

УДК 330.38:339.743.44

Д.Ю. Жмурко, А.К. Осипов

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАЗВИТИЯ САХАРНОЙ ОТРАСЛИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА

Рассмотрены вопросы, относящиеся к характеристике и классификации разнообразных фрактальных объектов. Особое внимание уделяется адаптации методов анализа и моделирования фрактальных свойств стохастических циклов и структур при прогнозировании показателей развития производственных систем сахарной отрасли. В настоящий момент исследователи экономических показателей используют для своих вычислений математический аппарат теории вероятностей. Однако она призвана работать со случайными явлениями, рядами и никем не доказано, что рынок и экономика – случайные события, что прошлое не влияет на будущее этих явлений. Так как при помощи показателя Херста можно вычислить фрактальную размерность, то он является необходимым элементом фрактальной геометрии. Кроме того, с его помощью можно отличить случайный ряд от неслучайного, даже если случайный ряд распределен не нормально. Таким образом, мы используем экспоненту Херста в качестве основы для вычисления рядов экономических данных с целью выяснить – случайны они или нет, а также для получения дополнительной важной практической информации об этих явлениях (таких, как глубина памяти рынка и т. п.). Получены и проанализированы числовые результаты решения сформулированной задачи методами фрактального анализа. Выявлены стохастические циклы и глубина памяти рынка отдельных сегментов сахарного подкомплекса. Результаты прикладных расчетов подтвердили возможность применения этого инструмента при прогнозировании показателей экономического развития крупных отраслевых предприятий сахарного подкомплекса.

Ключевые слова: память рынка, теория хаоса, анализ масштабируемого диапазона, экспонента Херста, стохастический цикл, глубина памяти рынка.

Определение динамики рынка – одна из главных задач аналитика (менеджера или управленца). Решить ее с помощью стандартных инструментов технического анализа часто очень сложно. Например, скользящая средняя или индикатор MACD¹ могут указывать на наличие тренда, но без дополнительных инструментов невозможно оценить, насколько он силен, устойчив и является ли он вообще трендом – вполне возможно, что это кратковременный всплеск, который затухнет в ближайшем будущем.

Комплексным решением многих проблем в области оценки состояния рынка может стать *фрактальный анализ* – инструмент, которым часто не заслуженно пренебрегают управленцы и аналитики. Однако такой анализ временных рядов помогает эффективно оценить наличие и устойчивость тренда на рынке. *Коэффициент Херста* – одна из базовых величин фрактального анализа.

Прежде чем непосредственно перейти к практике, рассмотрим основные положения фрактального анализа и его базового показателя – коэффициента Херста.

Фрактал – математическое множество, обладающее свойством самоподобия². Иными словами, это объект, в точности или приближенно совпадающий с частью себя самого, то есть целое имеет ту же форму, что и одна часть или более. Самый показательный пример фрактальной структуры – «фрактальное дерево».

В контексте рынка значение слова «фрактальный» означает «повторяющийся» или «циклический».

Исчерпывающее описание фрактала в применении к финансовым рынкам можно найти в работах Б. Мандельброта «(Не) послушные рынки. Фрактальная революция в финансах» и Э. Петерса «Фрактальный анализ финансовых рынков» и «Хаос и порядок на рынках капитала. Новый аналитический взгляд на циклы, цены и изменчивость рынка» [8].

¹ Индикатор MACD (англ. Moving Average Convergence/Divergence – схождение/расхождение скользящих средних) – технический индикатор, разработанный Джеральдом Аппелем (*Gerald Appel*) и используемый в техническом анализе для оценки и прогнозирования колебаний цен на фондовой и валютной биржах (используют для проверки силы и направления тренда, а также определения разворотных точек).

² Понятию самоподобия можно дать более глубокое определение: объект, обладающий этим «качеством», является статистически подобным в различных масштабах – пространственных или временных. Самоподобие может быть следствием двух причин: долговременной коррелированности (зависимости) приращений и/или распределения с тяжелыми «хвостами». Б. Мандельброт назвал первое из них эффектом Иосифа, а второе – эффектом Ноя.

Ключевым параметром фрактального анализа является показатель Херста. Это мера, которую используют при анализе временных рядов. Чем больше «задержка» между двумя одинаковыми парами значений во временном ряду, тем меньше значение этого коэффициента³.

Теоретической основой статистической модели Херста стала работа А. Эйнштейна о броуновском движении, которая по существу является моделью случайных блужданий частицы. Сущность теории в том, что расстояние, которое проходит частица R , увеличивается пропорционально квадратному корню из времени T :

$$R = T^{0,5}.$$

Перефразируем формулу: размах вариации R при большом количестве испытаний равен корню из их количества T . Именно эту формулу Херст взял за основу при доказательстве того, что разливы р. Нила – не случайное явление.

