

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра теории функций и приближений

Анализ временных рядов в экономике

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студентки 4 курса 412 группы
направления 01.03.02 Прикладная математика и информатика
механико-математического факультета
Моруговой Анастасии Владиславовны

Научный руководитель

к.ф.-м.н.
должность, уч. степень, уч. звание

дата, подпись

М. Г. Плешаков
инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

д.ф.-м.н.
должность, уч. степень, уч. звание

дата, подпись

С. П. Сидоров
инициалы, фамилия

Саратов 2016 год

ВВЕДЕНИЕ

Работа посвящена исследованию свойств временных рядов и методов их исследования на примере динамики изменения кросс-курса валют (евро-рубль). Используются различные методы, представленные в виде готовых программных продуктов в системах компьютерной математики, а также методы, реализованные самостоятельно в виде программы на основе теоретических моделей; в связи с этим мы получаем возможность более разностороннего и глубокого исследования предмета, а также сравнения методов.

Актуальность темы исследования состоит в первой очереди в ее практической направленности и неизменной востребованности результатов, достигаемых изучаемыми методами. Несмотря на сугубо прикладной характер предмета исследования, полученные выводы могут использоваться более широко. О новизне работы в общем смысле говорить затруднительно в связи с тем, что исследование направлено в первую очередь на использование существующих методик и теорий, классических и инновационных, и на их комплексное использование в конкретных отраслях человеческой деятельности; следовательно, новизна, как и актуальность данной работы, в первую очередь состоит в ее практической направленности на решение возникающих, а значит, в определенном смысле новых задач.

В связи с непрерывным ростом объемов хранимых, упорядоченных во времени данных о характеристиках объектов, процессов и систем в промышленности, экономике, медицине, образовании, социологии, растет потребность в расширении возможностей анализа и прогнозирования количественных и качественных изменений этих характеристик, а также их носителей. Систематическое и комплексное исследование тенденций развития процессов на основе анализа временных рядов (ВР), извлеченных из хранилищ и баз данных, является сферой профессиональной деятельности специалистов различного профиля: менеджеров среднего звена, аудиторов, специалистов в области контроля качества, экономистов, руководителей, маркетологов, аналитиков и др.

Основной упор в работе делается на классические методики и инструменты анализа временных рядов и сравнение их с уже имеющимися в виде готовых программных продуктов, реализованных в качестве компонент различных пакетов прикладных программ. Для полноты картины во введении

к работе также обзорно рассматриваются современные методики и пакеты программного обеспечения, по своей специфике более узконаправленные и менее доступные (статистический, нейросетевой и нечеткий подходы к моделированию временных рядов) в плане уровня квалификации пользователя, который должен быть довольно высоким, несмотря на то, что одной из целей их создания является именно упрощение их применения заинтересованными лицами. При этом исследование приобретает несколько большую полноту, чем как если бы мы привлекали только классические подходы (сглаживание, скользящее среднее, фильтрация и т.д.).

Само по себе исследование, заключенное в рамках данной работы, является достаточно масштабным, поскольку оперирует не только данными по динамике курса «евро-рубль», но и увязывает эти данные с большим количеством других данных, факторов, взаимозависимость которых выражена в виде временных рядов.

Экономическое взаимодействие в нашем случае ставится во главу угла, поскольку именно благодаря этому мы получаем по-настоящему комплексный и глубокий анализ, методики которого применимы в различных ситуациях и областях, а не только в рассматриваемой. Тенденции и реалии современного мира, такие как глобализация экономики, находят свое отражение в нашем исследовании. Привлекаются как классические математические, так и современные компьютерные методы анализа, что повышает точность результатов и позволяет получить более «объемную» картину. В ходе исследования были обработаны значительные массивы информации. Учитывая, что в современном мире экономическое взаимодействие является достаточно плотным и насыщенным, в том числе и в плане времени (в частности, частота сделок разного типа и разного масштаба, совершаемых в разных регионах, достаточно высока, поэтому производить анализ большого количества данных такого рода вручную фактически невозможно), применение только классических, «ручных» методов анализа было бы практически невозможным, в связи с чем широко применяются данные компьютерной обработки массивов данных по различным параметрам.

Работа имеет в значительной степени прикладной характер, а результаты настоящего исследования могут быть применимы не только для получения

практических результатов, но и в учебной деятельности как элемент специальных теоретических курсов по соответствующим темам, а также специальных семинаров.

Настоящее исследование является полностью самостоятельным и индивидуальным, не будучи частью какой-либо коллективной работы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении квалификационной выпускной работы приводятся основные понятия классической теории анализа временных рядов, а также некоторые сведения, касающиеся одного из направлений интеллектуального анализа данных (Data Mining), занимающегося моделированием временных рядов (Time Series Data Mining), основными целями которого являются анализ и моделирование процессов, характеризующихся высокой степенью неопределенности, в том числе «нестохастического» типа. Объектом исследования здесь являются так называемые нечеткие временные ряды.

