



# ПРИНЦИП ДЕКОМПОЗИЦИИ: ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ АНАЛИЗЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИИ ФИНАНСОВЫХ РЫНКОВ.

## Часть 1\*

**Н. И. Скриган,**

Институт бизнеса и менеджмента технологий БГУ, доцент, канд. физ.-мат. наук

**Н. Н. Скриган,**

вед. научный сотрудник ГУ «БелИСА», канд. техн. наук

### Принцип декомпозиции

Принцип декомпозиции — это универсальный научный метод решения сложных задач, основанный на использовании структуры задачи и ее разбиении на более простые подзадачи. Еще в XVII в. Р. Декарт писал: «Расчлените каждую изучаемую вами задачу на столько частей (...), сколько потребуется, чтобы их было легко решить» [1]. Это разбиение повторяется до тех пор, пока не будет достигнут «атомарный» уровень простых подзадач, то есть такой, на котором дальнейшее упрощение не имеет практического смысла.

При использовании такого аналитического метода, как принцип декомпозиции, сложное целое расчленяется на более простые части, которые будучи соединены надлежащим образом, снова образуют единое целое. Из этого вытекает ряд требований, которым должен удовлетворять процесс декомпозиции.

Требование 1. Декомпозиция без потерь. Это значит, что после разбиения исходного процесса или объекта на составляющие его элементы их можно объединить обратно без потери данных.

Требование 2. Каждый элемент декомпозиции должен быть уникален, то есть должна быть возможность формировать (выделять) и отличать составляющие объекта одну от другой.

Принцип декомпозиции — универсальный метод решения сложных задач — имеет методологические ограничения при исследовании сложных систем, к которым, в частности, относятся финансовые рынки. В статье описаны особенности применения принципа декомпозиции в задачах анализа и прогнозирования финансовых рынков на основе SWT-метода, использующего аппарат стохастических волновых трендов. Предложенный подход позволяет свести к минимуму ограничения принципа декомпозиции, обусловленные сложностью анализируемой системы, при сохранении таких его преимуществ, как возможность разбиения сложной задачи на совокупность простых, решения которых интуитивно понятны и легко интерпретируемы.

Требование 3. Элементы, полученные в результате декомпозиции, должны быть функционально зависимы, то есть связаны с функциями отдельных подзадач единой задачи.

Принцип декомпозиции приводит к достижению наивысших результатов, если целое удается расчленивать на независимые друг от друга части. В этом случае их отдельное рассмотрение позволяет составить правильное представление об их вкладе в общий эффект. Однако случаи, когда система является «суммой» своих частей (линейные системы), — не правило, а редчайшее исключение. Окружающий мир является нелинейным, а результат воздействий нескольких факторов на объект не является суммой результатов воздействия каждого фактора по отдельности. Еще большие трудности возникают при рассмотрении сложных систем, в которых эффект омникаузальности приводит к тому, что система влияет на поведение своих элементов, определяя их функционирование и последовательность изменения микросостояний.

Таким образом, при анализе нелинейных объектов и систем, то есть большинства реальных объектов окружающего нас мира, необходимо рассматривать не отдельные части и компоненты, полученные в результате применения принципа декомпозиции, а их взаимное влияние и взаимодействие. Рассмотрение любого фактора или элемента совокупного процесса отдельно и изолированно от других неизбежно приведет к ошибкам и погрешностям в оценке поведения системы в целом.

Не зря в системном анализе постоянно подчеркивается значение целостности системы. Аналитический метод невозможен без синтеза, при котором части агрегируются в структуру, а синтетический метод невозможен без анализа, так как необходима декомпозиция целого для объяснения функций частей. Анализ и синтез дополняют, но не заменяют друг друга, а системный подход и системное мышление совмещают оба указанных метода [1].

