

НОВЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ФИНАНСОВЫХ РЫНКОВ: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИЕРАРХИЧЕСКОГО ПОДХОДА



Н.И. Скриган,
доцент
Международного
гуманитарно-
экономического
института,
канд. физ.-мат. наук



Н.Н. Скриган,
ведущий научный
сотрудник отдела
проблем научно-
технической
и инновационной
политики ГУ «БелИСА»,
канд. техн. наук

Инвестирование в активы финансовых рынков (фондовых, валютных, товарно-сырьевых и т. п.) — это, в некотором роде, идеальный бизнес, при котором мысль превращается в деньги напрямую, без таких присущих обычному бизнесу промежуточных стадий, как разработка, изготовление, маркетинг и продажа продукта с сопутствующими издержками и созданием соответствующей инфраструктуры [1–3].

В недалеком прошлом деятельность на финансовых рынках было уделом немногих избранных, элиты мирового бизнеса, однако в последние годы в этой сфере произошли значительные изменения. Современные информационные технологии и развитие интернет-трейдинга позволяют каждому инвестору участвовать в работе крупнейших финансовых рынков мира, управляя инвестициями со своего компьютера с минимальными накладными расходами. Финансовая независимость и возможность самостоятельно распорядиться собственным време-

нем и ресурсами привлекли сегодня в эту сферу миллионы людей по всему земному шару [2].

Для совершения эффективных финансовых операций необходимо иметь возможность прогнозирования тенденций движения цены. Основой для гипотезы о возможности прогнозирования рыночных цен является следующее. Движения цен определяются балансом целей и возможностей огромного количества людей, участвующих в процессе торгов. Каждый участник рынка сам решает, когда ему надо купить или продать тот или иной актив. Но в результате не управляемая извне деятельность большого числа людей подчиняется статистическим закономерностям, а рынок подчиняется законам, которые не зависят от поведения отдельных людей. Эти законы объективны, зная их, можно анализировать и, в некоторой степени, предсказывать дальнейшее движение цены.

Существующие методы анализа финансовых рынков можно разделить на две большие

группы: фундаментальный анализ, изучающий причины движения рыночных цен, и технический анализ, исследующий внутренние закономерности поведения рыночных цен, не останавливаясь на причинах, вызвавших их изменение. Обе группы методов дают хорошие результаты в случае ликвидных рынков, однако большинство успешных трейдеров и инвесторов используют методы и средства технического анализа [1–3].

Технический анализ применим ко всем активам, цена которых определяется на основе свободных колебаний спроса/предложения (валюты, товарные фьючерсы, опционы, ценные бумаги и многое другое), и базируется на следующих основных постулатах, вытекающих из теории Доу [4]:

1. Рынок учитывает все. Цена является следствием и исчерпывающим отражением всех движущих сил рынка. Любой фактор, влияющий на цену (экономический, политический или психологический) уже учтен рынком и включен в цену. Таким образом, все, что влияет на цену, обязательно на этой самой цене и отразится. С помощью ценовых графиков рынок сам объявляет о своих намерениях внимательному аналитику, задача которого правильно и вовремя интерпретировать эти намерения.

2. Движение рынка подчинено тенденциям. Понятие тенденции или тренда — одно из основополагающих в техническом анализе. Жизнь рынка состоит из чередующихся периодов роста и падения цен, так что внутри каждого периода происходит развитие господствующей тенденции, которая существует до тех пор, пока не начнется развитие рынка в обратном направлении. Задача заключается в том, чтобы выявить эти тенденции на ранних стадиях их развития и торговать в соответствии с их направлением.

3. История повторяется. Тот факт, что определенные конфигурации на графиках цен имеют свойство повторяться устойчиво и многократно, причем на разных рынках и в разных масштабах времени, является следствием объективных законов физики, экономики и психологии. Те правила, что действовали в прошлом, действуют сейчас, а также будут действовать в будущем. На этом и основываются все методики прогнозирования будущего [4].

