

УДК 517.534

Н.Н. Куклин, Т.С. Лазебник, Е.А. Севостьянова

*Харьковский национальный университет радиотехники, Харьков*

## ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОЦЕНКИ СТРУКТУРЫ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НЕРЕГУЛЯРНЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

*В работе рассмотрен альтернативный подход, используемый для анализа и прогноза рынков, которым является сингулярный спектральный анализ SSA (Singular Spectrum Analysis). Идея данного подхода основана на динамической модификации метода главных компонент. С помощью метода сингулярного разложения временного ряда можно выделить из реального ряда отдельные составляющие, такие как тренд, периодические составляющие и случайный шум. Проводится разложение временного ряда на составляющие при помощи сингулярного разложения матрицы развертки. Определяются не только составляющие временного ряда, но и класс полученных временных рядов.*

**Ключевые слова:** *временной ряд, сингулярное разложение, информационная технология, математическая модель.*

### Введение

**Постановка проблемы в общем виде.** Для нерегулярных временных рядов характерно возникновение резких переходов (интервенция), наличие гистерезиса, изменчивость структуры, появление детерминированного хаоса, нелинейность, нестационарность. В связи с наличием ошибок измерения временных данных, наличием случайных флуктуаций, свойственных наблюдаемым системам, при исследовании и анализе временных рядов в работе используется вероятностно-статистический подход для построения модели прогнозирования. При этом предполагаем, что временной ряд имеет какую-то структуру, отличающую его от последовательности независимых случайных величин, так что наблюдения не являются набором совершенно независимых числовых величин. В рамках такого подхода наблюдаемый временной ряд будем рассматривать как реализацию некоторого случайного процесса, имеющего динамические свойства, которые характеризуются набором динамических количественных и качественных показателей. В этой связи возникает задача синтеза и анализа информационной технологии предварительной обработки данных с целью разработки формализованного подхода к выбору метода прогнозирования.

Итак, информационную технологию анализа нерегулярных временных рядов представим в виде решения следующих проблем: организации исходных данных; разработки имитационной модели; проведения предварительной обработки (отнесения ряда к TS или DS классу, оценке гетероскедастичности, волатильности) оценки структуры ряда.

Основное внимание в работе уделяется решению проблемы идентификации структуры модели прогнозирования нерегулярных временных рядов,

которая является основой для построения интеллектуальной системы выбора метода прогнозирования.

В работе рассматривается построение информационной технологии нерегулярного временного ряда курса валют.

Анализ последних достижений. В последнее время предлагается в качестве критериев обнаружения структуры использовать сингулярный спектральный анализ SSA (Singular Spectrum Analysis), основанный на динамической модификации метода главных компонент. Данный подход основан на исследовании временного ряда методом главных компонент и не требует предварительной стабилизации ряда. SSA позволяет исследовать структуру временного ряда, выделить отдельные его составляющие и прогнозировать как сам ряд, так и тенденции развития его составляющих. Особенности метода являются такие его свойства, как интерактивность и визуализация результатов вычислений. Достоинством метода сингулярного разложения-SSA является отсутствие требования априорного задания модели ряда, а также возможность выделения гармонических составляющих с изменяющимися амплитудами и частотами, что выгодно отличает его от методов, в основе которых лежит метод Фурье. Анализ собственных троек информационной матрицы дает одновременно представления обо всех составляющих исходного временного ряда [1].

Недостатком метода, ограничивающим возможности его применения, является предположение о линейности модели исследуемого ряда. На первый план выдвигается задача выбора достаточно универсальной модели временного ряда, позволяющей отразить существенные особенности его нелинейной динамики, зачастую носящей хаотический характер. Для решения подобных задач эффективны методы, основанные на ядерных методах (kernel methods),

обеспечивающих возможность моделирования нелинейных связей в финансовых временных рядах при сравнительно малом объеме априорной информации.

Однако вопросами оценки структуры нерегулярных временных рядов уделялось недостаточного внимания.

### Основные этапы информационной технологии оценки структуры модели прогнозирования нерегулярных временных рядов

На рис. 1 приведен пример микроэкономического процесса, характеризующего изменения цены валютного курса EUR/USD. По вертикальной оси отложена величина изменения цены закрытия в пунктах, по горизонтали – время.

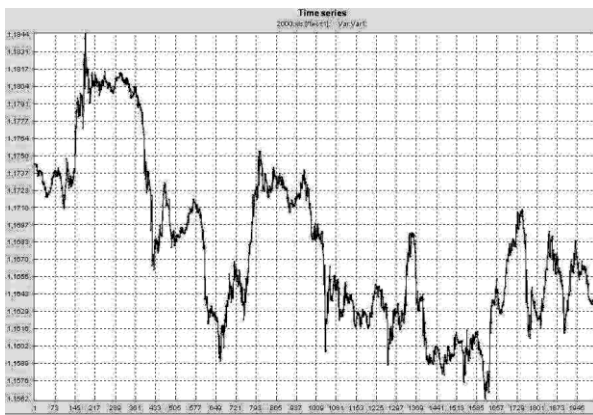


Рис. 1. Временной ряд курсов валют

Идентификация структуры процесса ориентирует исследование на раскрытие внутренних механизмов функционирования сложных объектов, которые характеризуются последовательностью данных во времени. Определение составляющих временного ряда позволит повысить эффективность прогнозирования за счет простого математического описания составляющих ряда.