### **Особенности исследования рынков как сложных систем**

Как было показано в [2, 3], рынки относятся к широкому классу сложных систем естественного и искусственного происхождения, примеры которых можно найти в самых раз-

ных областях — от биологии до астрофизики, от процесса осыпания кучки песка в песочных часах до проявлений глобального геологического масштаба. Такие системы описываются теорией самоорганизованной критичности и характеризуются возможностью гигантских флуктуаций, все время находясь в состоянии неустойчивого равновесия, балансируя на грани постоянно происходящих микро- и макрокатастроф. В них нет ни характерных частот, ни характерных временных масштабов. Они не поддаются традиционным методам исследования, подразумевающим анализ отдельных характеристик объекта исследования и синтез полученных результатов, а долговременный прогноз для таких процессов невозможен в принципе [2–4].

Основной особенностью систем с самоорганизованной критичностью является тот факт, что поведение системы описывается фликкер-шумом, а значительная часть энергии связана с очень медленными процессами. Поэтому сколько бы мы ни накапливали информацию о поведении системы, всегда найдутся факторы, которые начинают сказываться на временах, соизмеримых со временем изучения системы [4].

Ограничения применимости анализа и синтеза связаны с нелинейным характером сложных систем, поведение которых не является суммой взаимодействий и поведения составляющих частей, а детализация в исследовании отдельных составляющих не всегда дает новую информацию о поведении системы в целом. Лучше всего это иллюстрируется на строении биологических объектов: организм не является суммой органов, орган — это не сумма клеток, а клетка — не сумма составляющих ее элементов. Параметры, важные для рассмотрения функционирования элементов каждого уровня иерархии, — свои, различные и имеют принципиальное значение в основном для описания этого уровня.

Характерной чертой широкого класса сложных систем является также их омникаузальность — явление, когда целое определяет поведение своих частей, в противоположность партикаузальности, когда части определяют поведение целого. В омникаузальных системах, к которым, как отмечал А. Ермаченко, можно отнести и рынки, макросостояние системы в целом обеспечивает приоритетную реализацию одних микросостояний и сводит до нуля

возможность реализации других. Лучше всего этот механизм иллюстрируется на примере такой системы, как коллектив, который воздействует на индивида, устремляя к нулю вероятности одних его действий и резко повышая вероятности других, причем, как правило, без всяких силовых воздействий — индивид просто не может вести себя иначе.

### Применение принципа декомпозиции в техническом анализе. Тренды и циклы

Попытки применения принципа декомпозиции к анализу финансовых рынков достаточно традиционны и базируются на понятиях тренда и цикла.

Тренд, или тенденция — определенное движение цены в том или ином направлении — является основополагающим понятием технического анализа [5].

Следует отметить, что в реальной жизни ни один рынок не движется в каком-либо направлении монотонно. Движение цены представляет собой серию зигзагов — то подъем, то падение, — как показано на рисунке 1 на примере графика цены EUR/USD. Разобраться с направлением тенденции в текущем хаосе рыночных

котировок совсем непросто, если не использовать некоторые простые формальные правила и определения.

Основополагающим методом в определении направления тренда является метод последовательности пиков и впадин, который основывается на подходе, впервые предложенном Чарльзом Доу. Метод основан на том факте, что изменения цен растущего рынка представляют собой последовательность волн, в которой каждый последующий пик или впадина находятся выше своих предшественников. Прерывание восходящей закономерности в последовательности растущих пиков и впадин является признаком изменения тенденции [6].

Однако если посмотреть на график (см. рис. 1), то можно заметить еще один, достаточно очевидный факт, а именно [5]: каждая тенденция является составной частью другой, более крупной тенденции, и содержит в себе тренды более мелкого масштаба. То есть тренд является частью более крупного тренда, но и в себя включает более мелкие элементы. Поэтому, как уточняет В. Меладзе [6], трендом следует называть направленную тенденцию в изменениях уровня цен, ограниченную определенным временным интервалом. И если



Рис. 1. Тренды и циклы

не говорить об этом временном интервале, то понятие тренда утрачивает смысл.