Впоследствии была разработана методика вычисления коэффициента Херста применительно к экономике. Эта характеристика включает нормирование данных к нулевому среднему и единичному стандартному отклонению с целью компенсации инфляционной составляющей. Иными словами, мы имеем дело с R/S-анализом (фрактальным).

В рыночных отношениях коэффициент Херста интерпретируется в трех вариантах.

1. Если экспонента Херста находится в промежутке между 0,5 и 1 и отличается от ожидаемого значения на два и более стандартных отклонения, то процесс характеризуется долговременной памятью. Иными словами, имеет место персистентность.

2. Коэффициент Херста, отличающийся от ожидаемого значения по абсолютной величине на два и более стандартных отклонения и принимающий значение из промежутка от 0 до 0,5, характеризует антиперсистентный временной ряд.

3. Если показатель Херста равен 0,5 или его величина отличается от ожидаемого значения менее чем на два стандартных отклонения, то процесс считается случайным блужданием и вероятность наличия кратковременных или долговременных циклических зависимостей минимальна. Фактически

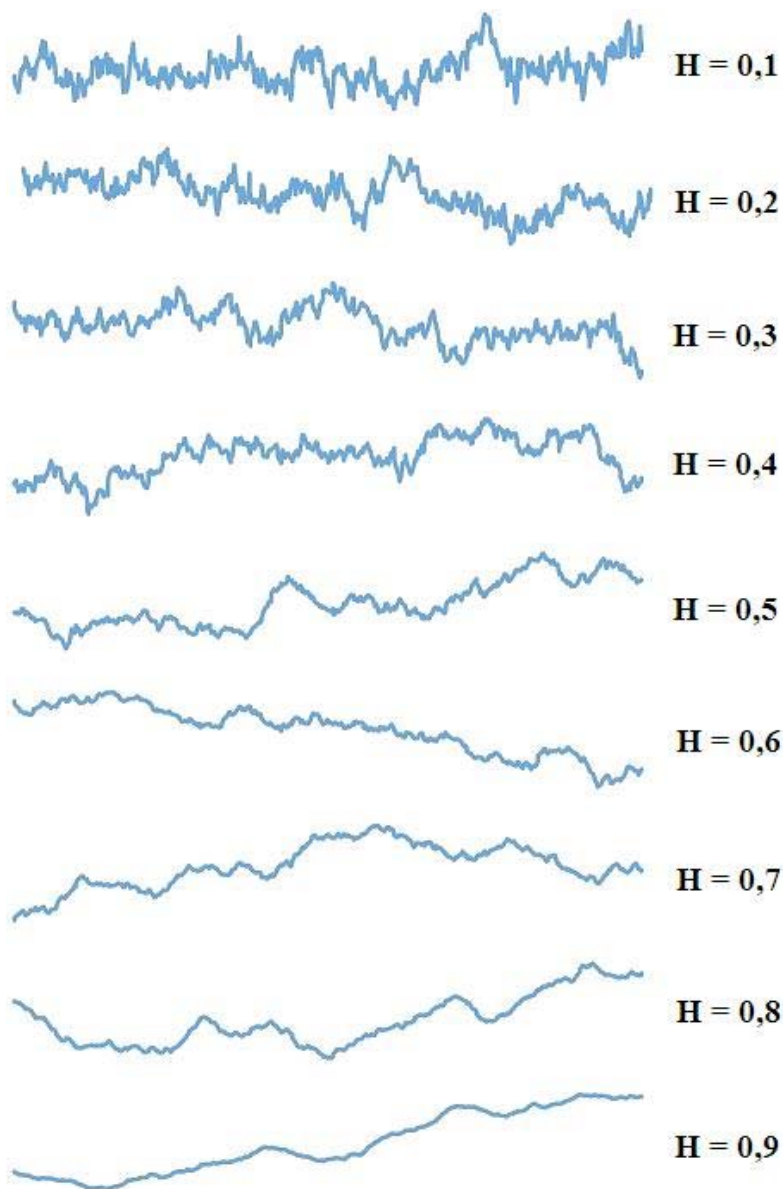


Рис. 1. Пример вариаций экспоненты Херста [3]

³ Этот важный показатель ввел Г.Э. Херст (Harold Edwin Hurst) – выдающийся британский гидролог. Для строительства требовалось оценить приток воды и потребности в оттоке. Изначально считалось, что приток воды – величина случайная, стохастический процесс. Однако Херст, изучив записи о разливах Нила за девять столетий, нашел в этом процессе закономерности, это и стало отправной точкой в исследовании. Было обнаружено, что разливы больше среднего сменялись еще большими разливами, а меньше среднего сменялись еще меньшими. Таким образом, было установлено существование циклов с не периодичной продолжительностью.

это означает, что в торговле не стоит опираться на технический анализ, так как прошлые значения слабо влияют на настоящее. Здесь наилучшим решением станет фундаментальный анализ⁴.

На рис. 1 изображены некоторые вариации фрактального броуновского движения (далее –ФБД) для различных показателей Херста.

