогнозирования: учеб. пособие. – СПб.: Изд-во СПбУЭФ, 1994. – 114 с.
6. Минько А.А. Прогнозирование в бизнесе с помощью Excel. Просто как дважды два: научно-популярное изд. – М.: Эксмо, 2007. – 208 с.
7. Давнис В.В. Адаптивное прогнозирование: Модели и методы: монография – Воронеж.: Изд-во Воронежского гос. ун-та, 1997. – 196 с.

8. Френкель А.А. Прогнозирование производительности труда: методы и модели: научное изд. – М.: Экономика, 1989. – 214 с.
9. Статистическое моделирование и прогнозирование: учеб. пособие / Г.М. Гамбаров, Н.М. Журавель, Ю.Г. Королев и др.; под ред. А.Г. Гранберга – М.: Финансы и статистика, 1990. – 383 с.
10. Льюис К.Д. Методы прогнозирования экономических показателей: монография / Пер. с англ. – М.: Финансы и статистика, 1986. – 133 с.
11. Лугачев М.И., Ляпунцов Ю.П. Методы социально-экономического прогнозирования: учеб. пособие. – М.: Экономический факультет МГУ; ТЭИС, 1999. – 160 с.
12. Светуньков С.Г. Методы маркетинговых исследований: учеб. пособие. – СПб.: ДНК, 2003. – 352 с.
13. Светуньков С.Г., Светуньков И.С. Методы социально-экономического прогнозирования: учеб. пособие. – Т.2. – СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2011. – 103 с.
14. Ханк Д.Э., Уичерн Д.У., Райтс А.Дж. Бизнес-прогнозирование: научно-популярное изд. / Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2003. – 656 с.
15. Дуброва Т.А. Прогнозирование социально-экономических процессов: учеб. пособие. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Маркет ДС, 2010. – 192 с.
16. Васильев А.А. Критерии селекции моделей прогноза (обзор) / Вестник Тверского государственного университета, 2012, №2 (серия “Экономика и управление”, 2012, вып. 13). – С. 133-148.
17. Гибридные модели прогнозирования коротких временных рядов / Л.А. Демидова, А.Н. Пылькин, С.В. Скворцов, Т.С. Скворцова. – М.: Горячая линия – Телеком, 2012. – 208 с.

THE METHOD OF SELECTING SMOOTHING CONSTANT IN THE FORECASTING MODEL BROWN

A.A. Vasiliev

Tver State University, Tver
The department of mathematics, statistics and informatics in economics

The article considers the basic methods of selecting the smoothing constant in Brown'sone-parameter prediction model and the peculiarities of their application in practice.
Keywords: *the method of the last point, the method of the test sequence, Brown's model, the optimal value of the smoothing constant.*

Об авторе:

ВАСИЛЬЕВ Александр Анатольевич – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой математики, статистики и информатики в экономике Тверского государственного университета, e-mail: vasiljev-tvgu@yandex.ru