Тренды различаются по направлениям, а именно:

- восходящие, когда каждый очередной подъем рынка больше предыдущего и каждый очередной спад выше предыдущего;

- нисходящие, когда каждый очередной спад рынка ниже предыдущего и каждый очередной максимум ниже предыдущего;

- горизонтальные, или боковые, при которых динамика минимумов и максимумов не имеет выраженной тенденции, а пики и спады находятся примерно на одном уровне.

С понятием тренда неразрывно связано понятие цикла, который характеризуется отрезком рынка, включающим в себя и подъем, и спад. В предыдущих исследованиях [2, 3] показано, что циклическая природа рынка является присущим ему внутренним свойством, которое вытекает из равенства Парсеваля [7] и общих характеристик процессов с фликкер-шумом. Однако на данном этапе больший интерес представляет изучение принципов работы с трендами и циклами на основе принципа декомпозиции.

Принцип декомпозиции по отношению к исследованию рынка не является чем-то принципиально новым. В уже ставшей классической работе Дж. Мэрфи [5] отмечено, что результирующее движение цены является результатом простого сложения всех действующих рыночных циклов. Во мнении по этому вопросу достигнуто полное единодушие, расхождения и разногласия возникают только в вопросах классификации и выбора параметров трендов и циклов. На сегодня сформировалось несколько школ, использующих различные разновидности классификации циклов и объединения их в единую систему, использующие различные принципы и подходы к классификации движений рынка и разную степень рыночного детерминизма.

#### **Классический подход — периодические циклы**

В рамках классического подхода к анализу рынка на основе принципа декомпозиции и рыночных циклов применяется метод, при котором сложное движение цен представляется в виде суммы некоторого количества циклических составляющих, от четырех и более [5, 6].

При этом делается попытка привязать периоды циклов к некоторым определенным и заранее заданным временным интервалам, таким как суточные и недельные колебания рынка, сезонные изменения цены, волны Кондратьева и многие другие. Как отмечено в работах [5, 6], в настоящее время в трудах различных экономистов предлагается свыше двух десятков циклов различной длительности. Однако там же отмечается, что возможности традиционного циклического анализа рынков ограничены, а попытки выявить скрытую периодичность классическими методами спектрального анализа (анализ Фурье, быстрый анализ Фурье, метод MESA и т. д.) оказываются неэффективными. Большую часть времени спектр рынка представляет собой «белый шум», изредка бывает заметно наличие узкополосных квазипериодических составляющих. Длина циклов меняется от цикла к циклу, и предсказать ее точное значение оказывается чрезвычайно сложно.

Следует отметить, что отсутствие периодических компонент закономерно, так как в движении рыночных цен априори отсутствуют какие-либо периодические составляющие. Кажущееся их появление на определенных отрезках рынка — не что иное, как причуды проявления движения рыночных цен, подчиняющихся более сложным, нежели периодические, закономерностям движения [2, 3].

#### **Волновой принцип Эллиотта — непериодические циклы**

Попытка уйти от периодического детерминизма была предпринята в популярной теории волнового принципа Эллиотта [6, 8]. В рамках волновой теории Эллиотта, доработанной впоследствии рядом авторов, выстроена стройная иерархическая система циклического движения рынков, учитывающая иерархию и вложенность трендов и циклов. В модели Эллиотта 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 в теории связаны между собой коэффициентами на основе чисел Фибоначчи, а все уровни волновых циклов представляют собой некоторые модификации базисной структуры, отражающей особенности психологии масс [8].

Шагом вперед по сравнению с классической теорией циклов в волновой теории Эллиотта является отказ от периодичности по времени. Однако практика применения волнового принципа Эллиотта показала, что реальные рынки не всегда можно вписать в волновые диаграммы, даже с большими натяжками и допущениями. Указанные обстоятельства привели к необходимости введения множества неклассических «неправильных» волновых формаций. Кроме того, некоторый детерминизм метода в определении амплитуд движения, а также неоднозначность интерпретации текущего состояния рынка снижают аналитическую и прогностическую ценность метода в реальной торговой и аналитической практике. Образно выражаясь, рынок — это не железнодорожный вокзал, а цены — не поезда, которые призваны ходить по некоторому заранее заданному, а возможно и устаревшему расписанию.