Основы математического аппарата, описывающего поведение нелинейных систем и известного под названием теорий хаоса⁵, были заложены еще в конце XIX в. выдающимся ученым Анри Пуанкаре. В середине XX в. отечественные академики – математики А.Н. Колмогоров, В.И. Арнольд и Ю.К. Мозер разработали понятия аттракторов и устойчивых орбит системы, которые, собственно, и составили костяк теории хаоса [6]. В 1960-е гг. концепцию активно развивал Э. Лоренц, занимавшийся моделированием погоды, и одновременно с ним Б. Мандельброт⁶, приспособивший теорию хаоса к ценовым колебаниям (в частности, ценам на хлопок), в которых он выявил два поведенческих паттерна: «эффект Ноя», возникающий на фоне резких колебаний, вызванных внешним фоном (например, неожиданными новостями), и «эффект Иосифа», при котором цена неожиданно дает всплеск после продолжительной низкой волатильности [2].

Таким образом, эти вычисления позволяют выявить общие закономерности поведения рынка, исходя из теории хаоса. Для дальнейшего анализа будем использовать различные математические методы: R/S-анализ (анализ фрактальной структуры временных рядов), а для выявления фрактальных компонентов и главных паттернов – фазовый анализ⁷.

Стандартная гауссова статистика работает на основе следующих предположений. Центральная предельная теорема утверждает, что при увеличении числа испытаний предельное распределение случайной системы будет нормальным. События должны быть независимыми и идентично распределены (то есть иметь одинаковую вероятность наступления и не влиять друг на друга). При исследовании крупных комплексных систем обычно выдвигают гипотезу о нормальности системы, чтобы можно было применить стандартный статистический анализ.

Часто на практике изучаемые системы (от солнечных пятен, среднегодовых значений выпадения осадков и до финансовых рынков, временных рядов экономических показателей) не являются нормально-распределенными или близкими к нему. Для анализа таких систем Г. Херстом был предложен метод нормированного размаха (R/S-анализ)⁸. Главным образом он позволяет различить случайный и фрактальный временные ряды, а также делать выводы о наличии неперiodических циклов, долговременной памяти и т. д. [4].

Обычно на практике рассматривают два вида анализа: R/S и детрендный флуктуационный анализ (далее – ДФА), из которых можно извлечь ценную информацию для последующей процедуры обучения нейросети. Ключевым моментом здесь является так называемый эффект памяти биржи, определяющий параметр «актуальности цикла».

Чтобы понять сущность фрактального анализа, рассмотрим понятие памяти.

В повседневной жизни мы часто слышим такие понятия, как долговременная и кратковременная память. Под памятью во фрактальном анализе понимается некоторый промежуток времени, в течение которого рынок «помнит» прошлое и учитывает его влияние на настоящие и будущие события. Этот промежуток времени называется глубиной памяти⁹. В этом понятии в каком-то смысле заклю-

⁴ Фундаментальный анализ (*Fundamental analysis*) – термин для обозначения методов прогнозирования рыночной (биржевой) стоимости компании, основанных на анализе финансовых и производственных показателей ее деятельности.

⁵ Теория хаоса – математический аппарат, описывающий поведение некоторых нелинейных динамических систем, подверженных при определенных условиях явлению, известному как хаос (динамический хаос, детерминированный хаос). Поведение такой системы кажется случайным, даже если модель, описывающая систему, является детерминированной. Для акцентирования особого характера изучаемого в рамках этой теории явления обычно принято использовать название «теория динамического хаоса».

⁶ С именем Б. Мандельброта связана и самая популяризованная концепция теории хаоса – фрактал. В 1975 г. он опубликовал научно-популярную книгу «Фрактальная геометрия природы», которая стала культовой в среде аналитиков [трейдеров] потому, что в ней нет математических формул и все более ли менее доступно пониманию не «физиков», а «лириков».

⁷ Теория временных циклов J. M. Hurst (далее – ТВЦ).

⁸ Херст Г.Э. Долгосрочная вместимость водохранилищ //Тр. Американ. об-ва граждан. Инженеров. 1951. С. 116, 770-808.

⁹ В техническом анализе это понятие называется «память рынка» (*Stock memory*).

чена сила и специфика фрактального анализа. Такая информация – ключевая для технического анализа, который сомневается в значимости той или иной изучаемой в прошлом кривой.

Для определения глубины памяти не требуется какой-то особенной вычислительной мощности, достаточно простейшего визуального анализа графика логарифма с применением V -статистики¹⁰.

Как правило, в результате таких исследований выстраивается период, в пределах которого техническим данным действительно можно доверять и строить на них прогнозную стратегию. Анализ такого типа имеет краткосрочный прогностический горизонт. Это означает, что он теряет свою актуальность при переходе на другой таймфрейм¹¹, так как там присутствуют свои сверхкраткосрочные циклические процессы, наличие или отсутствие которых еще предстоит доказать. Если циклы не будут обнаружены, то фрактальный анализ потеряет релевантность и эффективность, и разумным решением будет сменить прогнозную стратегию [7].