Сравнение современных методов технического анализа, проведенное на базе наиболее эффективных торговых стратегий, опубли-

кованных в работе Р. Колби [3], показывает, что лучшие результаты обеспечивают те методы, которые основываются на учете в той или иной степени тенденций движения рынка для прогнозирования направления дальнейшего его движения. Однако на рынке одновременно присутствуют все тренды, различной длительности и направления [4], а в условиях отсутствия соответствующей концептуальной модели мы не можем точно описать все имеющиеся взаимосвязи и выделить характерный набор показателей, характеризующих динамику рыночной цены на достаточно обширных временных горизонтах.

Целью настоящей работы является исследование и выбор модели для анализа рынков, позволяющей описать взаимосвязь тенденций различной силы и длительности, чтобы перейти от оценки локального движения цен к рассмотрению динамики рынка в широком историческом контексте, отражающем взаимосвязь тенденций в различных временных горизонтах и имеющих различные движущие силы.

Формальная модель процесса изменения цены

В рамках системного подхода задача анализа рынка формулируется как задача построения некоторой системы, позволяющей, исходя из наблюдаемого процесса изменения цены, оценивать закономерности движения рынка в каждый конкретный момент времени и обеспечивать аналитическую поддержку для принятия торговых решений [5].

Наиболее общим выражением, описывающим любое поведение рынка, является формальная модель, описываемая формулой:

$$z(t) = x(t) + n(t), \quad (1)$$

где $z(t)$ — изменение цены во времени; $x(t)$ — некоторая функция, описывающая значимые для наблюдателя и его целей движения рынка, обычно характеризующиеся как тренды или тенденции, обычно это большие медленные движения; $n(t)$ — некоторая компонента, описывающая несущественные с точки зрения целей наблюдателя тенденции изменения цен, обычно это так называемый ценовой шум — быстрые колебания цен, рассматриваемые с точки зрения решаемой задачи, как некоторая помеха.

Таким образом, модель рынка, принимаемая при постановке задачи на разработку аналити-

ческой системы, зависит от условий ее использования и тактических задач трейдера и аналитика. То есть, разработку аналитической системы нужно начинать с выбора целей, которые должны достигаться с помощью этой системы. И уже на основании заданных целей производится распределение компонент движения цены $z(t)$ между функциями $x(t)$ и $n(t)$.

Итак, самая общая формальная запись исходного процесса $z(t)$, описывающего поведение цены во времени, представляется в виде суперпозиции некоторой сравнительно медленно изменяющейся функции, представляющей интерес для аналитика, и некоторой помехи (шума), препятствующей ему. Построение модели сводится к выбору соответствующего вида и параметров этих функций, чтобы адекватно описывать рынок и давать исходную информацию для создания аналитической системы, а дальнейшая задача распадается на две достаточно независимых:

- выделение $x(t)$ из наблюдаемого процесса $z(t)$;
- изучение (измерение, анализ, оценка) параметров $x(t)$ с целью принятия торговых решений.

Таким образом, задача построения аналитической системы в общем случае включает как задачу выделения информативной части из процесса, характеризующего изменение цены во времени (аналог приема сигнала на фоне помех), так и задачу построения (разработки) алгорит-

ма принятия торговых решений на основе полученной информации (аналог декодирования информации, содержащейся в принятом сигнале).

Уточнение параметров модели — модель волн Эллиотта

Рынку присуща некоторая форма цикличности, чередующихся периодов роста и падения цен, наличие соответствующей иерархии трендов и циклов, вложенных друг в друга таким образом, что внутри движения большей амплитуды и длительности присутствуют более быстрые движения с меньшим размахом [4]. Одной из иерархических моделей циклов, учитывающих иерархию и вложенность движений цены, является модель на основе волн Эллиотта [6].

На рис. 1 представлена волновая диаграмма Пректера с нумерацией волн для нескольких иерархически вложенных друг в друга степеней волн Эллиотта [6].