Несколько особняком в развитии волновых методов стоит работа Миллера [9–11], в которой сделана попытка объединить волновой принцип и периодические циклы путем гармонизации волн Эллиотта. Однако подход Миллера только усиливает детерминизм классического циклического анализа, поскольку навязывает рынку извне не только периоды конкретных циклов, но и жесткое соотношение между этими периодами. При этом преимущества волнового принципа Эллиотта (непериодичность циклов во времени) в методе Миллера исключаются, а недостатки остаются.

Общим недостатком рассмотренных подходов является то, что требования корректного применения принципа декомпозиции выполняются с большими ограничениями, а возможность объективного разделения совокупного движения рынка на отдельные компоненты — не постфактум, а в режиме реального времени отсутствует. Кроме того, связь циклов с параметрами реального движения рыночных цен незначительна или отсутствует вовсе, а параметры, приписываемые трендам и циклам, носят субъективный характер. Еще одним существенным пробелом в применении классических подходов трендового и циклического анализа является игнорирование особенностей рынка как сложной системы, которой присуща взаимосвязь всех трендов как единого целого и омникаузальный

характер поведения движений цены. В некоторой степени от указанных недостатков свободен подход, основанный на использовании стохастических волновых трендов.

#### SWT-метод — декомпозиция движения цены по базису стохастических трендов

Декомпозиция движения цены по базису волновых стохастических трендов (The Stochastic Wave Trends) предложена в работах [2, 3] и основана на представлении процесса  $z(t)$ , представляющего собой функцию изменения цены во времени, в виде суперпозиции стохастических волн — волновых трендов, выделяемых из процесса  $z(t)$  и представляющих собой элементы совокупного движения цены с различным спектральным составом. Энергия отдельных волн сосредоточена в определенных участках спектра процесса  $z(t)$ , а термин «стохастический» указывает на тот факт, что итог процесса развития волновых трендов в общем случае не прогнозируется и не может быть определен по начальному или текущему состоянию (следствие нелинейности рынка и принадлежности его к процессам с фликкер-шумом [2–4]).

#### Фильтровый метод

Технически декомпозиция производится с помощью системы полосовых фильтров, на вход которых поступает процесс  $z(t)$ , а на выходе получается набор некоторых функций времени  $W_i(t)$ , на которые разделяется процесс  $z(t)$ . Детали технической реализации фильтров не имеют принципиального значения, однако, по ряду причин, целесообразно использовать систему фильтров с равномерным разбиением частотного диапазона в логарифмической шкале частот.

Схематическое изображение амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) фильтров в нормированной частотной шкале показано на рисунке 2.

Центральные частоты полос пропускания фильтров кратны друг другу, отличаются в  $N$  раз и расположены по всей оси частоты от 0 до бесконечности. То есть, если центральная частота полосы пропускания некоторого фильтра равна  $F$ , то справа по оси частот от него будут расположены фильтры с центральными частотами  $F \times N$ ,  $F \times N^2$ ,  $F \times N^3$  и т. д., а слева будут размещаться фильтры с полосами пропускания, имеющими центральные частоты  $F/N$ ,  $F/N^2$ ,  $F/N^3$  и т. д.

Теоретически количество используемых фильтров бесконечно, а выражение для декомпозиции процесса  $z(t)$  представляется в виде бесконечной суммы

$$z(t) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} W_i(t) \quad (1),$$

где  $W_i(t)$  — стохастический волновой тренд, представляющий собой узкополосный процесс на выходе полосового фильтра с номером  $i$ .