Чтобы преодолеть сложность флуктуационных колебаний, применяют модифицированный среднеквадратичный анализ случайного блуждания, который называется детрендным флуктуационным анализом¹². Преимущества ДФА по сравнению с обычными методами (например, спектральный анализ и циклический анализ Херста) состоят в том, что он позволяет обнаружить внутренние самоподобия встроенных, казалось бы, нестационарных временных рядов, а также избежать ложного обнаружения явных самоподобий, которые могут быть артефактом внешних тенденций. Этот метод успешно применялся в последние годы для широкого диапазона моделируемых временных рядов.

Детрендный флуктуационный анализ¹³ – это метод определения статистической самоаффинности сигнала. Он полезен при анализе временных рядов, которые появляются в долгосрочной памяти процессов.

Показатель схож с экспонентой Херста, за исключением того, что ДФА может также применяться для сигналов, базовых статистических показателей (таких, как среднее и дисперсия) или динамики не стационарных ВР. Это касается методик (моделей), основанных на спектральных методах, таких как автокорреляция и преобразование Фурье.

Метод был открыт Пэнгом (Peng) в соавторстве и опубликован в статье в 1993 г. Он представляет собой расширение флуктуационного анализа.

В табл. 1-2 представлены сравнительные результаты расчетов R/S-анализа и ДФА.

Суммарное среднее значение глубины памяти показателей по производству сахара из сахарной свеклы и тростника составило 15,44 года, по производству сахарной свеклы и тростника – 16,66 лет, их среднее значение – 16,05 лет.

Таким образом, мы подтвердили гипотезу исследования о возможности прогнозирования показателей деятельности крупных игроков сахарного подкомплекса АПК до 2030 г. включительно.

¹⁰Правила расчета R/S-анализа на фондовой бирже:

I. Проводим линию тренда, охватывающую все точки графика.

II. Смотрим, чтобы кривая не была горизонтальной.

III. Определяем пики кривой или участки, где функция достигала своих максимумов. Именно эти максимумы – первый «красный флажок», который предупреждает, что на графике с большой вероятностью присутствует цикл.

IV. Определяем координату X графика в логарифмическом масштабе и преобразуем число в понятную для восприятия форму: $L = e^D$ (где L – длина периода, D – длина периода в логарифмическом масштабе).

V. Любые «истинные» циклы должны сохраняться на том же промежутке времени, но с другим таймфреймом в качестве базы. Если же нет, тогда нужно выявить более короткие циклы памяти.

¹¹Time-frame – интервал времени, используемый для группировки величин при построении элементов графика показателей (в качестве примера это могут быть десятилетия, годы, месяцы, недели, дни и т. п.).

¹²Другие методы фрактального анализа временных рядов:

1. Power spectral density (PSD). Метод широко используется для выявления фрактальных свойств временного ряда. В основе лежит периодограмма, получаемая с помощью быстрого преобразования Фурье (Eke et al., 2002).

2. Scaled windowed variance method (SWV). Метод был разработан Кэнноном и соавторами (Cannon et al., 1997). Временная серия $x(t)$ делится на неперекрывающиеся отрезки длиной n . Внутри каждого считается стандартное отклонение. Затем высчитывается среднее SD для всех отрезков данного разбиения. Процедура повторяется для всех возможных значений n [9. С. 248].

¹³Востребована в таких областях, как стохастические процессы, теория хаоса и анализ временных рядов.

Таблица 1

Глубина памяти показателей производства сахара, лет

Производство сахара	R/S – анализ			ДФА		
	66 %	75 %	90 %	66 %	75 %	90 %
<i>Мировое, 1864–2013 гг.</i>						
Общее, 1864–2016 гг.	26	16	20,9	–	12	–
Тростникового	11,8	10,95	17,7	10	10,9	–
Свекловичного	15,9	12,9	17,8	12,85	11,9	–
<i>В России (Российская империя, СССР и РФ), 1881–2016 гг.</i>						
Общее	10,7	10,9	18	23,8	31,8	18,1
Свекловичного, 1871–2016 гг.	10,9	10,95	17,85	25,8	25,76	17,7
Тростникового, 1956–2016 гг.	13,8	12,8	–	9,8	11,8	–
<i>В России (РСФСР и РФ), 1921–2016 гг.</i>						
Общее	12,85	12,85	16,3	23,7	12,8	–
Тростникового, 1960–2016 гг.	11,8	15,7	–	10,8	10,8	–
<i>На Кубани, 1921–2015 гг.</i>						
Общее	12,8	10,9	16,4	13,8	12,8	–
Тростникового, 1960–2015 гг.	13,7	11,75	–	10,8	10,8	–
<i>В США, 1832–2015 гг.</i>						
Общее	17,9	14,8	13	–	–	–
Тростникового, 1832–2016 гг.	17,9	14,9	–	–	–	–
Свекловичного, 1873–2015 гг.	11	10,9	13,2	–	–	–
<i>В отдельных странах</i>						
Куба, 1849–2014 гг.	12	10	13,2	12	34,9	17,6
Германия, 1910–2015 гг.	12	11	–	–	–	–
Бразилия, 1949–2015 гг.	11,8	10,8	–	–	–	–
Индия, 1949–2016 гг.	10,8	–	–	–	–	–