Информационную технологию анализа структуры нерегулярных временных рядов на базе аппарата сингулярного разложения представим в виде следующей последовательности действий:

на первом этапе определяем совокупность динамических показателей, определяющих изменчивость временного ряда;

на втором этапе определяем критические значения динамических показателей и проводим разделение временного ряда на классы при помощи кластерного анализа;

на третьем этапе проводится для каждого класса сингулярное разложение трансформированной информационной матрицы. В процедуру сингулярного разложения входит получение трансформированной информационной матрицы на базе выбранного окна  $L$ , определение векторов развертки мат-

рицы, число элементов окна, число значений исходного ряда, количество значений исходного ряда по горизонтали и вертикали.

Сингулярное разложение любой матрицы предусматривает определение ортогональной матрицы  $A$  размером  $L \times L$ , где  $L$  – число данных в окне, ортогональной матрицы  $V$  размером  $N \times N$ , где  $N = K - L + 1$ ,  $K$  – количество данных в классе и матрицы  $W$  размером  $L \times N$ , на главной диагонали которой находятся сингулярные неотрицательные числа, расположенные в порядке убывания, все недиагональные элементы равны 0. Итак, матрица  $A$  раскладывается в виде  $A = U \times W \times V^T$ . С учётом особенностей матрицы  $W$  для получения матрицы  $A$  требуется не  $L$  столбцов матрицы  $U$ , а лишь первые  $\min(L, N)$  столбцов, аналогично, лишь первые  $\min(M, N)$  строк матрицы  $V^T$  влияют на результат произведения (рис. 2, 3).

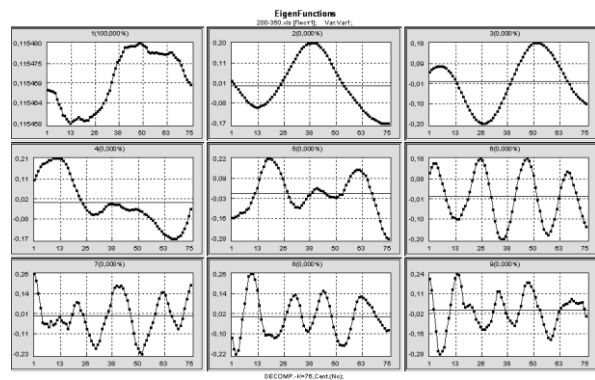


Рис. 2. Графики собственных троек сингулярного разложения (3-й этап)

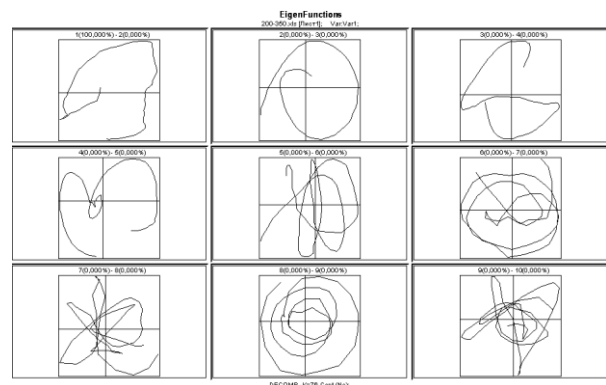


Рис. 3. Двумерные диаграммы собственных троек сингулярного разложения (3-й этап)

Далее процедуру сингулярного разложения разобьем на следующие этапы: вложение, собственно сингулярное разложение, группировка и диагональное усреднение. Первые два в совокупности называются разложением, последние – восстановлением.

Далее информационная технология предусматривает оценку степени влияния каждого сингулярного числа на результирующий ряд и выделение составляющих процесса (рис. 4, 5).