При использовании принципа декомпозиции в строгом соответствии с формулой (1) необходимо иметь дело с бесконечным множеством элементов, на которые разбивается процесс изменения цены во времени. В то же время, как показано ниже, для решения практически важных задач достаточно ограничиться сравнительно небольшим количеством принимаемых во внимание стохастических волновых трендов  $W_i(t)$ . Однако перед тем исследовать вопрос о количестве функций  $W_i(t)$ , используемых для декомпозиции и анализа динамики рынков, остановимся на вопросе выбора коэффициента кратности  $N$ .

От значения  $N$  зависит интервал расположения фильтров и количество элементов  $W_i(t)$  декомпозиции процесса  $z(t)$ , принимаемых во

внимание при решении аналитических задач. В принципе,  $N$  может быть любым, однако при больших значениях  $N$  мы рискуем потерять детали процесса, а при малых — запутаться в этих деталях.

### Выбор шага гребенки полосовых фильтров

Проблема выбора  $N$  в общем случае не имеет однозначного решения, однако можно воспользоваться свойством естественной цикличности рынков и принять во внимание следующие соображения.

Любому рынку присущ суточный цикл работы. У бирж и операторов рынка есть определенные рамки рабочего дня, в течение суток активность на рынке независимо от того, каким образом движется цена, то нарастает, то спадает в соответствии с суточным циклом жизнедеятельности человеческого общества. Кроме суточного цикла, есть недельный. Большинство известных рынков работает 5 дней в неделю, некоторые — с разбиением процесса торгов на сессии внутри суток, а некоторые (например, международный валютный рынок FOREX) непрерывно в течение 5 рабочих дней. Отметим, что с развитием систем и инфраструктуры