В модели волн Эллиотта существует цикличность движений и иерархия волн, вложенных друг в друга. При этом все волны представляют собой движение типа «импульс-коррекция», волны меньшего порядка меньше по размаху и изменяются быстрее по сравнению с волной более высокого порядка, в которую они вложены. Уровни отдельных импульсных волн связаны между собой коэффициентами на основе чисел Фибоначчи, а все уровни волновых циклов представляют собой некоторые модификации базисной структуры, отражающей особенности психологии масс [6].

Базисной структурой принято считать последовательность волн 1-2-3-4-5-A-B-C. Причем волны от первой до пятой характеризуют трендовое движение рынка (тенденцию), а волны ABC — стадию коррекции.

Приведенная на рис. 1 диаграмма охватывает 144 импульса и принципиально может быть детализирована как в сторону увеличения масштаба волн путем перехода к волнам

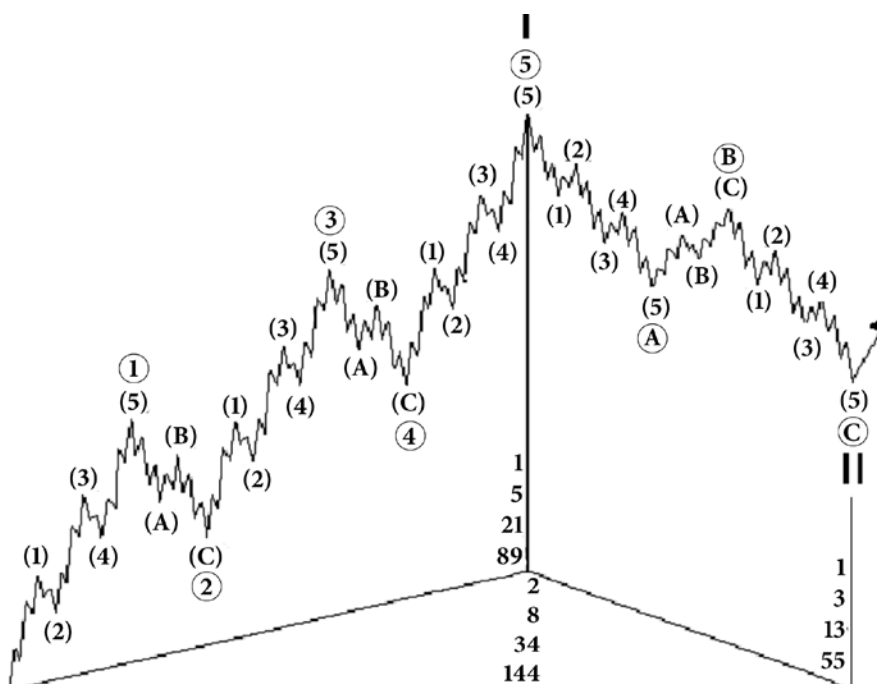


Рис. 1. Волновая диаграмма Пректера для нескольких степеней волн Эллиотта

более высокого порядка, так и в сторону большей детализации, уменьшения порядка волн. В частности, вся диаграмма может рассматриваться как импульс I и коррекция II, представляющие собой фрагмент структуры из восьми волн более высокого порядка.

Использование волновой теории для прогнозирования рынка сопряжено с трудностями идентификации текущего состояния рынка относительно привязки к волновой картине. Но на графике, отображающем поведение рынка в исторической перспективе, картина чередования волн может быть построена достаточно уверенно [6], проявляя такие характерные и важные особенности рыночных процессов, как вложенность волн и их иерархия, которые можно отнести к характерным, неотъемлемым свойствам рынка.

Таким образом, волновая теория, основываясь на эмпирических наблюдениях, подтверждает наличие иерархии и вложенности в процессах, отражающих динамику цен. Однако эти же свойства вытекают и из других, более строгих моделей процесса изменения цены.