Таблица 2

Глубина памяти показателей производства сахарной свеклы и сахарного тростника, лет

Показатель	R/S – анализ			ДФА		
	66 %	75 %	90 %	66 %	75 %	90 %
<i>Россия (Российская империя, СССР и РФ), 1881–2016 гг. (сахарная свекла)</i>						
Посевная площадь	17,8	17,8	24,5	37,7	10,75	27,8
Урожайность	11,9	–	–	10,9	10,9	–
Валовой сбор	10,9	10,9	27,9	23,8	31,7	18
<i>Кубань, 1932–2016 гг. (сахарная свекла)</i>						
Посевная площадь	–	11	24,7	11	11,9	20,5
Урожайность	15,7	–	–	–	–	–
Валовой сбор	15,8	11,8	21,3	–	–	–
<i>США, 1903–2016 гг. (сахарная свекла)</i>						
Посевная площадь	23,7	10,9	13,6	–	–	–
Урожайность	–	–	–	–	–	–
Валовой сбор	–	–	–	–	–	–
<i>США, 1909–2016 гг. (сахарный тростник)</i>						
Посевная площадь	25,6	15,8	18,9	17,8	17,8	–
Урожайность	21,7	15,8	11,6	11,8	11,9	15,6
Валовой сбор	12,8	–	18,9	11,9	–	–

Окончание табл. 2

<i>Германия, 1920–2016 гг. (сахарная свекла)</i>						
Посевная площадь	10	11,8	–	11,8	11,8	–
Урожайность, 1920–2015 гг.	10,9	–	–	–	–	–
Валовой сбор, 1836–2015 гг.	14,85	–	–	–	–	–
<i>Бразилия, 1960–2015 гг. (сахарный тростник)</i>						
Посевная площадь	–	–	–	10,8	–	18,5
Урожайность	–	14,7	–	–	12,8	–
Валовой сбор	–	–	–	10,8	19,6	18,5
<i>Индия, 1949–2015 гг. (сахарный тростник)</i>						
Посевная площадь	–	–	–	–	–	–
Урожайность	10,8	10,8	–	–	–	–
Валовой сбор, 1950–2015 гг.	–	–	–	–	–	–

Ниже представлены сравнительные результаты (средние значения) по блокам «пищевая промышленность» и «аграрный сектор»

<i>Показатель производства</i>	<i>R/S – анализ</i>			<i>ДФА</i>		
	<i>66 %</i>	<i>75 %</i>	<i>90 %</i>	<i>66 %</i>	<i>75 %</i>	<i>90 %</i>
Сахара	13,74	12,38	16,44	15,34	16,93	17,8
Сахарной свеклы и сахарного тростника	14,54	12,67	18,1	15,58	16,27	19,14

Если адаптировать к построению прогноза какие-то научные теории, то их следует применять по прямому назначению. Теория хаоса не предназначена для «устранения хаоса», а выявленные ею закономерности не позволяют определить вектор движения изучаемого показателя¹⁴.

Однако это не отрицает пользы, которую может принести теория хаоса при прогнозировании показателей деятельности отдельных структур (сегментов) агропромышленного рынка. Пример адекватного применения этой научной концепции во фрактальном анализе находим в двух аспектах теории хаоса: экспоненте Херста и фазовом пространстве. В качестве наглядного примера применения теории хаоса рассмотрим ее компонент, связанный с экспонентой (рис. 2).

По сути, рис. 2 – это графический результат, который называется анализом масштабируемого диапазона (АМД, *Rescaled Range Analysis*)¹⁵.

Значение $H = 0,5$ соответствует чистому броуновскому движению (то есть полностью хаотичному движению). Значение, отличное от $0,5$, считается эффектом памяти (ее еще называют персистентностью) и соответствует таким изменениям во временных рядах, где, помимо хаоса, присутствует и элемент упорядоченности. Значение $0,5 < H < 1,0$ фиксирует различную степень усиления тренда. Значение $0 < H < 0,5$ фиксирует обратные тенденции в тренде. На самом деле значения данных диапазонов несколько сложнее, чем принято их описывать.

¹⁴Прямым выводом из этого посыла становится «эксплуатация» сложных научных концепций исключительно в плане их предикативной ценности. К примеру, индикатор поляризованной фрактальной эффективности (Polarized Fractal Efficiency, PFE) Х. Ханнулы, который больше относится к теории хаоса, чем индикатор Profitunity Б. Уильямса.