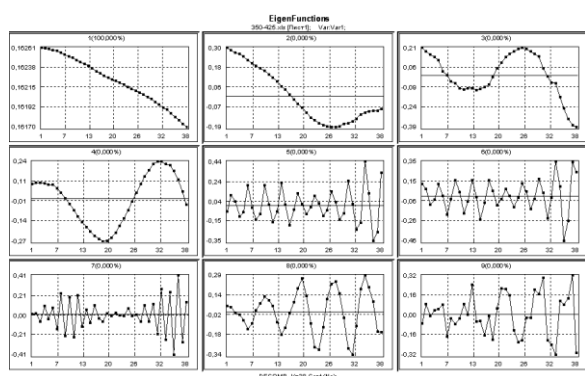


Рис. 4. Графики собственных троек сингулярного разложения (завершение)

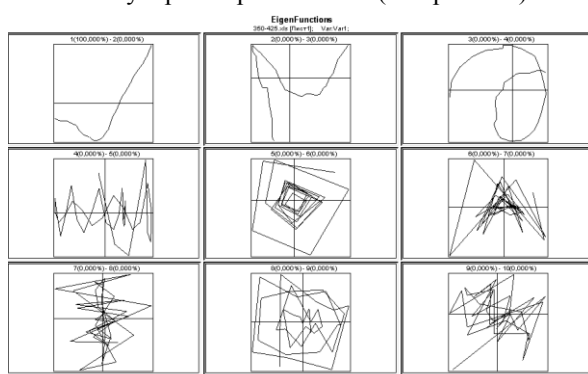


Рис. 5. Двумерные диаграммы собственных троек сингулярного разложения (завершение)

Используя сингулярное разложение нерегулярный временной ряд возможно разложить на произвольное число аддитивных составляющих, количество которых определяется длиной матрицы А.

В работе информационная технология сингулярного разложения использовалась для оценки структуры нерегулярного временного ряда валютно курса EUR/USD (рис. 1).

Основная информация о каждой из составляющих компонент нерегулярного временного ряда содержится в собственных числах  $\lambda_i$  и собственных факторных векторах. Для выделения какой-либо

составляющей ряда необходимо найти соответствующие искомым составляющей компоненты разложения. Тренд определим из условия: сингулярные вектора компонент, соответствующих тренду, ведут себя подобно самому тренду.

Как правило, первое сингулярное число характеризует трендовую составляющую ряда. Второе сингулярное число определяет нерегулярную гармоническую составляющую. Третье и четвертое сингулярные числа характеризуют одно-, двухчастотные гармонические составляющие исходного ряда.

## Выводы

Проведенный анализ сингулярных компонент всех классов нерегулярного временного ряда курса валют EUR/USD показал, что структура временных рядов в каждом классе имеет свои специфические особенности. Более того, имеются «похожие» структуры для различных классов.

## Список литературы

1. Главные компоненты временных рядов: метод «Гусеница» [Электронный ресурс] / Под. ред. Д.Л. Данилова, А.А. Жиглявского. – СПб: Пресском, 1997. – 307 с. – Режим доступа к ресурсу: <http://www.gistatgroup.com/gus/>.
2. Golyandina N. Analysis of Time Series Structure: SSA and Related Techniques / N. Golyandina, V. Nekrutkin, A. Zhigljavsky. – Boca Raton: Chapman & Hall/CRC, 2001. – 305 p.
3. Выделение аддитивных компонент временного ряда на основе метода «Гусеница» [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://www.pdmi.ras.ru/~theo/AutoSSA.html>.
4. Голяндина Н.Э. Метод “Гусеница”-SSA: анализ временных рядов: учеб. пособие / Н.Э. Голяндина. – СПб: Изд-во СПбГУ, 2004. – 76 с.

Поступила в редколлегию 21.09.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.Г. Удовенко, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

## ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОЦІНКИ СТРУКТУРИ МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ НЕРЕГУЛЯРНИХ ТИМЧАСОВИХ РЯДІВ

Н.Н. Куклін, Т.С. Лазебник, К.А. Севостьянова

У роботі розглянуто альтернативний підхід, який використовується для аналізу і прогнозу ринків, яким є сингулярний спектральний аналіз SSA (Singular Spectrum Analysis). Ідея даного підходу заснована на динамічній модифікації методу головних компонент. За допомогою методу сингулярного розкладання тимчасового ряду можна виділити з реліктивного ряду окремі складові, такі як тренд, періодичні складові і випадковий шум. Проводиться розкладання тимчасового ряду на складові за допомогою сингулярного розкладання матриці розгортки. Визначаються не тільки складові тимчасового ряду, але й клас одержаних тимчасових рядів.

**Ключові слова:** часовий ряд, сингулярне розкладання, інформаційна технологія, математична модель.

## INFORMATION TECHNOLOGY EVALUATION MODEL STRUCTURE PREDICTION OF IRREGULAR TIME SERIES

N.N. Kyklin, T.S. Lazebynyk, K.A. Sevostyanova

This article examines the alternative approach, used for analysis and prediction markets, which is a singular spectral analysis of the SSA (Singular Spectrum Analysis). The idea behind this approach is based on dynamic modification of the method of principal components. Using the method of singular value decomposition of time series can be distinguished from alternating series of separate components such as trend, periodic components and random noise. Carried out the decomposition of the time series into components using singular value decomposition of the matrix scan. Depend not only on the components of time series, but the class received time series.

**Keywords:** time series, singular value decomposition, information technology, mathematical model.