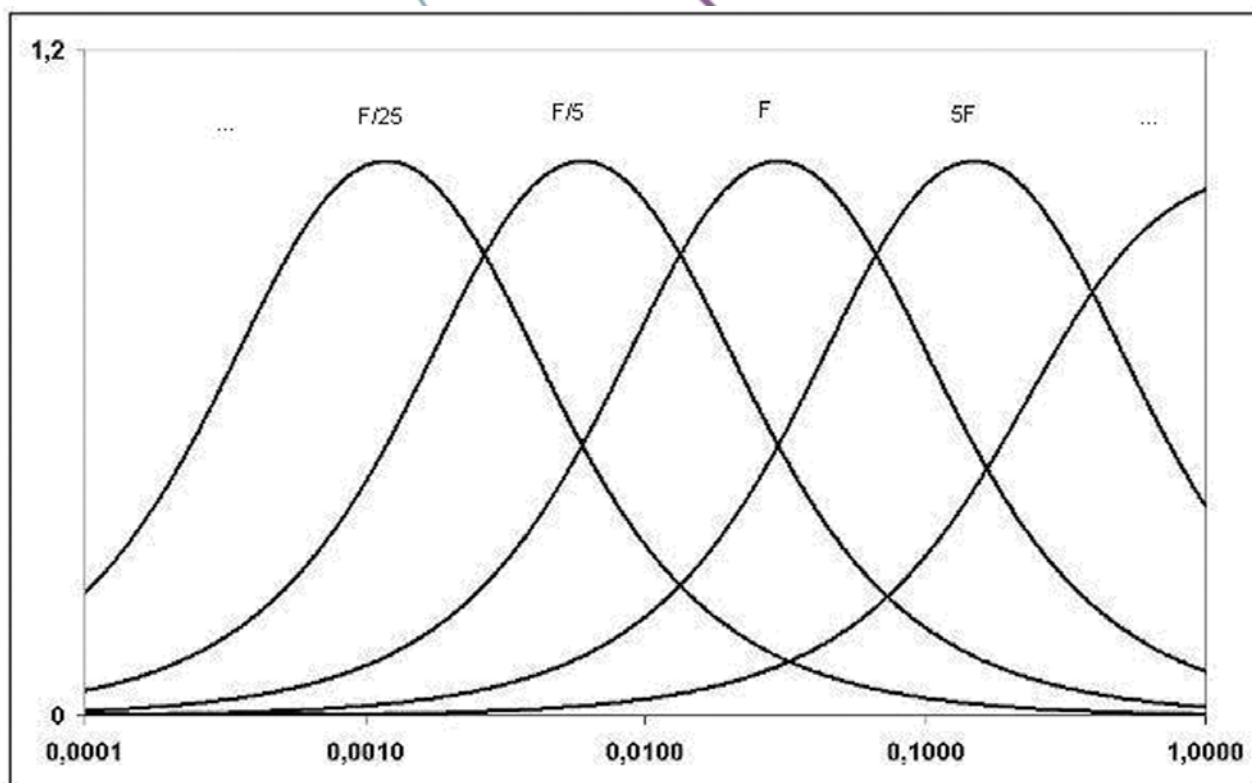


Рис. 2. Схематическое изображение АЧХ-набора полосовых фильтров

электронной торговли количество рынков, имеющих непрерывную недельную торговую сессию, все время возрастает, хотя принципиального значения это не имеет.

Указанные обстоятельства позволяют выбрать для коэффициента кратности  $N$  значение, равное 5. Кроме того, что число 5 строго описывает соотношение периодов дневного и недельного циклов, жесткое и неизменное, оно также приблизительно отображает соотношение и между другими имеющими значение временными интервалами жизнедеятельности.

Например, в сутках содержится 24 часа, то есть часовой интервал приблизительно в 25 раз меньше суточного. Рабочая неделя, как мы уже отмечали, в 5 раз больше суточного интервала. Рабочий месяц 22–23 дня примерно в 5 раз больше недели, а половина рабочего года, которая составляет примерно 125–130 рабочих дней, примерно в 25 раз больше недели и в 125 раз больше суточного интервала.

Таким образом, коэффициент кратности  $N = 5$  позволяет получить декомпозицию процесса  $z(t)$  с привязкой к естественным интервалам жизнедеятельности общества. Необходимо отметить, что центральная частота полосы пропускания фильтра в логарифмической шкале частот определяется как среднее геометрическое от верхней и нижней границ полосы пропускания. В то же время ширина полосы пропускания для каждого отдельного фильтра в такой гребенке достаточно велика, чтобы естественные циклы отобразились в одном из элементов декомпозиции.

#### Количество элементов декомпозиции

Рассмотрим вопрос о количестве элементов, используемых для декомпозиции процесса  $z(t)$ .

Бесконечная в теории сумма, приведенная в формуле (1), на практике сводится к достаточно небольшому конечному числу слагаемых. При этом это ограничение имеет естественный характер и обусловлено параметрами реальных рынков и требованиями реальных задач технического анализа динамики рыночных цен, а формула (1) принимает вид

$$z(t) = \sum_{i=m}^M W_i(t) + n(t) + \Phi(t), \quad (2)$$

где  $m$  и  $M$  — соответственно минимальный и максимальный номера волн из группы элементов декомпозиции в выражении (1), поведение

которых детально анализируется при декомпозиции движений рынка.

Функция  $n(t)$  определяется формулой

$$n(t) = \sum_{i=-\infty}^{m-1} W_i(t) \quad (3)$$

и описывает так называемый «ценовой шум» — движения рынка, которые находятся на уровне порядка минимально возможных движений цены и не представляют принципиального значения для задач анализа динамики рынка.

Выражение для функции  $\Phi(t)$  имеет вид

$$\Phi(t) = \sum_{i=M+1}^{\infty} W_i(t) \quad (4)$$

и определяет собой те медленные колебания движения с высокой энергетикой движения, которые начинают сказываться на временах соизмеримых со временем изучения да и существования рынка как системы в целом [4].