Основное назначение PFE – определять тренд. Значения PFE выше нуля указывают на восходящий тренд, причем, чем выше это значение, тем эффективнее ценовое движение вверх. Соответственно, значения PFE ниже нуля указывают на нисходящий тренд. Значения около нуля указывают на отсутствие тренда, то есть на неэффективное движение.

¹⁵Данная техника была разработана английским инженером-гидрологом Г. Херстом в 1965 г. и представляет собой статистический метод анализа больших временных рядов, прилагаемый к так называемой экспоненте Херста (H), которая, в свою очередь, измеряет силу тренда в ФБД.

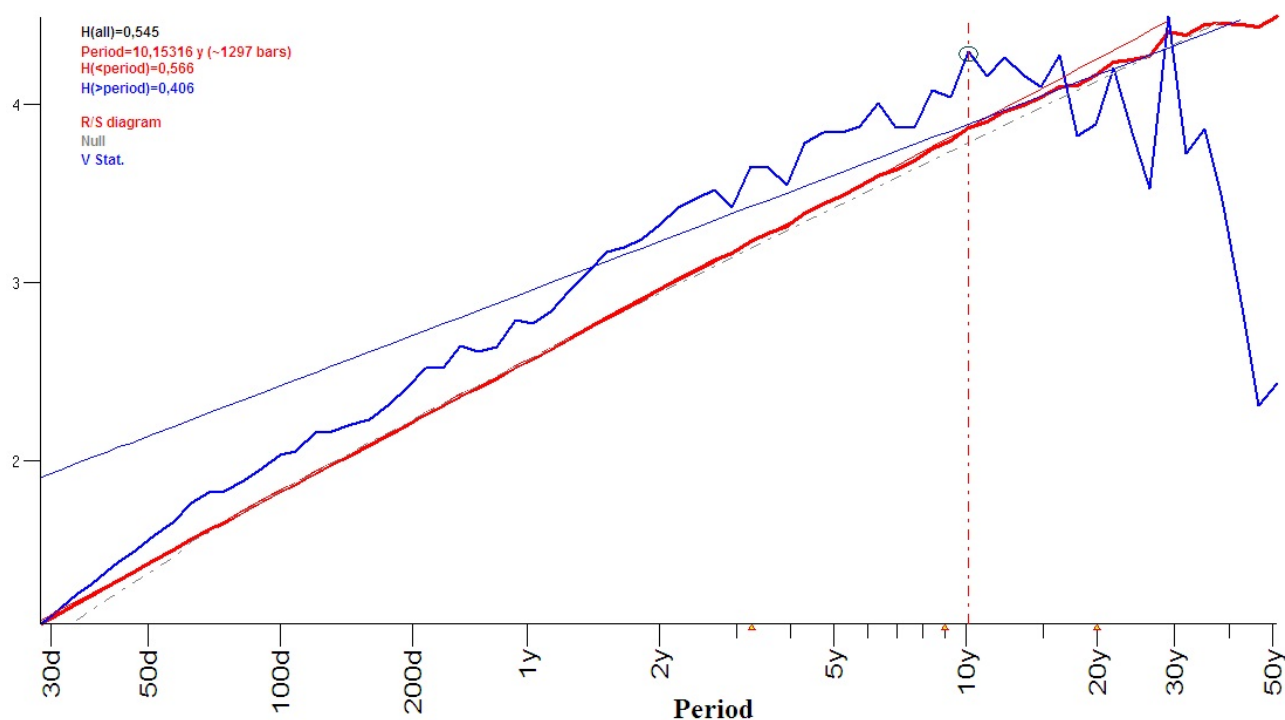


Рис. 2. Визуальное представление расчета показателя Херста для цены на сахар (1902–2018 гг.)

Таким образом, можно сказать, что АМД позволяет выявить тренд и цикл, пребывающий в скрытом виде. Проблема в том, что, если попытаться использовать экспоненту Херста непосредственно для выявления тренда, ничего не получится.

На рис. 2 пунктирная линия на графике – это так называемая нулевая гипотеза, отражающая состояние $H = 0,5$. Если изменения цены были полностью хаотичными ($H = 0,5$), то ее экспонента «лежала» бы на графике вдоль пунктирной линии.

На графике масштабируемого диапазона экспоненте исследуемого ВР соответствует красная линия – это ее R/S диаграмма (то есть реальные значения экспоненты Херста). Видно, что красная линия расположена выше линии нулевой гипотезы в диапазоне от 31 дня до 16,9 лет (2576 торговых дней) по оси X. Это означает, что во временных рядах больше 31 и меньше 16,9 лет цена на сахар обладает «эффектом памяти», то есть придерживается в своем движении определенных устойчивых тенденций, отличных от полной хаотичности. Во ВР выше 16,9 лет наблюдается обратная реакция, и в этом случае проявляется антиперсистентность, когда рынок стремится компенсировать предыдущие тенденции в обратном направлении.