Уточнение параметров модели — модель блуждания

Процесс изменения цены во времени можно рассматривать в виде равнодействующей, точнее суммы, большого количества элементарных приращений цены, вызываемых действиями отдельных участников рынка (рис. 2). График суммы приращений с точностью до постоянной величины, равной значению цены в начале интервала наблюдения, в точности совпадает с графиком изменения цены.

На этом подходе для случайных и независимых элементарных приращений цены основана распространенная в теоретических исследованиях модель рынка в виде броуновского движения или случайного блуждания (например [7]).

Модель случайного блуждания рассматривает процесс изменения цены во времени. Дополнительные возможности в исследовании характеристик рыночных процессов представляет анализ в частотной области с использованием аппарата теории сигналов и систем.

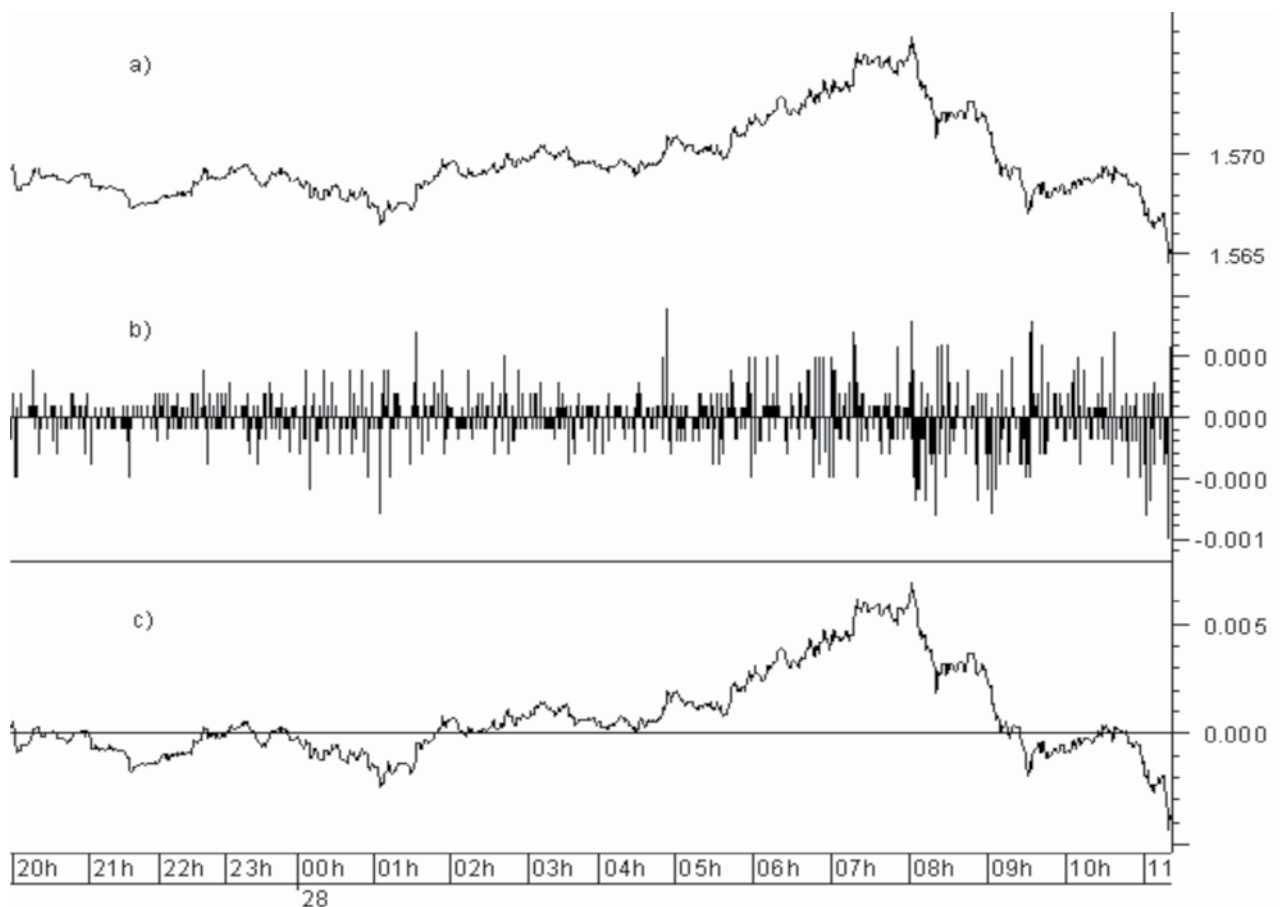


Рис. 2. Модель блуждания: а) график цены $z(t)$; б) график приращений $s(t)$; в) сумма (равнодействующая) приращений на интервале наблюдения

Суммирование приращений в рамках аппарата теории сигналов и систем можно смоделировать в виде линейной системы с импульсной переходной функцией $h(t)$, представляющей собой идеальный интегратор (рис. 3). На вход этой системы поступает процесс $s(t)$ в виде потока дельта-импульсов $\delta(t)$ (дельта-импульс — обобщенная функция Дирака [8, 9]) с весовыми значениями Δ_k , соответствующими элементарным приращениям цены:

$$s(t) = \sum_k \Delta_k \delta(t-t_k), \quad (2)$$

где моменты времени t_k соответствуют моментам приращения цены. На выходе такой линейной системы получаем процесс, описывающий результирующее движение рынка $z(t)$.

