

## МЕТОДЫ ВЫБОРА МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТАХ

А.А. Васильев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Тверской государственный университет, г. Тверь, Россия

Рассмотрены методы и показатели точности прогноза, используемые для автоматического выбора модели прогнозирования в программных продуктах. Сделан вывод об их неполном соответствии теоретическим положениям о выборе оптимальной модели прогнозирования экономических показателей.

*Ключевые слова:* автоматический выбор модели; модель прогнозирования; программный продукт; точность прогноза.

**Введение.** В настоящее время в ряде программных продуктов, используемых для прогнозирования экономических показателей, реализована возможность автоматического выбора наиболее точной (в смысле выбранного показателя точности прогноза) модели прогнозирования. К таким программным продуктам относятся: статистические пакеты программ общего назначения IBM SPSS Statistics, STATISTICA; статистическая программа для анализа временных рядов V-STAT Excel; программы для автоматизации бизнеса Forecast PRO, Forecast4AC PRO, Forecast NOW!; программный продукт для прогнозирования временных рядов NeuroShell Predictor. Общие сведения о данных программных продуктах и реализованных в них методах эконометрики и прогнозирования приведены в [1]. Предметом настоящего исследования являются методы и показатели точности прогноза, используемые для автоматического выбора модели прогнозирования в этих программных продуктах. Цель исследования заключается в анализе соответствия этих методов и показателей современным теоретическим представлениям о выборе оптимальной модели прогнозирования экономических показателей.

**Методы выбора модели прогнозирования в программных продуктах.** В системе прогнозирования продаж “Sales-Forecast” статистического пакета прикладных программ общего назначения STATISTICA в автоматическом режиме выбирается модель прогнозирования, обеспечивающая наименьшую ошибку прогноза. Например, в модуле “Сезонное и несезонное экспоненциальное сглаживание” реализованы 12 классических моделей экспоненциального сглаживания. При этом в качестве критерия оптимальности модели

прогнозирования могут быть использованы средняя квадратическая, средняя абсолютная или средняя абсолютная относительная ошибки (в зависимости от предпочтений прогнозиста) [2].

В программном обеспечении для расчета прогнозов и разработки планов Forecast PRO автоматический выбор модели прогнозирования производится из следующего множества моделей [3]: 1) модели скользящего среднего (для случая очень короткой истории данных или слишком большой их изменчивости); 2) модели экспоненциального сглаживания (12 классических моделей; для широкого спектра обрабатываемых видов данных); 3) модели кривых роста; 4) мультипликативная сезонная модель авторегрессии – проинтегрированного скользящего среднего (сезонная модель Бокса-Дженкинса или сезонная модель ARIMA; для работы со стабильными данными); 5) модель сезонной декомпозиции (метод X11 (Census 2); для прогнозирования нестационарных однородных временных рядов); 6) модели прогнозирования редких продаж (модель Кростона прерывистого спроса и дискретные модели спроса, предназначенные для прогнозирования недостаточных и разреженных данных, где спрос часто равен нулю); 7) модели динамической регрессии. При этом выбор оптимальной модели прогнозирования осуществляется с использованием нескольких показателей точности, в частности, MAPE, MAD и GMRAE [3].

В программе Forecast4AC PRO для прогнозирования продаж в MS Excel имеется возможность автоматического выбора модели прогнозирования как среди всех моделей и их комбинаций, так и в рамках конкретной базовой модели. В случае автоматического выбора модели среди всех моделей программа автоматически распознает вид временного ряда продаж (с регулярными или с нерегулярными продажами). В случае нерегулярных продаж выбирается модель прогнозирования редких продаж, использующая метод Bootstrap. В случае регулярных продаж автоматический выбор модели прогнозирования производится из 30 моделей прогнозирования для полных рядов и 14 моделей для неполных рядов, то есть осуществляется выбор одной оптимальной модели из 44 моделей [4].

Выбор конкретного варианта базовой модели в программе Forecast4AC PRO возможен для 3 базовых моделей прогнозирования [4]: 1) модель сезонной декомпозиции (метод Census 1) (24 варианта); 2) модель экспоненциального сглаживания (Брауна, Хольта или Хольта-Уинтерса) с разными значениями параметров сглаживания (60 вариантов); 3) модель прогнозирования на основе скользящей средней (4 варианта).

Критерием оптимальности модели прогнозирования в Forecast4AC PRO, судя по описанию, является точность прогноза, под которой понимается разность между единицей и среднеквадратическим отклонением, выраженная в процентах. При этом под

среднеквадратическим отклонением понимается среднее значение квадратического отклонения за анализируемый интервал времени. Квадратическое отклонение для конкретного момента времени вычисляется как отношение квадрата ошибки модели к квадрату прогноза. Кроме того, для каждой модели прогнозирования могут быть рассчитаны 4 показателя точности прогноза: MAD, MSE, MPE, MAPE.