Чем выше красная линия над пунктирной, тем больше значение экспоненты Херста и тем выше персистентность (тенденция) в движении изучаемого показателя.

Синяя линия (так называемая V Stat) на графике (рис. 2) позволяет определить так называемый стохастический цикл – еще один элемент теории хаоса. Представить себе эту концепцию проще всего на практическом уровне: внутри каждого стохастического цикла определенного периода поведение величины, ее реакции на внешние раздражители (например, на новости), закономерности этих реакций всегда более или менее однообразны. Другими словами, стохастический цикл – это длина памяти рынка, то есть продолжительность времени, на протяжении которого рынок «помнит» о своих изменениях, тенденциях и закономерностях.

Понятие стохастического цикла позволяет внести ясность в осмысление реальных ситуаций, когда вроде бы предсказуемое поведение неожиданно перестает быть таковым и все ранее выявленные закономерности ценовых изменений больше не действуют. Очевидно, что дело не в том, что наша система прогнозирования перестала «работать», а в том, что агропромышленный рынок вошел в стадию нового стохастического цикла.

Часто бывает, что прогнозные оценки, если их интерпретировать прямо противоположным образом (инверсивно), начинают давать верные прогнозы. Это и есть проявление антиперсистентности ($H < 0,5$).

Точка по оси X , в которой VStat (синяя линия) кульминирует относительно нулевой гипотезы (пунктирной линии) и указывает нам на стохастический цикл, который реализуется на рынке в момент анализа.

Кульминация линии VStat приходится на 10,15 лет (торговых дней) – именно таков стохастический цикл для мировых цен на сахар.

Практическая польза от данной информации, полученной с помощью аналитического инструментария теории хаоса, предназначена для использования при прогнозировании ценовых изменений в будущем. Стохастический цикл (10,15 лет) нужен нам для того, чтобы задать оптимальный период интервала обучения нейронной сети.

Отчасти это создает колоссальные трудности, поскольку, как видно из примера, рынок «не помнит себя» старше 10,15 лет. Следовательно, всякий раз, когда нейросеть в процессе обучения будет собирать со своих входных узлов изменения значений старше 10,15 лет, вместо полезной информации в сеть будет подаваться в лучшем случае шум, в худшем – данные, искажающие реальную картину [1].

Выводы

Фрактальный анализ – это некая синергия технического, фундаментального и статистического подхода к прогнозированию динамики рынка. Это универсальный способ обработки информации: R/S-анализ и показатель Херста успешно зарекомендовали себя в таких областях науки, как география, биология, физика и экономика.

Поэтому обязательным условием при работе с анализом временных рядов является осуществление проверки на наличие непериодического цикла. Если он также не будет обнаруживаться на других таймфреймах – велика вероятность того, что цикл представляет собой лишь информационный (рыночный) шум.

1. В практической части исследования временного ряда в качестве бифуркационного критерия используется показатель Херста.

2. Расчеты показали, что большинство экономическим ВР присуща трендовость (персистентность) поведения.

3. Результаты опровергают гипотезу эффективного рынка и подтверждают его фрактальность. Это обуславливается необходимостью расчета волатильности финансовых рынков на основе показателя Херста, а не традиционным способом (расчет среднеквадратичного отклонения).

4. Экономическим индикаторам присуща цикличность. Однако ее периодичность не стабильна, что затрудняет способность прогнозирования длины циклов.

Выявлены стохастические циклы и глубина памяти рынка сахарного подкомплекса. Они необходимы в дальнейшем при работе с нейронной сетью для того, чтобы задать ей оптимальный период интервала обучения. При отсутствии такой информации в нейросеть в процессе обучения (будет собираться вместо полезной информации) будет подаваться в лучшем случае шум, в худшем – данные, искажающие реальную картину. Это позволяет осуществить оптимизацию по времени при прогнозировании.

Из этого получаем ключевой вывод: будущее с большой долей вероятности можно прогнозировать.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бондаренко А. Теория хаоса в трейдинге, игрушечная и настоящая. Ч. II: настоящая. URL: <http://sgolub.ru/vcollege/hurst>
2. Бондаренко А. Теория хаоса в трейдинге, игрушечная и настоящая. Ч. I: игрушечная. URL: <http://sgolub.ru/vcollege/profitunity>.
3. Гончаренко А. В. Фрактальный анализ динамики валютной пары USD/RUB // Риск-менеджмент в кредитной организации, 2015. № 2 (18). С. 18-22. URL: http://reglament.net/bank/r/2015_2/get_article.htm?id=3928.
4. Гончаренко А.В. RS-анализ (анализ фрактальной структуры временных рядов). URL: <http://habrahabr.ru/post/256381>.
5. Мандельброт Б. (Не) послушные рынки. Фрактальная революция в финансах. URL: <http://padaread.com/?book=17394>.
6. Мозер Ю. КАМ-теория и проблемы устойчивости / пер. с англ. под ред. Д. В. Трещёва. Ижевск: НИЦ Регулярная и хаотическая динамика, 2001. 448 с.

