

— МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ — МЕТОДЫ ЭКОНОМИКИ

УДК 330.101

*А.Ю. Трусова**

АНАЛИЗ ДАННЫХ ПРОДАЖ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛЕЙ РЕТРОПРОГНОЗА

В работе рассмотрены некоторые особенности адаптивных моделей, использовались модели скользящего среднего Брауна и Хольта. Выполнен ретропрогноз на основе использованных моделей, рассчитаны важнейшие показатели моделей, проведена оценка адекватности и выбрана оптимальная модель ретропрогноза.

Ключевые слова: динамические данные, адаптивные модели, прогнозирование, ретропрогноз.

Аналитическая деятельность крупных торговых компаний в настоящее время активно связана с изучением прогноза основных экономических показателей. Интерес постоянно вызывает изучение прогноза цен и продаж различных видов товаров многочисленного ассортимента. Ежедневный, еженедельный, ежемесячный анализы экономических показателей продаж товаров является важной стратегической деятельностью аналитических структур компаний. Использование методов прогнозирования в этой связи является актуальным и практически значимым. В современной научной литературе широко представлены математические методы прогнозирования. Алгоритмы прогнозирования и их математический аппарат достаточно подробно описаны и активно применяются с использованием готовых программ или пакетов. Строгое применение моделей прогнозирования достаточно затруднено, поэтому в практической деятельности важно учитывать особенности товарной продукции и специфику ее реализации. Очень выгодным инструментарием выделяется математическое обеспечение адаптивных моделей прогнозирования. Известно, что в процессе краткосрочного прогнозирования ключевых торговых показателей при изменении внешних условий актуальными являются последние уровни рядов динамики. Адаптивные модели обнаруживают высокую чувстви-

* © Трусова А.Ю., 2016

Трусова Алла Юрьевна (a_yu_ssu@mail.ru), кафедра математики и бизнес-информатики, Самарский университет, 443086, Российская Федерация, г.о. Самара, Московское шоссе, 34.

ность именно к быстрым изменениям этих уровней. К положительным моментам следует также отнести и тот факт, что модели ретропрогноза учитывают неравноценность временных данных. Особенность таких моделей выражается в скорости приспособления как параметров моделей к изменению условий, определяющих тот или иной процесс, так и к их структуре. Общая концепция алгоритмизации процедур адаптивных моделей базируется на пошаговом сопоставлении расчетных оценок по модели ретропрогноза с реальными показателями. Естественно, что имеющиеся расхождения предполагают корректировку расчетных параметров модели.

В работе использовались базовые СС-модели Брауна и Хольта при анализе данных продаж лимонадной продукции компании ООО «Волжский Сад» – одним из производителей лимонадов в Самарском регионе. Вся продукция производится на экологически чистой территории Самарской области (Ставропольский район, село Ягодное). Основным компонентом для производимой продукции, выпускаемой под торговой маркой "ВиОЛЛе", является чистая природная питьевая вода. Добывается она из артезианской скважины с глубины 72-х метра. Месторасположение скважины уникально, именно здесь протекает глубоколежащий подземный источник природной воды, богатой ценными минералами.

Общий вид линейных моделей Брауна и Хольта для прогноза уровня ряда в момент времени t на k шагов вперед имеет вид:

$$\hat{y}_{t+k} = A_t + B_t,$$

где $k = 1, 2, \dots$; $t = 0, 1, 2, \dots, n$, A_t – оценка текущего t -го уровня ряда; B_t – оценка текущего прироста уровней ряда. Модель Брауна представляет собой частный случай модели Хольта. В линейной модели Хольта корректировка параметров A и B выполняется с помощью соотношений:

$$\begin{aligned} A_t &= A_{t-1} + B_{t-1} + \alpha_1 \cdot \varepsilon_t; \\ B_t &= B_{t-1} + \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \varepsilon_t, \end{aligned}$$

где α_1, α_2 – коэффициенты сглаживания, изменяющиеся от 0 до 1.

