

Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования физических объемов в регионе деятельности Южного таможенного управления

О.Е. Кудрявцев, М.М. Цвиль, Ю.И. Любичкая

Российская таможенная академия, Ростовский филиал

Аннотация: В статье строится модель экспоненциального сглаживания и сезонная модель временного ряда по месячным данным веса (кг) по импорту группы товаров 07 «Овощи и некоторые съедобные корнеплоды и клубнеплоды» с 01.2014 по 09.2017 г. в регионе деятельности Южного таможенного управления. По полученной модели сделан прогноз на октябрь, ноябрь и декабрь 2017 года по весу группы товаров 07 в регионе деятельности Южного таможенного управления.

Ключевые слова: эконометрика, временной ряд, адаптивные методы, экспоненциальная средняя, моделирование, коэффициент сезонности, прогнозирование.

Эконометрическое моделирование в настоящее время используется для прогнозирования экономических процессов не только в масштабах всей экономики, но и в отдельных её отраслях [1– 5].

В таможенных органах широко применяется инструментальный анализ временных рядов, однако практически не используется методика эконометрического моделирования для данных внешней торговли, для стоимостных объемов и объемов таможенных платежей. В связи с этим существует большой задел для применения обозначенного в работе инструментария на практике, что может повысить качество и вывести на новый уровень процесс выполнения таможенными органами возложенных на них функций. Прогнозы, полученные с помощью эконометрических моделей, могут быть использованы для соотнесения с отчетными данными таможенной статистики как в отношении всего товарооборота, так и для отдельных направлений перемещения или товарных групп для выявления возможных правонарушений со стороны участников ВЭД по части таможенной стоимости.

С помощью адаптивных методов прогнозирования могут строиться самокорректирующиеся экономико-математические модели [6-8], [9,10], способные оперативно реагировать на изменение условий путем учета результата прогноза, сделанного на предыдущем шаге, и учета различной информационной ценности уровней ряда.

Наиболее ценной при обработке временных рядов бывает информация последнего периода, так как необходимо знать, как будет развиваться тенденция, существующая в данный момент, а не тенденция, сложившаяся в среднем на всем рассматриваемом периоде. Адаптивные методы позволяют учесть различную информационную ценность уровней временного ряда, степень «устаревания» данных.

Таким образом, важнейшим достоинством адаптивных моделей является построение самокорректирующихся моделей, способных учитывать результат прогноза, сделанного на предыдущем шаге.

Параметр адаптации характеризует быстроту реакции модели на изменения в динамике процесса. Его следует выбирать таким образом, чтобы обеспечивалось адекватное отображение тенденции при одновременной фильтрации случайных отклонений. Значение параметра адаптации может быть определено на основе эмпирических данных, выведено аналитическим способом или же получено на основе методов минимизации ошибки аппроксимации.

В качестве критерия оптимальности при выборе параметра адаптации обычно принимают критерий минимума среднего квадрата ошибок прогнозирования.

Важной составляющей прогнозирования таможенных платежей является моделирование физических объемов (веса) импорта. Рассмотрим ежемесячные данные веса (кг) по импорту группы товаров 07 «Овощи и некоторые съедобные корнеплоды и клубнеплоды» с 01.2014 по 09.2017 г. в

регионе деятельности Южного таможенного управления, представленные в таблице № 1. Всего имеем 45 агрегированных наблюдений.

Таблица №1

Помесячная динамика импорта в регионе деятельности Южного таможенного управления в период с 2014 по 2017 гг., кг

2014	2015	2016	2017
42720907,08	46506071,81	20634501,87	21166817,73
88577048,52	80781973,73	28077038,01	27629234,83
153180471,8	121197779,4	51746669,78	67785919,05
168122866,4	141934415,3	95055039,75	129495128,9
250665195,7	255817199	121165414,6	210989507,4
211310699,6	160960126,3	84908849,4	200761036,5
47052698,93	29874376,96	13297511,55	35571946,01
5376582,7	3671377	2859694,78	5629962,288
7187142,42	4041347,44	1784044,92	3344222,67
17061590,45	14381395,57	3677867,88	-
46938020,3	28381316,68	15188490,93	-
70368952,42	51357320,65	23250239,86	-

Построим по указанным данным адаптивную модель экспоненциальной средней. В качестве начального приближения экспоненциальной средней возьмем среднее арифметическое значение из 45 данных уровней ряда. Определим:

$$S_0 = \frac{1}{45} \sum_{t=1}^{45} y_t = 71366355,88.$$

Для подсчета параметра адаптации α используем формулы (1) из [6], где коэффициент автокорреляции r_1 при лаге 1, в нашем случае, равен 0,7158, $0,7158 > 0,3333$.