Известно [8–10], что воздействие линейной системы с импульсной переходной функцией $h(t)$ на сигнал $s(t)$ в области преобразования Фурье сводится к умножению функции $S(\omega)$, описывающей энергетический спектр сигнала $s(t)$ на входе системы, на квадрат модуля амплитудно-частотной характеристики $H(j\omega)$ этой линейной системы ($H(j\omega)$ — это преобразование Фурье импульсной переходной функции $h(t)$).

Для интегратора амплитудно-частотная характеристика имеет вид:

$$H(j\omega) = K / j\omega,$$

где K — величина, характеризующая параметры усиления системы, которая без нарушения общности может быть принята равной единице, а $j\omega$ — циклическая комплексная частота. В частности, в случае стационарных процессов распределение $Z(\omega)$ спектра мощности процесса $z(t)$, характеризующего изменение цены, будет иметь вид:

$$Z(\omega) = |H(\omega)|^2 S(\omega) = S(\omega) / \omega^2, \quad (3)$$

где функция $S(\omega)$ представляет собой энергетический спектр процесса $s(t)$, описывающего элементарные приращения цены.

Для дискретных систем эквивалентная модель будет представлять собой кумулятивный сумматор с дискретными приращениями цен на входе, квадрат модуля амплитудно-частот-

$$s(t) = \sum_k \Delta_k \delta(t-t_k) \rightarrow \boxed{h(t)} \rightarrow z(t)$$

Рис. 3. Процесс суммирования приращений цены

ной характеристики такого сумматора будет иметь вид:

$$|H(\omega)|^2 = 1 / \sin^2(\omega T / 2), \quad (4)$$

а

$$Z(\omega) = |H(\omega)|^2 S(\omega) = S(\omega) / \sin^2(\omega T / 2), \quad (5)$$

где T — интервал представления временного ряда, характеризующего процесс $z(t)$ изменения цены во времени (в упрощенном представлении T — это интервал, принятый при построении графиков цены).

Так как $\sin(x) \approx x$ для $x < \pi / 8$, то расхождения между частотной характеристикой интегратора и кумулятивного сумматора в области низких частот незначительны, и энергетический спектр временного ряда, так же, как и спектр непрерывного процесса изменения цены, в области низких частот будут вести себя одинаковым образом.