Значения коэффициентов α_1 и α_2 определяются итеративно, путем многократного построения модели при различных значениях α_1 и α_2 с выбором наилучшей по критерию минимума дисперсии или среднеквадратического отклонения остатков. Оценка адекватности базируется на анализе ряда остатков. Критериями оценки точности и надежности являются дисперсия остатков, средняя относительная ошибка аппроксимации, а также регрессионная статистика. Пошаговый расчет как параметров моделей, так и ошибки аппроксимации позволяет получить оптимально чувствительную и адаптированную модель динамики продаж лимонадной продукции. Изучение прогнозных значений проводилось для различных видов лимонадной продукции компании ООО «Волжский Сад». Продукция реализуется в течение всего года, но всегда наблюдаются сезонные колебания. Средствами адаптивного прогнозирования проводился учет этих особенностей. Детально анализировались еженедельные данные, последующее их укрупнение в ежемесячные данные. Проводился стандартный расчет показателей динамики таких как, абсолютный прирост, темп роста, темп прироста. Методом скользящих средних проводилось сглаживание данных. Однако, более чувствительная модель была получена с учетом адаптации модели к текущим данным. Далее в работе представлены данные

расчетов только по одному виду лимонадной продукции (данные укрупнены в среднегодовые). Аналогичные расчеты проводились с использованием пакетов MS Excel и Statistica. Расчеты с использованием статистических пакетов позволяют оперативно реагировать на текущую экономическую ситуацию. Анализ огромного числа параметров, интервалов и графиков обеспечивают детальный анализ данных продаж и ценовых коридоров, которые широко используются компаниями в многочисленных акциях. В качестве аналитических методов особое место следует выделить классу адаптивных моделей. Линейные адаптивные модели играют значительную роль в прогнозной части деятельности любой компании. В работе в качестве примера рассматриваются модели Брауна и Хольта. Расчеты параметров и уровней временных данных по линейным моделям Брауна и Хольта приведены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры и уровни данных по линейной модели Брауна

Время	Эмпирические значения	Параметры модели A(t)	Параметры модели B(t)	Теоретические значения	Относительная ошибка, %
2003	16,4	0,78	1,67	12,73	6,04
2004	11,8	5,33	1,85	14,65	7,25
2005	14,9	9,05	1,94	13,75	9,44
2006	18,1	8,97	2,25	17,93	6,89
2007	23,8	9,68	2,56	18,37	8,14
2008	25,4	11,78	3,24	19,39	11,39
2009	26,2	15,34	4,00	23,59	12,56
2010	35,3	28,17	4,91	29,78	10,92
2011	36,4	32,11	6,35	34,86	11,79
2012	37,5	37,2	8,67	36,19	8,62

Ретропрогноз по модели Брауна составил для 2013 года 51,92, а для 2014 года – 61,68 условных единиц. Средняя абсолютная ошибка аппроксимации составила 9,304%. Сравнение этих результатов с данными, полученными по эконометрическим моделям, позволяет сделать вывод, о том, что адаптация модели повышает точность прогноза примерно на 15%. Графическое представление модели Брауна представлено на рисунке 1.

Как видно из рисунка, данные фактического и расчетного ряда практически совпадают. Полученные результаты свидетельствуют, что линейная модель Брауна позволяет с высокой точностью оценить прогнозные значения данных продаж. Практическая реализация модели Хольта производилась с использованием коэффициента дисконтирования 0,68 и коэффициента сглаживания – 0,47. Ретропрогноз по модели Хольта имеет следующие значения: 2013 год – 62,84, 2014 год – 64,70 условных единиц. Проведенный анализ остатков по применяемым моделям Брауна и Хольта свидетельствует о достаточно высокой точности аппроксимации исходного ряда динамики данными моделями (средняя относительная ошибка аппроксимации не превосходит 10 %). Точечный и интервальный ретропрогноз также дают хорошие результаты, т. к. среднее значение относительной ошибки прогноза удовлетворительные в моделях Брауна и Хольта, соответственно. Используя данные прогнозных значений, был проведен расчет ценовых коридоров, рекомендуемых с целью повышения продаж изучаемой продукции.