$$\alpha_{\text{опт}} = \begin{cases} \frac{3p_1 - 1}{2p_1} & \frac{1}{3} < p_1 \leq 1 \\ 0 & -1 \leq p_1 \leq \frac{1}{3} \end{cases} \quad (1)$$

Тогда $\alpha_{\text{опт}} = 0,8015$. Далее, найдем модельные значения экспоненциальной средней при $\alpha = 0,8015$, используя формулу (2):

$$S_t = \alpha x_t + (1 - \alpha)S_{t-1} = S_{t-1} + \alpha(x_t - S_{t-1}) \quad (2)$$

Имеем,

$$S_1 = 0,8015 * 42720907,08 + 0,1985 * 71366355,88 = 48407028,66 \text{ кг};$$

$$S_2 = 0,8015 * 88577048,52 + 0,1985 * 48407028,66 = 80603299,58 \text{ кг};$$

.....

$$S_{45} = 0,8015 * 3344222,67 + 0,1985 * 18014192,85 = 6256211,75 \text{ кг}.$$

Расчетные значения по экспоненциальной средней представим в таблице № 2.

Таблица № 2

Расчетные значения по экспоненциальной средней импорта по группе товаров 07 по весу (кг) при $\alpha = 0,8015$.

2014	2015	2016	2017
48407028,66	50074656,45	25705375,58	21171667,09
80603299,58	74686571,25	27606263,02	26347407,63
138773903,10	111965304,60	46954799,04	59560374,53
162297097,20	135985546,80	85507141,97	115613080,20
233124128,20	232030616,00	114087247,50	192057286,60
215640665,10	175067618,50	90700761,42	199033342,10
80517410,22	58695235,40	28662056,65	68019033,14
20292036,96	14593612,89	7981463,61	18014192,85
9788463,99	6135972,13	3014232,53	6256211,75
15617874,85	12744679,02	3546136,26	-
40720971,43	25277444,10	12877483,53	-
64483828,19	46180465,16	21191247,73	-

Если построить график (рис.1), то можно увидеть, расчетные значения будут близки к исходному временному ряду.

Найдем долю ошибки по формуле:

$$\frac{\sum (y_t - \hat{y}_t)^2}{\sum (y_t - \bar{y}_t)^2} \quad (3)$$

где \hat{y} – расчетные значения, \bar{y} – среднее арифметическое значений переменной y_t . Доля ошибки составила в процентном формате 3,7%, что свидетельствует об очень высоком качестве модели. Оставшаяся часть 96,3% – доля дисперсий уровней временного ряда, объясненная нашей моделью. Что будет свидетельствовать о хорошей точности модели.