В программе Novo Forecast для прогнозирования продаж в MS Excel (обновленная версия программы Forecast4AC PRO) автоматический выбор модели прогнозирования производится из более 1000 комбинаций моделей. При этом для каждой модели прогнозирования могут быть рассчитаны 6 показателей точности прогноза: MAD, MSE, MPE, MAPE, aMAPE, sMAPE [5].

В системе управления складскими запасами Forecast NOW! автоматический выбор метода прогнозирования осуществляется в результате анализа динамики объема продаж. Если спрос на товар редкий, то используется модель прогнозирования редких продаж; если спрос на товар частый, то используется модель прогнозирования на основе многослойного перцептрона с генетической оптимизацией структуры нейронной сети [6].

В программе анализа и прогнозирования данных V-STAT Excel производится автоматический выбор оптимальной кривой роста из 18 кривых и оптимальной функции парной регрессии из 16 функций на основе среднего квадрата ошибок аппроксимации [7].

В программном продукте для прогнозирования временных рядов NeuroShell Predictor для оптимизации структуры нейронной сети может использоваться один из следующих показателей [8]: 1) коэффициент детерминации (R-Squared); 2) средняя абсолютная ошибка (MAE); 3) коэффициент линейной корреляции между действительными и предсказанными значениями; 4) средний квадрат ошибки (MSE); 5) средняя квадратичная ошибка (RMSE); 6) процент предсказаний, совпадающих с действительными значениями с заданной точностью.

Автоматический выбор модели прогнозирования реализован также в ряде других программных продуктов, в частности, в IBM SPSS Statistics (полнофункциональная статистическая система, предназначенная для решения исследовательских и бизнес задач при помощи анализа данных) и в SAS Forecast Server (промышленная автоматизированная система построения прогнозов). Однако сведения о методах выбора оптимальной модели прогнозирования на сайтах разработчиков этих программных продуктов отсутствует. Выбор модели прогнозирования в SAS Forecast Server производится из следующего множества моделей [9]: 1) модели прерывистого спроса; 2) модели ненаблюдаемых компонент; 3) модели ARIMAX; 4) модели динамической регрессии; 5) модели экспоненциального сглаживания; 6) модели, определенные пользователем.

## **Анализ методов выбора модели прогнозирования, реализованных в программных продуктах.**

1. Реализованный в программе V-STAT Excel метод выбора модели прогнозирования на основе ошибки аппроксимации пригоден только для краткосрочного прогнозирования, так как, во-первых, максимальная ошибка аппроксимации подвержена значительным колебаниям в зависимости от выбранного периода наблюдения, во-вторых, ошибка прогноза всегда больше ошибки аппроксимации из-за возрастания в прогнозируемом периоде неточностей, связанных с определением параметров модели и с приближенным соответствием модели реальному процессу [10, с. 844-846].

2. В программе Forecast NOW! выбор класса модели прогнозирования (нейронные сети или модели прогнозирования редких продаж) производится в результате автоматического распознавания вида временного ряда. При выборе нейронной сети производится генетическая оптимизация ее структуры на основе скалярного показателя точности прогноза. Однако описание всего многообразия экономических временных рядов только с использованием нейронных сетей представляется недостаточным. В частности, при малых объемах выборок данных нелинейные модели могут давать прогнозы более низкого качества, чем простая линейная модель, и даже формировать неадекватные прогнозы [11, с. 46].

3. В программе Forecast4AC PRO выбор класса модели также производится в результате автоматического распознавания вида временного ряда (с регулярными или с нерегулярными продажами). В случае регулярных продаж автоматический выбор модели производится из достаточно представительного множества моделей сезонной декомпозиции, моделей экспоненциального сглаживания и моделей прогнозирования на основе скользящей средней на основе скалярного показателя точности прогноза. Однако модели на основе нейронных сетей не используются.

4. В программах Sales-Forecast, Novo Forecast и NeuroShell Predictor выбор оптимальной модели прогнозирования производится из большого множества моделей только на основе одного из показателей точности прогноза. Однако выбор конкретного показателя точности прогноза представляет собой очень сложную задачу, так как одного универсального показателя не существует, а каждый показатель характеризуется своими недостатками [12, с. 11].

5. В программе Forecast PRO производится многокритериальный выбор оптимальной модели прогнозирования из большого множества моделей.

**Выводы:** 1) реализованные в программных продуктах методы выбора модели прогнозирования не в полной мере используют

теоретические положения о выборе оптимальной модели прогнозирования экономических показателей; 2) оптимальную модель для прогнозирования экономического показателя целесообразно выбирать на основе векторного показателя точности из класса моделей, предназначенных для прогнозирования автоматического распознанного вида временного ряда.