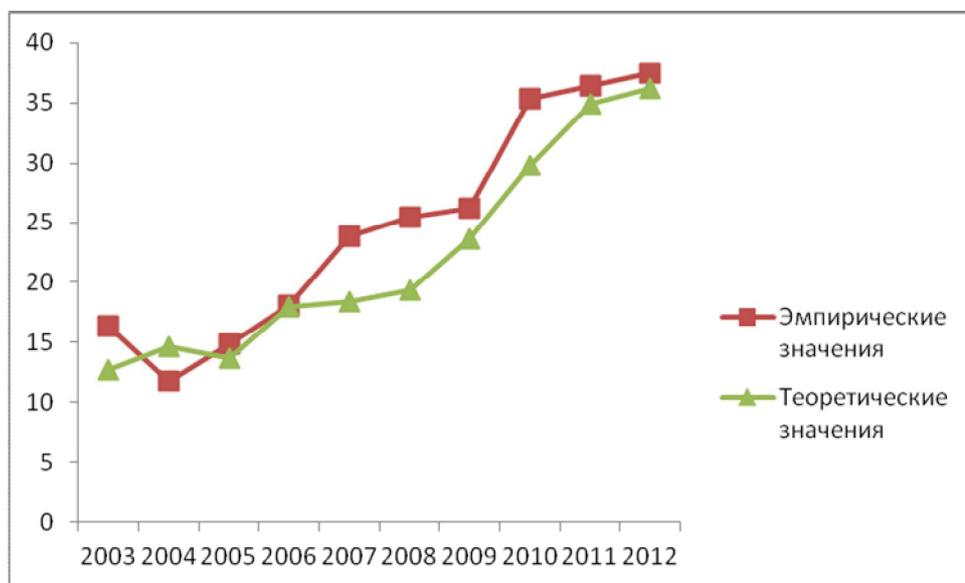


Рис. 1. График модели Брауна

Расчет ценовых коридоров проводился по данным, представленным в таблице 2. В данной таблице представлена информация о количестве наблюдений, средних ценах на различные позиции лимонадной продукции компании ООО «Волжский сад».

Таблица 2

Исходные данные

Наименование напитков	Количество наблюдений	Средние цены
Колокольчик Калипсо	100	27,11
Крем-Сода Калипсо	110	28,40
Ананас Калипсо	100	28,89
Дюшес Калипсо	100	28,96
Апельсин Калипсо	110	29,09
Кола Калипсо	110	29,10
Ананас Капель	60	30,36
Барбарис Калипсо	110	30,49
Грейпфрут и Кокос Капель	70	32,52
Кола Капель	70	32,62
Зеленое Яблоко Капель	110	32,74
Лимон Капель	110	32,75
Восточный базар Капель	90	32,83
Таежные ягоды Капель	110	32,86
Апельсин Капель	110	34,47

Методом множественных сравнений Шеффе и LSD критерия проводилась структуризация групп продукции по средним ценам.

Критериальное значение рассчитывается по формуле:

$$S_{\text{набл}} = \frac{\left(\sum_{i=1}^k c_i \bar{X}_i \right)^2}{(k-1) \cdot S_{BH}^2 \sum_{i=1}^k \frac{c_i^2}{n_i}},$$

где S_{BH} – внутригрупповая дисперсия, определяется с помощью формулы:

$$S_{BH}^2 = \frac{1}{n-k} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{X}_i)^2,$$

где k – число выборок, n_i – количество наблюдений в i -ой выборке, n – общее количество наблюдений. Критическое значение статистики определяется с помощью распределения Фишера – Снедекора на уровне значимости α , с числом степеней свободы k_1 и k_2 : $S_{кр} = F(\alpha; k_1; k_2)$, $k_1 = k - 1$, $k_2 = n - k$.

$$LSD_{ij} = t(\alpha; n-k) \cdot \sqrt{\frac{(n_i + n_j) S_{BH}^2}{n_i \cdot n_j}} = \sqrt{\frac{(n_i + n_j) S_{BH}^2}{n_i \cdot n_j}} F(\alpha; 1; n-k),$$

где $t(\alpha; n-k)$ – табличное значение критерия Стьюдента, $F(\alpha; 1; n-k)$ – значение критерия Фишера – Снедекора. Методом Шеффи установлено, что не наблюдается значимого различия между ценами на различные виды лимонадной продукции. Однако LSD-критерий позволяет выделить в отдельный ценовой коридор такие виды лимонадной продукции как Калипсо Апельсин и Калипсо Кола, для которых рекомендуется активно использовать различные акции.