Если действия каждого субъекта рыночного процесса в отдельно взятый момент времени можно считать независимыми, то большое количество независимых субъектов своими действиями дают для элементарных приращений цены эффект в виде так называемого белого шума — процесса с равномерной спектральной плотностью. Процесс изменения рыночной цены для этого случая описывается моделью броуновского движения, или, иначе, моделью случайного блуждания [7].

Необходимо отметить, что независимо от конкретного вида $S(\omega)$ эффект суммирования приращений является преобладающим. Характер процесса, описывающего ценовые приращения, случайная или детерминированные причины, их вызывающие, являются второстепенными по отношению к проявлению эффекта суммирования приращений. В конечном счете, глобальные характеристики энергетического спектра движений рынка определяются именно обратной пропорциональностью квадрату частоты. Из этого факта следуют достаточно серьезные выводы, касающиеся внутренней структуры рыночных процессов.

В частности, из выражения (3) следует наблюдаемый на практике факт, что в общем случае амплитуда рыночных движений возрастает с увеличением длительности этих движений. Другой вывод касается объяснения фрактальной природы рынка [7], так как процессы,

имеющие энергетический спектр вида $\sim 1 / \omega^{-n}$, относятся к самоподобным (самоаффинным) процессам, для которых характерно проявление свойства фрактальности при изменении масштаба представления.

Из анализа полученных результатов вытекает следующее.

Во-первых, это быстрое убывание энергии спектра с ростом частоты и соответственно возрастание с приближением частот к нулю. Отсюда следует и принципиальное наличие рыночных трендов, их вложенность друг в друга и иерархия, определяемая формой энергетического спектра. Велика вероятность «плавного» спонтанного изменения цены в рамках больших по амплитуде и временной протяженности трендов, содержащих в себе более быстрые и малые движения различного направления, обусловленные некоторыми процессами самоорганизации рынка в рамках теории катастроф [11]. Указанные обстоятельства не исключают возможности появления и кратковременных импульсов большой амплитуды и малой длительности, так как энергетический спектр характеризует вероятностное, усредненное распределение энергии по частотам. Но вероятность появления таких импульсов будет тем меньше, чем меньше их длительность и больше амплитуда.

Во-вторых, принципиальное существование больших медленных движений с амплитудой, все более возрастающей с приближением частоты к нулю, и практически неограниченных по амплитуде в окрестности нулевой частоты. А это значит, что такие движения наблюдаемы и, в соответствии с равенством Парсевала [9], рано или поздно они должны проявиться, чтобы внести свой вклад в совокупный энергетический спектр. Следовательно, их можно зарегистрировать и использовать как основу для анализа и прогнозирования процесса изменения цены.

В заключение следует отметить несколько важных обстоятельств, процитировав следующие материалы работы [11].

Спектр мощности характеризует распределение энергии динамической системы по частотам. Динамика простых систем обыкновенно может быть описана характерной частотой, через которую легко выражаются характерные времена, длины и т. д. Для сложных систем типична обратная ситуация — отсутствие характерных частот. При этом распре-

деление спектра мощности имеет на низких частотах степенной вид:

$$Z(\omega) \sim 1 / \omega^{-n}, \quad (6)$$

где число n принимает значения в окрестности единицы и более.

Зависимость вида (5) называется фликкер-шумом и характерна практически для всех сложных систем как естественного, так и искусственного происхождения, примеры которых можно найти в самых разных областях — от биологии до астрофизики [11].

Спектр мощности вида $Z(\omega) \sim 1 / \omega^{-n}$ означает, что значительная часть энергии связана с очень медленными процессами. Долговременный прогноз для таких процессов невозможен в принципе. Сколько бы мы ни накапливали информацию о поведении системы, всегда найдутся важные процессы, которые начинают сказываться на временах, соизмеримых со временем изучения системы [11].