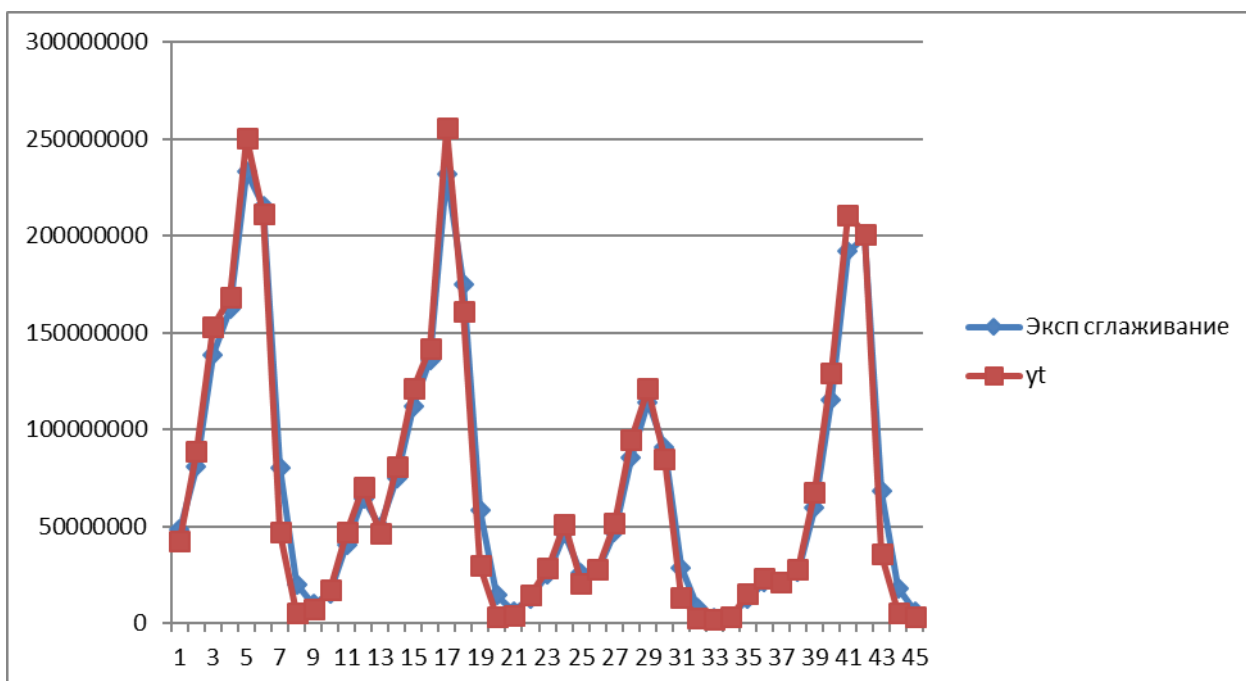


Рис.1. – Экспоненциальная модель импорта в регионе деятельности ЮТУ за 2014-2017 гг.

Спрогнозируем стоимостное количество импорта в регионе деятельности ЮТУ на 10 мес. 2017 г. при $\alpha = 0,8015$ по формуле:

$$S_t = S_{t-1} + \alpha \cdot (y_{t-1} - S_{t-1}) = 6256211,75 + 0,8015 * (3344222,67 -$$

-6256211,75)=3922252,50 (кг).

Из рисунка 1, изучив графическое представление временного ряда по данным таблицы № 1, приходим к выводу о наличии сезонной составляющей в структуре этого ряда. Наш временной ряд содержит периодические ($l = 12$) сезонные колебания. Этот ряд и его колебания можно представить моделью с мультипликативными коэффициентами сезонности. Модель этого типа имеет вид:

$$x_t = \xi_t + \varepsilon_t$$

$$\xi_t = a_{1,t} f_t$$

где динамика величины $a_{1,t}$ характеризует тенденцию развития процесса;

$f_t, f_{t-1}, \dots, f_{t-l+1}$ – коэффициенты сезонности;

l – количество фаз в полном сезонном цикле (ряд представляет месячные наблюдения, то $l = 12$);

ε_t – неавтокоррелированный шум с нулевым математическим ожиданием.

Адаптивная модель с мультипликативной сезонностью была предложена П. Р. Уинтерсом. Аддитивная модель рассмотрена Г. Тейлом и С. Вейджем (подробнее см., например, [6]).

Поэтому целесообразно в прогностических моделях учитывать конкретный характер тенденции и сезонных колебаний. Это и сделал Уинтерс с помощью экспоненциальной схемы. Модель при этом становится сложнее, зато и точность прогнозов для большинства товаров существенно возрастает.

Рассмотрим более простой вариант, который содержит только сезонный эффект. Исходные данные возьмем из таблицы № 1 и проводим выравнивание исходных уровней ряда методом скользящей средней. Рассчитаем оценки сезонной компоненты как частное от деления средней оценки уровня за месяц по годам на средний уровень ряда (см. таблица № 3)

Таблица № 3

Вычисления сезонных компонент

2014	2015	2016	2017	среднее	коэф. сезонности
42720907	46506071	20634501	21166817	32757075	0,459
88577048	80781973	28077038	27629234	56266324	0,788
153180471	121197779	51746669	67785919	98477710	1,380
168122866	141934415	95055039	129495128	133651863	1,873
250665195	255817199	121165414	210989507	209659329	2,938
211310699	160960126	84908849	200761036	164485178	2,305
47052698	29874376	13297511	35571946	31449133	0,441
5376582	3671377	2859694	5629962	4384404	0,061
7187142	4041347	1784044	3344222	4089189	0,057
17061590	14381395	3677867	-	11706951	0,164
46938020	28381316	15188490	-	30169276	0,423
70368952	51357320	23250239	-	48325504	0,677

Полученные нормализованные значения сезонной компоненты отразим в таблице № 4.