Библиографический список

1. Дайитбегов Д.М. Компьютерные технологии анализа данных в эконометрике. М.: ИНФРА-М–Вузовский учебник, 2008. XIV. 578 с. (Научная книга).
2. Хеннан Э. Многомерные временные ряды. М.: Мир, 1974.
3. Лукашин Ю. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов. М.: Мир, 20003.
4. В.Н. Афанасьев, М.М. Юзбашев. Анализ временных рядов и прогнозирование: учебник. М.: Финансы и статистика, 2001. 228 с.
5. Т.А. Дуброва Статистические методы прогнозирования: учебное пособие для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. 206 с.
6. Трусова А.Ю., Орлова И.С. Моделирование банковских данных средствами ретропрогноза // Труды Межвузовской научно-практической конференции «Математическое моделирование, численные методы и информационные системы» / Самара, 14-16 октября 2009, Вестник СМИУ.

7. Трусова А.Ю., Ильина А.И. Авторегрессионные модели в анализе экономических данных. Актуальные вопросы экономики и финансов в условиях современных вызовов Российского и мирового хозяйства: Материалы Международной научно-практической конференции (25 марта 2013 г.). НОУ ВПО СИ "ВШПП". Самара: Издательство Ас Гард. Часть 2. 2013. С. 414–418.

8. Трусова А.Ю., Ильина А.И. «Моделирование и анализ динамических данных». Вестник Самарского государственного университета № 7 (108) Самара: Издательство "Самарский университет" 2013. С. 127–133.

9. Лапач С.Н., Чубенко А.В., Статистические методы в медикобиологических исследованиях с использованием Excel. К.: МОРИОН, 2001. 408 с.

References

1. Dayitbegov D.M. Computer technology for data analysis in econometrics. M.: INFRA-M – University textbook, 2008. XIV. 578 S. (Scientific book).

2. Hannan E. Multivariate time series. M.: Mir, 1974.

3. Lukashin Y. Adaptive methods for short time series forecasting. M.: Mir, 20003.

4. V.N. Afanasiev, M. M. Yuzbashev. Time series analysis and forecasting: UCHEBNYE. M.: finances and statistics, 2001. 228 p.

5. T.A. Dubrova Statistical forecasting methods: textbook for universities. M.: YUNITI-DANA, 2003. 206 p.

6. Trusova A.Y., Orlova I.S. Modeling banking data by means of retroprognosis // The proceedings of the Interuniversity scientific-practical conference "Mathematical modeling, numerical methods and information system"/ Samara, 14-16 October 2009, proceedings of SMI.

7. Trusova A.Y., Ilyin A.I. "Autoregressive models in analysis of economic data". Topical issues of Economics and Finance in the context of modern challenges of the Russian and world economy: Materials of International scientific-practical conference (March 25, 2013). NOU VPO SI "HSPE". Samara: "IZDATEL'stvo As Gard". Part 2 the 2013. P. 414–418.

8. Trusova A.Y., Ilyin A.I., "Modeling and analysis of dynamic data". Vestnik of Samara state University № 7 (108). Samara: Publishing house "Samara University" 2013. S. 127–133.

9. Lapach S.N., Chubenko A.V., Statistical methods in biomedical studies using Excel. K.: MORION, 2001. 408 p.

A. Yu. Trusova *

ANALYSIS OF DISPOSALS DATA USING THE MODEL OF RETRO FORECAST

This research work is devoted to various characteristics of adaptive models, based on model of moving average of Brown and Holt. Retro forecast was made based on this model, most important indicators were calculated, adequacy of model was tested and optimal autoregressive model was chosen.

Key words: Dynamic data, adaptive model, forecasting, retro forecasting.

Статья поступила в редакцию 8/II/2016.

The article received 8/II/2016.

* Trusova Alla Yuryevna (a_yu_ssu@mail.ru), Department of Mathematics and Business Informatics, Samara University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.