Наличие в системе фликкер-шума означает возможность гигантских флуктуаций, т. е. внутренне присущую системе склонность к катастрофам. Это позволяет предположить, что она находится в окрестности критической точки, или точки бифуркации, где обычно и происходят такие явления. Действительно, в точке бифуркации незначительное воздействие может оказать радикальное воздействие на поведение системы, однако она, пройдя точку бифуркации, должна в дальнейшем демонстрировать более регулярное поведение, описываемое вполне определенными характерными пространственными и временными масштабами. Поскольку на практике этого не происходит, должен существовать некий механизм, обеспечивающий постоянное пребывание системы в точке бифуркации. Природа этого механизма объясняется теорией самоорганизованной критичности [11].

В линейных системах временная динамика может успешно описываться при помощи компонент Фурье-спектра — гармоник, представляющих собой собственные функции линейной системы. В таких системах гармоникам обычно удается приписать простой и ясный физический смысл, а в силу независимости гармоник легко указываются законы, определяющие их динамику. Частично эта ситуация сохраняется и при наличии слабых нелинейностей, которые управляют перетеканием энергии между разными

гармониками и тоже легко допускают физическую трактовку [11].

В существенно нелинейных системах, где и возникает фликкер-шум, ситуация в корне иная. Здесь для индивидуальных гармоник нельзя придумать какой-либо простой физической интерпретации. Имеет смысл рассматривать только весь Фурье-спектр целиком, что обычно не позволяет почерпнуть сколь-нибудь существенную информацию о системе. Наличие в системе фликкер-шума, эквивалентное отсутствию у нее характерных частот, с формально-математической точки зрения представляет собой следствие отсутствия характерных временных масштабов [11].

Таким образом, характерные свойства спектральных характеристик движения рынка, вытекающие из механизма формирования рыночных цен, дают возможность использовать для описания рыночных процессов модель в виде фликкер-шума, которая позволяет объяснить многие свойства рынков и проблемы прогнозирования цен. В рамках модели, по большому счету, не является принципиальным характер движущих сил изменения цены. Важно то, что наименьшие приращения цены, задаваемые тиками, суммируются с течением времени, определяя тем самым общие закономерности поведения спектральных характеристик движения рыночных цен, характерные для систем с фликкер-шумами со всеми присущими им особенностями.

Обобщенная постановка задачи анализа

Как было отмечено ранее, задача анализа распадается на две достаточно независимых:

- выделение $x(t)$ из наблюдаемого процесса $z(t)$;
- изучение (измерение, анализ, оценка) параметров $x(t)$ с целью принятия торговых решений.

Необходимо сформировать подход к оценке процесса $x(t)$, которая будет использоваться для принятия торговых решений. Рассмотренные выше особенности функции $z(t)$ и разнесенное расположение спектральных областей компонент ($x(t)$ — низкочастотная и сравнительно узкополосная, а $n(t)$ — высокочастотная широкополосная) влекут за собой естественный в теории сигналов метод разделения спектральных составляющих сигнала $z(t)$ путем фильтрации [8–10, 12–14].

Необходимо отметить, что здесь не решается задача измерения. Основной интерес представ-

ляет не столько значение медленной компоненты сигнала, сколько направление ее движения. Поэтому нет необходимости точной передачи медленных компонент. А поскольку амплитуды спектральных компонент процесса, отражающего изменение цены, с ростом частоты убывают пропорционально значению частоты, то нет необходимости в жестких требованиях к подавлению высокочастотных компонент, которые «назначены» в качестве шума или помех, — их уровень и так незначителен.