Таблица № 4

Значения сезонной компоненты

Показатель	Сезонная компонента
f_{-11}	0,4762229812
f_{-10}	0,8180008979
f_{-9}	1,4316708434
f_{-8}	1,9430333504
f_{-7}	3,0480313628
f_{-6}	2,3912886823
f_{-5}	0,4572081061

f_{-4}	0,0637405525
f_{-3}	0,0594487137
f_{-2}	0,1701958833
f_{-1}	0,4386015147
f_0	0,7025571117

Прогнозирование осуществляем по модели с мультипликативными коэффициентами сезонности вида:

$$\hat{a}_{1,t} = \alpha_1 \frac{x_t}{f_{t-1}} + (1 - \alpha_1) a_{1,t-1} \quad 0 < \alpha_1 < 1$$

$$f_t = \alpha_2 \frac{x_t}{\hat{a}_{1,t}} + (1 - \alpha_2) f_{t-1} \quad 0 < \alpha_2 < 1$$

Как видим, $\hat{a}_{1,t}$ является взвешенной суммой текущей оценки $\frac{x_t}{f_{t-1}}$, полученной путем очищения от сезонных колебаний фактических данных x_t и предыдущей оценки $a_{1,t-1}$. В качестве коэффициента сезонности f_t берется его наиболее поздняя оценка, сделанная для аналогичной фазы цикла. Затем величина $\hat{a}_{1,t}$, полученная по первому уравнению, используется для определения новой оценки коэффициента сезонности по второму уравнению.

Прогноз следующего значения ряда:

$$\hat{x}_1(t) = \hat{a}_{1,t} f_{t+1}$$

Построим модельные значения $\hat{x}_1(t)$ для $t=1, \dots, 48$, выбрав $\hat{a}_{1,-1} = S_0$.

Минимизируя в MS Excel (модуль Поиск решения) среднеквадратическую ошибку аппроксимации фактических данных теоретическими (45 значений) по параметрам модели, мы получаем оптимальные значения параметра $\alpha_1 = 0,849$ и параметра $\alpha_2 = 0$. Следует отметить, что

среднеквадратическая ошибка аппроксимации при этих параметрах остается существенной – 11,94 тыс. тонн.

Приведем расчетное значение по этой модели в таблице № 5.

Таблица № 5

Расчетные значения с коэффициентом сезонности группы товаров 07 по весу (кг) при $\alpha_1 = 0,849$ и параметра $\alpha_2 = 0$

2014	2015	2016	2017
41 398 440	48 145 101	34 393 553	15 745 633
85 932 361	80 309 022	39 021 839	34 948 047
152 759 405	141 259 843	52 040 898	50 296 297
174 057 802	168 609 497	70 289 944	88 403 772
254 053 471	228 987 728	143 230 653	193 379 092
209 494 328	197 510 780	97 679 538	163 436 933
45 993 174	31 833 233	16 604 039	37 304 512
5 533 354	4 206 211	1 923 634	4 995 747
6 880 340	3 499 697	2 534 961	5 161 322
17 460 718	11 335 201	5 433 038	-
46 644 133	35 872 867	10 162 839	-
71 026 987	47 278 403	23 110 269	-

График фактических y_t и теоретических значений x_t группы товаров 07 по весу представлен на рисунке 2.