Работа состоит из двух частей, и в первой из частей рассматривается теория классических временных рядов. В качестве образца берется часто используемая на практике мультипликативная модель временного ряда.

$$Y_i = T_i \cdot C_i \cdot I_i, \quad (1)$$

где T_i — значение тренда;

C_i — значение циклического компонента в i -м году;

I_i — значение случайного компонента в i -м году.

Если данные измеряются ежемесячно или ежеквартально, наблюдение Y_i , соответствующее i -му периоду, выражается уравнением:

$$Y_i = T_i \cdot S_i \cdot C_i \cdot I_i, \quad (2)$$

где T_i — значение тренда;

S_i — значение сезонного компонента в i -м периоде;

C_i — значение циклического компонента в i -м периоде;

I_i — значение случайного компонента в i -м периоде.

Подробно описывается структура временного ряда, традиционно состоящая из тренда, сезонной, циклической и нерегулярной составляющих, а также их свойства.

Рассматриваются основные операции, применяющиеся при анализе временных рядов сглаживание, которое реализуется с помощью различных приемов:

1) *Сглаживание годовых временных рядов* применяется для устранения случайных отклонений (шума) из экспериментальных значений исходного ряда. Сглаживание проводится с помощью многочленов, приближающих (обычно по методу наименьших квадратов) группы опытных точек.

2) *Скользящие средние* — это общее название для семейства функций, значения которых в каждой точке определения равны среднему значению исходной функции за предыдущий период. Скользящие средние обычно используются с данными временных рядов для сглаживания краткосрочных колебаний и выделения основных тенденций или циклов.

3) *Экспоненциальное сглаживание* применяется для выявления долгосрочных тенденций, характеризующих изменения данных, кроме скользящих средних. Этот метод позволяет также делать краткосрочные прогнозы (в рамках одного периода), когда наличие долгосрочных тенденций остается под вопросом. Благодаря этому метод экспоненциального сглаживания обладает значительным преимуществом над методом скользящих средних.

4) *Метод экспоненциального сглаживания* получил свое название от последовательности экспоненциально взвешенных скользящих средних. Каждое значение в этой последовательности зависит от всех предыдущих наблюдаемых значений. При экспоненциальном сглаживании веса, присвоенные наблюдаемым значениям, убывают со временем, поэтому после выполнения вычислений, наиболее часто встречающиеся значения получают наибольший вес, а редкие величины — наименьший.

Здесь же появляется понятие тренда, которое более подробно исследуется во второй части работы.

Модель линейного тренда является простейшей моделью, применяемой для прогнозирования:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_i + \varepsilon_i, \quad (3)$$

где Y_i — фактические значения наблюдаемого процесса;

β_0 и β_1 — неизвестные параметры (сдвиг и наклон прямой Y);

ε_i — стохастическая компонента.

Уравнение линейного тренда:

$$\hat{Y}_i = b_0 + b_1 \cdot X_i, \quad (4)$$

где \hat{Y} — предсказанное значение переменной Y для i -го наблюдения;

X_i — значение переменной X в i -м наблюдении;

b_0 — сдвиг прямой Y ;

b_1 — наклон прямой Y .

В конце первой части приведены процедуры, обеспечивающие анализ временного ряда при помощи пакета прикладных программ Mathcad. Эти процедуры предоставляют несколько вариантов сглаживания (функциями $medsmooth(y, b)$, $ksmooth(x, y, b)$ и $supsmooth(x, y)$) временного ряда, полосовой фильтрации, выделения и устранения тренда.

Во второй части подробно рассматривается теория и алгоритмы для выделения линейного тренда временного ряда как наиболее популярного при анализе ВР по причине своей простоты и удобства интерпретации. При этом используется классическая теория анализа ВР. Подробно излагаются различные показатели, которые характеризуют тенденцию динамики:

- 1) абсолютное изменение уровней;
- 2) ускорение;
- 3) темп роста;
- 4) относительный прирост;
- 5) средний уровень ряда;
- 6) среднее абсолютное изменение;
- 7) среднее абсолютное ускорение;
- 8) средний темп роста;
- 9) хронологическая средняя;
- 10) средний абсолютный прирост (абсолютное изменение).

В этой части работы приводится подробная классификация основных типов трендов ВР и их свойства. Среди них: линейный тренд, параболический

тренд, экспоненциальный тренд, гиперболический тренд. Отдельное внимание в работе уделено линейному тренду.

Линейный тренд. Самым простым типом линии тренда является прямая, описываемая линейным (т.е. первой степени) уравнением тренда:

$$\hat{y}_i = a + bt_i, \quad (5)$$

где \hat{y}_i — выровненные, т.е. лишенные колебаний, уровни тренда для лет с номером i ;

a — свободный член уравнения, численно равный среднему выровненному уровню для момента или периода времени, принятого за начало отсчета, т.е. для $t = 0$;

b — средняя величина изменения уровней ряда за единицу изменения времени;

t_i — номера моментов или периодов времени, к которым относятся уровни временного ряда (год, квартал, месяц, дата).