7. Пискарёв Д. Вычисление коэффициента Херста. URL: <https://www.mql5.com/ru/articles/2930>.
8. Херст Г.Э. Долгосрочная вместимость водохранилищ // Тр. Американ. общ-ва граждан. инженеров. 1951. С. 770-808.
9. Гелашвили Д.Б., Иудин Д.И., Розенберг Г.С., Якимов В.Н., Солнцев Л.Н. Фракталы и мультифракталы в биоэкологии: монография. Н. Новгород: Нижегород. гос. ун-т, 2013. 370 с.
10. Mandelbrot B.B. The Fractal Geometry of Nature; W.H. Freeman Press: San Francisco, CA, USA, 1983. 470 p. URL: <https://www.twirpx.com/file/550707> (дата обращения: 07.03.2018).
11. Berg A., Pattillo C. Are Currency Crises Predictable? A Test // IMF Staff Papers, 1999. Vol. 46, № 2. P. 107-138. URL: http://cms-content.bates.edu/prebuilt/berg_&_patillo.pdf (дата обращения: 07.03.2018).
12. Crownover R. M. Introduction to Fractals and Chaos. – Subdury, MA: Jones and Burlett Publishers, 1995. URL: <https://www.twirpx.com/file/551358> (дата обращения: 07.03.2018).
13. Hurst H.E., Black R.P., Simaika Y.M. Long-term storage: an experimental study. London: Constable, 1965. 145 p. URL: https://books.google.ru/books/about/Long_term_storage.html?id=7QgSMwEACAAJ&redir_esc=y. (дата обращения: 07.03.2018).
14. Peng C.-K., Halvin S., Hausdorff J. M. et al. Fractal mechanisms and heart rate dynamics // J. of Electrocardiology. 1995. Vol. 28. Suppl. P. 59-64. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8656130> (дата обращения: 07.03.2018).
15. Peters E.E. Chaos and Order in capital Markets. A New View of Cycles, Prices, and Market Volatility. – New York: John Wiley and Sons, 1992. URL: https://openlibrary.org/books/OL980973M/Chaos_and_order_in_the_capital_markets (дата обращения: 07.03.2018).

Поступила в редакцию 29.12.2017

D.Yu. Zhmurko, A.K. Osipov

FORECASTING THE DEVELOPMENT INDICATORS OF THE SUGAR INDUSTRY BY THE METHODS OF FRACTAL ANALYSIS

The article deals with the issues related to the characteristics and classification of various fractal objects. Particular attention is paid to the adaptation of methods of analysis and modeling of fractal properties of stochastic cycles and structures in predicting the development indicators of the sugar industry production systems. Currently, researchers of economic indicators use mathematical apparatus of probability theory for their calculations. However, it is designed to work with random phenomena and rows, no one has proven that the market and the economy – random events and that the past does not affect the future of these phenomena. Since the fractal dimension can be calculated using the Hurst exponent, it is a necessary element of fractal geometry. In addition, it can be used to distinguish a random series from a non-random series, even if the random series is not normally distributed. Thus, we use the Hurst exponent as a basis for calculating economic data series in order to find out whether they are random or not, as well as for additional important practical information about these phenomena (such as the depth of market memory, etc.). Numerical results of the solution of the formulated problem by fractal analysis methods are obtained and analyzed. Stochastic cycles and the depth of memory of the market of separate segments of sugar subcomplex are revealed. The results of applied calculations confirmed the possibility of using this tool in forecasting the economic development of large industrial enterprises of the sugar subcomplex.

Keywords: market memory, chaos theory, analysis of scalable range, Hurst exponent, stochastic cycle, depth of market memory.

Жмурко Даниил Юрьевич,
кандидат экономических наук, доцент
ФКБОУ ВПО «Краснодарский университет
МВД РФ»
350005, Россия, г. Краснодар, ул. Ярославская, 128
E-mail: danis1982@list.ru

Zhmurko D.Yu.,
Candidate of Economics, Associate Professor
Krasnodar University of the Ministry of internal Affairs
of the Russian Federation
Yaroslavskaya st., 128, Krasnodar, Russia, 350005
E-mail: danis1982@list.ru

Осипов Анатолий Константинович,
доктор экономических наук, профессор
ФГБОУ ВПО «Ижевская государственная
сельскохозяйственная академия»
426069, Россия, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11
E-mail: menedzhment.kafedra@mail.ru

Osipov A.K.,
Doctor of Economics, Professor
Izhevsk State Agricultural Academy
Studencheskaya st., 11, Izhevsk, Russia, 426069
E-mail: menedzhment.kafedra@mail.ru