

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АППРОКСИМАЦИОННОЙ ЭНТРОПИИ К АНАЛИЗУ И ПРОГНОЗИРОВАНИЮ КРИЗИСОВ НА МЕЖДУНАРОДНЫХ РЫНКАХ ТОВАРОВ

*Антипов<sup>1</sup> О.И., Неганова<sup>1</sup> Е.В.*

(<sup>1</sup> Самара, Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, oleg1307@mail.ru, lanikan@mail.ru)

## IMPLEMENTATION OF METHOD OF APPROXIMATION ENTROPY TO ANALYSIS AND PREDICTION OF CRISIS ON INTERNATIONAL MARKETS

*Antipov O.I., Neganova E.V.*

В работе приведены результаты применения метода аппроксимационной энтропии [1,2] к анализу и прогнозированию кризисов на международных рынках товаров, таких как драгоценные металлы – золото, серебро, платина, палладий (торговые тиккеры @gold, @silver, @platinum и @palladium соответственно) и фьючерсов на углеводороды – сырая, бензиновая и отопительная нефть (торговые тиккеры @brent crude, @gas oil и @heating oil соответственно). Данные были взяты из открытых источников за период с 1.01.2006 по 1.01.2012 г. Кроме того, были взяты данные для мировой цены на сахар (торговый тиккер @sugar). Однако, к сожалению, цены на сахар в открытых источниках отображены только с 28.02.2008 г., и к моменту кризиса 2008 года еще не набралось минимально необходимых статистических данных для анализа. Однако, данные цены также представляют интерес, поскольку за исследуемый период случались резкие изменения в ценовой динамике, сопоставимые с кризисом. Цены на сахар также исследовались по 01.01.2012 г. Далее проведено сравнение с ранее разработанным нами модифицированным методом ближайших ложных соседей [3,4].

В отличие от всех ныне существующих микроэкономических индикаторов, предлагаемый в работе подход рассматривает ценовой ряд как реализацию работы некоей абстрактной физической динамической самоорганизованной системы со множеством степеней свободы. Т.е. предлагаемый подход является синергетическим и призван реагировать не на существующую ценовую ситуацию с макроэкономической точки зрения, а на изменения стационарности процессов с точки зрения динамических систем [5-10]. Поскольку в реальности мы имеем дело с исключительно короткими временными рядами, то мы используем методы, которые не измеряют непосредственно саму количественную величину степеней свободы, а просто дают оценку, связанную со сложностью процессов. Если бы исследуемые процессы были бы более стационарны или обладали бы большим количеством незашумленных данных за тот же период, то вместо модификации метода ложных ближайших соседей следовало бы использовать сам метод ложных ближайших соседей, а вместо аппроксимационной энтропии следовало бы производить оценку максимальной размерности пространства вложения с помощью обычного метода Грассбергера-Прокаччиа. Но здесь возникает проблема, связанная с длиной выборки, поскольку меньше 75 отсчетов явно мало для любого метода (а это примерно 2.5 месяца при ежедневной фиксации), а больше чем за 4 месяца процессы явно теряют стационарность. Но поскольку здесь решается задача диагностирования с целью выявления изменения параметров стационарности [5], то использование предлагаемой методики можно считать теоретически обоснованным.

Общие результаты на предмет выявления кризиса 2008 года для всех исследованных нами ценовых рядов сведены в таблицу 1, в которой отображается результат выявления в соответствующих ценовых рядах кризиса с помощью предлагаемых методов.

Выводы по результатам применения предложенных методов:

1. Величины  $ApEn$  и  $P/w$  показывают свойства стационарности с точки зрения вероятностных процессов. Это подтверждается не меняющимся со временем средним значением и близким к нормальному распределением значений этих величин.

2. Кризис 2008 года показал абсолютный минимум величин  $ApEn$  и  $P/w$ . Это подтверждает как относительную, так и безотносительную когерентность действий участников соответствующих рынков накануне кризиса.
3. Разработанные нами методы являются схожими только в концепции подхода, но демонстрируют некоторую различность поведения. Однако, оба метода одинаковы только в одном – они оба хорошо прореагировали на кризис 2008 года.
4. Разработанные нами методы дают крайне малое количество ложных сигналов.

Таблица 1 – Результаты реакции разработанных методов к выявлению кризиса 2008 г. для различных ценовых рядов

Название товара	Торговый тиккер	Реакция на кризис 2008г.		Рекомендуемые данные
		$ApEn$	МЛБС	
<b>Сырая нефть</b>	<b>Brent Crude</b>	Нет	Да	Мин.
<b>Бензиновая нефть</b>	<b>Gas Oil</b>	~*	Да	Мин.
<b>Отопительная нефть</b>	<b>Heating Oil</b>	~*	Да	Мин.
<b>Золото</b>	<b>Gold</b>	Нет	Да	Мин., Закр.
<b>Палладий</b>	<b>Palladium</b>	Да	Да	Мин., Закр.
<b>Платина</b>	<b>Platinum</b>	Да	Да	Мин., Закр.
<b>Серебро</b>	<b>Silver</b>	Да	Да	Мин., Закр.
<b>Сахар</b>	<b>Sugar</b>	Да**	Нет**	Мин.

\* – знак ~ означает нечеткое появление флага;

\*\* – недостаточно данных для сахара на момент кризиса 2008г.

### Литература

1. Approximate Entropy in the Electroencephalogram During Wake and Sleep / Naoto Burioka, Masanori Miyata, Germaine Cornélissen, Franz Halberg, Takao Takeshima, Daniel T. Kaplan, Hisashi Suyama, Masanori Endo, Yoshihiro Maegaki, Takashi Nomura, Yutaka Tomita, Kenji Nakashima and Eiji Shimizu // Journal of Clinical EEG & Neuroscience, January 2005.36(1). –PP.21-24.
2. Srinath Vukkadala , Vijayalakshmi.S, and Vijayapriya.S, Automated Detection Of Epileptic EEG Using Approximate Entropy In Elman Networks // International Journal of Recent Trends in Engineering, Vol 1, No. 1, May 2009 PP.307-312.
3. Антипов О.И., Добрянин А.В., Неганова Е.В., Неганов В.А. Фрактальный анализ динамики цен на нефть // Экономические науки 2010, Май, №5(66), С. 260–271.
4. Антипов О.И., Ивахник В.В., Неганова Е.В., Неганов В.А. Фрактальный анализ динамики цен на драгоценные металлы // Физика волновых процессов и радиотехнические процессы, – 2011. – Т. 14 – № 2 – С. 110-116.
5. Малинецкий Г.Г., Потапов А.Б., Подлазов А.В. Нелинейная динамика: Подходы, результаты, надежды. Изд. 2-е. – М. : КомКнига, 2009. – 280 с.
6. Шустер Г. Детерминированный хаос: Введение/ Пер. с англ. – М.: Мир, 1990. – 312 с.
7. Лоскутов А.Ю., Михайлов А.С. Введение в синергетику: Учеб. руководство. – М.: Наука, 1990. – 272 с.
8. Потапов А.А. Фракталы в радиофизике и радиолокации: Топология выборки. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Университетская книга, 2005. – 848 с.
9. Шредер М. Фракталы, хаос, степенные законы. Миниатюры из бесконечного рая. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. – 528 с.
10. Ширяев В.И. Финансовые рынки: Нейронные сети, хаос и нелинейная динамика: Учебное пособие. Изд. 2-е, испр. и доп. М. : Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. 232 с.