Основные свойства тренда в форме прямой таковы:

- 1) равные изменения за равные промежутки времени;
- 2) если средний абсолютный прирост — положительная величина, то относительные приросты или темпы прироста постепенно уменьшаются;
- 3) если среднее абсолютное изменение — отрицательная величина, то относительные изменения или темпы сокращения постепенно увеличиваются по абсолютной величине снижения к предыдущему уровню;
- 4) если тенденция к сокращению уровней, а изучаемая величина является по определению положительной, то среднее изменение b не может быть больше среднего уровня a ;
- 5) при линейном тренде ускорение, т.е. разность абсолютных изменений за последовательные периоды, равно нулю.

Параболический тренд. Под названием параболического будем иметь в виду тренд, выраженный параболой II порядка с уравнением

$$\hat{y}_i = a + bt + ct^2. \quad (6)$$

Основные свойства тренда в форме параболы II порядка таковы:

1) неравные, но равномерно возрастающие или равномерно убывающие абсолютные изменения за равные промежутки времени;

2) парабола, рассматриваемая относительно ее математической формы, имеет две ветви: восходящую с увеличением уровней признака и нисходящую с их уменьшением. Но относительно статистики по содержанию изучаемого процесса изменений трендом, выражающим определенную тенденцию развития, чаще всего можно считать только одну из ветвей: либо восходящую, либо нисходящую. В особых, более конкретных, ситуациях мы не отрицаем возможности объединения обеих ветвей в единый тренд;

3) так как свободный член уравнения а как значение показателя в начальный момент (период) отсчета времени, как правило, величина положительная, то характер тренда определяется знаками параметров b и c :

а) при $b > 0$ и $c > 0$ имеем восходящую ветвь, т.е. тенденцию к ускоренному росту уровней;

б) при $b < 0$ и $c < 0$ имеем нисходящую ветвь — тенденцию к ускоренному сокращению уровней;

в) при $b > 0$ и $c < 0$ имеем либо восходящую ветвь с замедляющимся ростом уровней, либо обе ветви параболы, восходящую и нисходящую, если их по существу можно считать единым процессом;

г) при $b < 0$ и $c > 0$ имеем либо нисходящую ветвь с замедляющимся сокращением уровней, либо обе ветви — нисходящую и восходящую, если их можно считать единой тенденцией;

4) при параболической форме тренда, в зависимости от соотношений между его параметрами, цепные темпы изменений могут либо уменьшаться, либо некоторое время возрастать, но при достаточно длительном периоде рано или поздно темпы роста обязательно начинают уменьшаться, а темпы сокращения уровней при $b < 0$ и $c < 0$ обязательно начинают возрастать (по абсолютной величине относительного изменения).

Экспоненциальным трендом называют тренд, выраженный уравнением:

$$\hat{y}_i = ak^{t_i}, \quad (7)$$

или в форме

$$\hat{y}_i = e^{\ln a + \ln kt_i}. \quad (8)$$

Основные свойства экспоненциального тренда:

- 1) абсолютные изменения уровней тренда пропорциональны самим уровням,
- 2) экспонента экстремумов не имеет: при $k > 1$ тренд стремится к $+\infty$, при $k < 1$ тренд стремится к нулю,
- 3) уровни тренда представляют собой геометрическую прогрессию: уровень периода с номером $t = m$ есть akt_m ,
- 4) при $k > 1$ тренд отражает ускоряющийся неравномерно рост уровней, при $k < 1$ тренд отражает замедляющееся неравномерно уменьшение уровней.

Гиперболический тренд. Из различных форм гипербол рассматривается только наиболее простая:

$$\hat{y} = a + \frac{b}{t}. \quad (9)$$

Она отличается от линейного уравнения тем, что вместо t_i первой степени включает номера периодов времени (моментов) в минус первой степени: $1/t_i$.

Основные свойства гиперболического тренда:

- 1) абсолютный прирост или сокращение уровней, ускорение абсолютных изменений, темп изменения — все эти показатели не являются постоянными. При $b > 0$ уровни замедленно уменьшаются, отрицательные абсолютные изменения, а также положительные ускорения тоже уменьшаются, цепные темпы изменения растут и стремятся к 100%,
- 2) при $b < 0$ уровни замедленно возрастают, положительные абсолютные изменения, а также отрицательные ускорения и цепные темпы роста замедленно уменьшаются, стремясь к 100%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование временного ряда было выполнено. Были использованы различные приемы исследования временного ряда, а именно, анализ временного ряда с помощью известной системы компьютерной математики Mathcad, в результате чего к временному ряду были применены все процедуры из предлагаемого инструментария, а также анализ того же ряда с помощью авторской программы, реализующей алгоритм определения параметров линейного тренда на языке программирования C++. Результаты показали, что полученные на основе одинаковых данных параметры линейного тренда, которые соответствуют свободным членам, не совпадают друг с другом. При этом угловые коэффициенты практически идентичны. Сравнение примененных методов указывает на то, что линейные тренды, полученные двумя указанными способами, могут использоваться как границы реального тренда временного ряда, описывающего экономический процесс.