Исходя из изложенного, задача сводится к разбиению спектра процесса $z(t)$ на зоны, соответствующие процессам $x(t)$ и $n(t)$, и разделению спектральных компонент процессов $x(t)$ и $n(t)$, по возможности, без внесения дополнительных диспропорций (или, наоборот, с заданными диспропорциями, если это требуется по условиям процедуры принятия решений). Для универсальности подхода можно использовать разбиение всего спектра процесса $z(t)$ на равномерно распределенные в логарифмической шкале частот зоны и разделение исходного процесса $z(t)$ на компоненты — стохастические волновые тренды, соответствующие этим зонам. Эти компоненты представляют собой широкополосные стохастические колебательные процессы, обладающие вследствие особенностей фликкер-шума свойствами иерархии и вложенности. В дальнейшем, группируя различным образом эти компоненты, можно получить различные варианты оценок $x(t)$, определяемые задачами, стоящими перед трейдером. С учетом того, что информация о поведении рынка обычно представлена в виде временных рядов, максимальная частота спектра определяется интервалом представления временного ряда [12, 13], что задает естественную точку отсчета для разбиения спектра процесса $z(t)$ на спектральные компоненты.

Отметим, что с этого момента задача оценки параметров $z(t)$ приобретает чисто технический характер и может быть решена средствами спектрального анализа и цифровой обработки сигналов. Разделение спектральных компонент может быть проведено различными методами: цифровой фильтрации, спектрального анализа, вейвлет-анализа и т. д. В зависимости от конкретного технического решения проблемы разделения спектральных компонент сигнала, отображающего процесс изменения цены, и обусловлен-

ных этим особенностей выделения тенденций, присутствующих во временных рядах цен, полученные результаты будут различаться в деталях, сохраняя общие закономерности подхода [8–10, 12–14]. Некоторые конкретные варианты реализации такого подхода будут рассмотрены в дальнейших работах авторов.

Выводы

Рассмотрен процесс формирования рыночной цены, как результат суммарного влияния множества факторов, воздействующих на рынок. Показано, что движение рыночных цен относится к классу самоаффинных процессов типа фликкер-шума, что естественным образом объясняет фрактальную природу рынков, а также вложенность и иерархию изменений рыночных цен во времени. Сформулированы принципы применения спектральных методов к задаче анализа и прогнозирования движений рыночных цен.

Литература:

1. Найман Э.Л. Малая энциклопедия трейдера. — К.: ВИРА-Р, 2001. — 296 с.
2. Морозов И.В., Фатхуллин Р.Р. Forex: от простого к сложному. Новые возможности с клиентским терминалом "MetaTrader". Второе издание. — М.: Омега-Л, 2006. — 533 с.

3. Колби Р. Энциклопедия технических индикаторов рынка. Пер. с англ. — 2-е изд. — М.: Альпина Бизнес Букс, 2004. — 837 с.

4. Мэрфи Дж. Дж. Технический анализ фьючерсных рынков: теория и практика. — М.: Диаграмма, 1999. — 592 с.

5. Пешель М. Моделирование сигналов и систем. — М.: Мир, 1981. — 300 с.

6. Пректер Р., Фрост А. Волновой принцип Эллиотта. Ключ к пониманию рынка. Издание второе. — М.: Альпина, 2006. — 268 с.

7. Петерс Э. Хаос и порядок на рынках капитала. Новый взгляд на циклы, цены и изменчивость рынка. — М.: Мир, 2000. — 333 с.

8. Макс Ж. Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях. В 2 томах. — М.: Мир, 1983. — Т. 1. — 312 с., Т. 2. — 256 с.

9. Папулис А. Теория систем и преобразований в оптике. — М.: Мир, 1971. — 495 с.

10. Бендат Дж., Пирсол А. Измерение и анализ случайных процессов. — М.: Мир, 1971. — 408 с.

11. Управление риском / Под ред. Г.Г. Малинецкого. — М.: Российская Академия Наук, 2000. — Гл. 10.

12. Рабинер Л., Гоулд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов. — М.: Мир, 1978. — 848 с.

13. Оппенгейм А., Шафер Р. Цифровая обработка сигналов. — М.: Техносфера, 2006. — 855 с.

14. Дженкинс Г., Ваттс Д. Спектральный анализ и его приложения. В 2 томах. — Т. 1. — М.: Мир, 1971. — 318 с.; Т. 2. — М.: Мир, 1972. — 284 с.