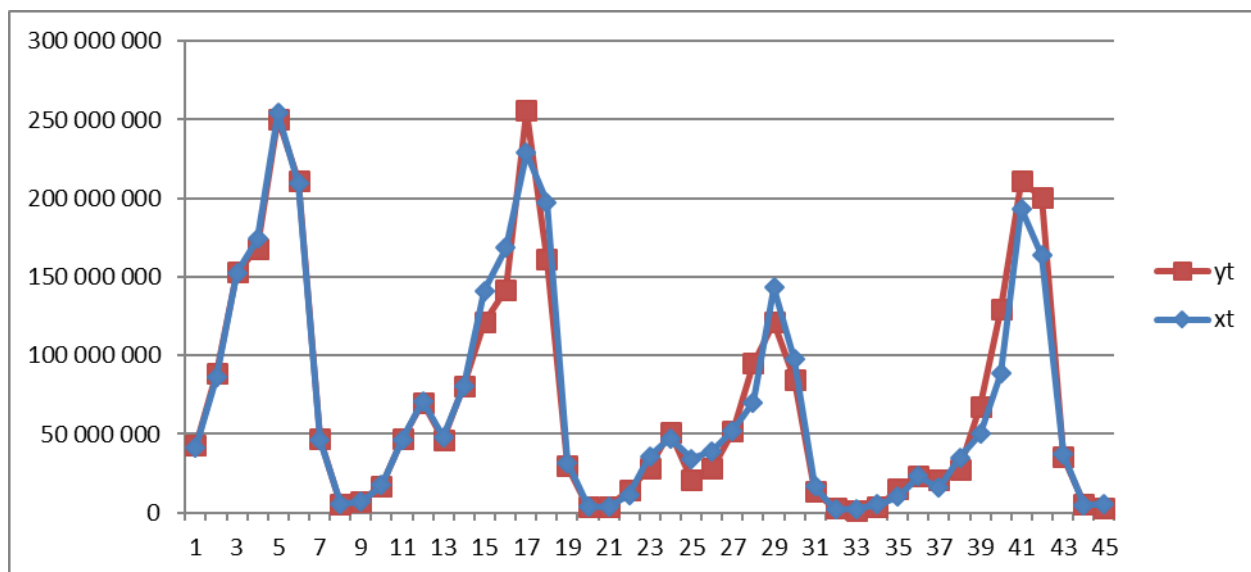


Рис.2. – Сезонная модель импорта по весу группы товаров 07 в регионе деятельности ЮТУ за 2014-2017 гг.

Получен прогноз на октябрь, ноябрь и декабрь 2017 года по весу группы товаров 07 в регионе деятельности ЮТУ — 10,36 тыс. тонн, 26,70 тыс. тонн и 42,77 тыс. тонн.

Литература

1. Цвиль М.М., Карапетян А.А. Прогнозирование с помощью адаптивных методов по данным внешней торговли Южного таможенного управления // Академический вестник Ростовского филиала Российской таможенной академии. 2016. №4 (25). С. 112-117.
2. Цвиль М.М., Бреус Д.А. Эконометрическое моделирование и прогнозирование объемов таможенных платежей в регионе деятельности Ростовской таможни // Инженерный вестник Дона, 2017, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2017/4284.
3. Цвиль М.М., Шумилина В.Е. Применение моделей анализа панельных данных для оценки объема инновационных товаров, работ, услуг в Российской Федерации // Инженерный вестник Дона, 2017, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/4006.
4. Цвиль М.М., Шумилина В.Е. Изучение зависимости рождаемости населения от обеспеченности врачевным персоналом и расходов на здравоохранение, физическую культуру и спорт с помощью эконометрических моделей // Инженерный вестник Дона, 2014, №1 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2014/2241.
5. Цвиль М.М., Шумилина В.Е. Эконометрический анализ и моделирование в сельском хозяйстве // Инженерный вестник Дона, 2014, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2014/2555.
6. Лукашин Ю.П. Адаптивные модели краткосрочного прогнозирования временных рядов: учеб. пособие. М.: Финансы и статистика,



2003. 416 с.

7. Мхитарян В.С. Эконометрика: учеб.под ред. д-ра экон. наук, проф. В.С. Мхитаряна. М.: Проспект, 2009. 384 с.

8. Цвиль М. М. Анализ временных рядов и прогнозирование: учеб. пособие. Ростов н/Д: Российская таможенная академия, Ростовский филиал, 2016. 135 с.

9. Greene W.N. Econometric Analysis \ W.H. Greene. – 4th Edition. – New Jersey: Prentice Hall, 2002. 272 p.

10. Baltagi B.H. Econometric Analysis of Panel Data / B.H. Baltagi. – 3rd Edition. – Chichester: John Wiley & Sons, Ltd, 2005. 356 p.

References

1. Cvil' M.M., Karapetjan A.A. Akademicheskij vestnik Rostovskogo filial Rossijskoj tamozhennoj akademii (Rus), 2016. №4 (25). pp. 112-117.

2. Cvil' M.M., Breus D.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2017/4284.

3. Cvil' M.M., Shumilina V.E. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/4006.

4. Cvil' M.M., Shumilina V.E. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2014, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2014/2241.

5. Cvil' M.M., Shumilina V.E. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2014, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2014/2555.

6. Lukashin Ju.P. Adaptivnye modeli kratkosrochnogo prognozirovaniya vremennyh rjadov [Adaptive models of short-term forecasting of time series]. М.: Finansy i statistika, 2003. 416 p.

7. Mhitarjan V.S. Jekonometrika [Econometrics]. М.: Prospekt, 2009. 384 p.



8. Cvil' M. M. Analiz vremennyh rjadov i prognozirovanie [Analysis of time series and forecasting]. Rostov n/D: Rossijskaja tamozhennaja akademija, Rostovskij filial, 2016. 135 p.
9. Greene W.N. Econometric Analysis. W.H. Greene. 4th Edition. New Jersey: Prentice Hall, 2002. 272 p.
10. Baltagi B.H. Econometric Analysis of Panel Data. B.H. Baltagi. 3rd Edition. – Chichester: John Wiley & Sons, Ltd, 2005. 356 p.