### Список литературы

1. Васильев А.А., Васильева Е.В. Программное обеспечение для прогнозирования числовых экономических показателей // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Экономика и управление. – 2016. – № 1. – С. 205-212.
2. STATISTICA: STATISTICA Advanced Linear / Non-Linear Models (Линейные и нелинейные модели). Анализ временных рядов и прогнозирование. Сезонное и несезонное экспоненциальное сглаживание [Электронный ресурс]. – М: Компания StatSoft Russia, 2016. – URL: [http://www.statsoft.ru/products/STATISTICA\\_Advanced/statistica\\_advanced\\_linear-nonlinear\\_models.php](http://www.statsoft.ru/products/STATISTICA_Advanced/statistica_advanced_linear-nonlinear_models.php) (дата обращения 10.05.2016).
3. Forecast PRO: Обучение. Дополнительные материалы для скачивания. Брошюра по Forecast PRO [Электронный ресурс]. – М: Компания CEO Consulting (российский представитель Forecast PRO), 2016. – URL: [http://www.forecastpro.ru/d/ForecastPRO\\_whitepages\\_280814.pdf](http://www.forecastpro.ru/d/ForecastPRO_whitepages_280814.pdf) (дата обращения 10.05.2016).
4. 4analytics: решения для бизнес-анализа: Прогнозирование. Forecast4AC PRO. Инструкция. Автоматический выбор модели прогноза [Электронный ресурс]. – СПб.: ООО “Ново Би Ай”, 2016. – URL: <http://4analytics.ru/forecast4ac-programma-dlya-prognozirovaniya/vopros-otvet.html> (дата обращения 10.05.2016).
5. 4analytics: решения для бизнес-анализа: Прогнозирование. Novo Forecast. Инструкция. Автоматический выбор модели прогноза [Электронный ресурс]. – СПб.: ООО “Ново Би Ай”, 2016. – URL: <http://novoforecast.com/novo-forecast/instruktsiya/item/avtomaticheskij-vybor-modeli-prognoza.html> (дата обращения 10.05.2016).
6. Forecast NOW!: О продукте. Как это работает. Вкладка “Заказ” [Электронный ресурс]. – Тверь: ООО “Инжэниус Тим”, 2016. – URL: <http://fnow.ru/ru/zakaz> (дата обращения 10.05.2016).
7. V-STAT Excel: Методы. Регрессионный анализ. Парная регрессия [Электронный ресурс]. – М.: Лаборатория анализа данных, 2016. – URL: <http://www.v-stat.ru/metody/regressionnyi-analiz/parnaya-regressiya> (дата обращения 10.05.2016).
8. NEUROPROJECT. Продукты. NeuroShell Predictor. Расширенные возможности [Электронный ресурс]. – М.: ООО “НейроПроект”, 2016.

- URL: <http://www.neuroproject.ru/aboutproduct.php?info=nsinfo> (дата обращения 10.05.2016).
9. SAS Forecast Server. Основные функции [Электронный ресурс]. – М.: ООО “САС ИНСТИТУТ”, 2016. – URL: <http://www.sas.com/content/dam/SAS/ru/doc/factsheet/SAS-Forecast-Server.pdf> (дата обращения 10.05.2016).
  10. Кузнецова К.С., Голодненко В.Н. К вопросу о количественной оценке точности прогноза (на примере прогнозирования производительности труда) // Экономика и математические методы. – 1971. – Т. VII, вып. 6. – С. 843-849.
  11. Ицхоки О. Выбор модели и парадоксы прогнозирования // Квантиль. – 2006. - №1. – С. 43-51.
  12. Щербаков М.В., Бребельс А., Щербакова Н.Л., Тюков А.П. Обзор оценок качества моделей прогнозирования [Электронный ресурс]. – М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова, 2010. – URL: [http://www.mtas.ru/bitrix/components/bitrix/forum.interface/show\\_file.php?fid=6450](http://www.mtas.ru/bitrix/components/bitrix/forum.interface/show_file.php?fid=6450). (дата обращения 10.05.2016).

## METHODS OF CHOOSING OF FORECASTING MODEL OF ECONOMIC RATIOS IN SOFTWARE PRODUCTS

А.А. Vasil’ev<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Tver State University, Tver, Russia

In the issue methods and rates of accuracy of forecast, used for automated choice of forecasting model in software products, are presented. There is a conclusion about its insufficient accordance to theory about choosing of the most preferable forecasting model of economic ratios.

**Keywords:** *accuracy of forecast; automated choice of model; forecasting model; software product.*

*Об авторе:*

ВАСИЛЬЕВ Александр Анатольевич – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой математики, статистики и информатики в экономике, Тверской государственной университет (170000, г. Тверь, ул. Желябова, д. 33), e-mail: [vasiljev-tvgu@yandex.ru](mailto:vasiljev-tvgu@yandex.ru)

*About the authors:*

VASIL’EV Aleksandr Anatol’evich – Philosophy Doctor in Engineering Science, Associate Professor, Head of Department of Mathematics, Statistics and Informatics in Economics, Tver State University, (33, Zhelaybova St., Tver, 170000), e-mail: [vasiljev-tvgu@yandex.ru](mailto:vasiljev-tvgu@yandex.ru)