Следует отметить, что, хотя детальный анализ внутренней структуры процессов  $n(t)$  и  $\Phi(t)$  не является возможным в силу отмеченных выше естественных ограничений, сами эти процессы доступны для наблюдения и легко выделяются из общей динамики процесса, представляя собой разность  $z(t)$  и элементов процедуры декомпозиции

$$\Phi(t) = z(t) - \sum_{i=m}^M W_i(t) - n(t). \quad (5)$$

Небольшое замечание о возможных пределах выбора значений величин  $m$  и  $M$ .

Если принять в качестве точки отсчета тренд недельного цикла с периодом 120 часов с центральной частотой полосы пропускания фильтра  $F$  (см. рис. 1), то при движении по шкале частот вверх от значения  $F$  следующие фильтры будут иметь значение центральной частоты  $5F$ ,  $25F$ ,  $125F$ ,  $625F$  и т. д.

Значение периода, соответствующее центральной частоте циклической составляющей с частотой  $625F$ , будет равно примерно 11–12 минутам. Дальше идут движения с циклами одного порядка с минутой и менее. Причем уровень мощности этих компонент снижается обратно пропорционально квадрату частоты [2, 3], а амплитуды компонент в полосе пропускания фильтра с центральной частотой  $625F$  будут почти на три порядка меньше амплитуд в полосе фильтра с центральной частотой  $F$ . Отмеченные обстоятельства позволяют, в зависимости от вида решаемых аналитиком задач, ограничиться

тремя-четырьмя уровнями элементов декомпозиции вверх по шкале частот от тренда недельного цикла, а более быстрые изменения цены отнести к компоненте ценового шума  $n(t)$ . Однако при желании можно расширить частотный диапазон трендов  $W_i(t)$  вверх.

Аналогичные рассуждения справедливы и при противоположном направлении движения по шкале частот. Следующие фильтры в этом случае будут иметь значение центральной частоты  $F/5$ ,  $F/25$ ,  $F/125$ ,  $F/625$  и т. д. Однако и здесь есть ограничения, но они имеют несколько другой характер.

В частности, компонента рядов (1), (2), соответствующая фильтру с центральной частотой  $F/625$ , описывает движения с циклом порядка 12 лет. А следующие по уровню компоненты будут характеризовать движения с циклом около 60 лет.

Валютный рынок в современном его виде, известном как модель свободных взаимных конвертаций, или Ямайская валютная система, начал формироваться после распада Бреттон-Вудского соглашения в начале 70-х гг. прошлого века. Формальной точкой отсчета для инструментов валютного рынка может служить дата 8 января 1976 г. [12], а время существования инструментов рынка составляет чуть меньше 35 лет. Таким образом, для большинства инструментов валютного рынка нет реальной возможности рассматривать циклы с периодом более 12 лет. Соответственно, количество реально доступных компонент разложения с периодами больше периода тренда недельного цикла не превышает 4-х, а общее количество компонент  $W_i(t)$  под знаком суммы в выражении (2) не превышает 9. Все более медленные движения, недоступные детальному анализу, исключаются из суммы и уходят в функцию  $\Phi(t)$ , наблюдаемую и регистрируемую в процедуре декомпозиции так же, как и шумовая компонента  $n(t)$ .

В заключение отметим, что очень небольшое количество современных рыночных инструментов, например индекс Доу-Джонса и некоторые другие рынки, имеет достаточно глубокую историю, чтобы реализовать технически задачу добавления к набору элементов декомпозиции дополнительных стохастических компонент. Однако, хотя анализ столь медленных и длительных рыночных циклов с чисто

практической точки не имеет принципиального значения, а результаты его представляют интерес в плоскости чисто теоретических исследований, техническая реализация процедуры декомпозиции не представляет никаких принципиальных проблем.

#### **Корректность процедуры декомпозиции при фильтровом методе**

Выше было отмечено, что корректная процедура декомпозиции должна удовлетворять требованиям отсутствия потерь, уникальности и функциональной зависимости элементов декомпозиции. Рассмотрим теперь, насколько соответствует этим условиям предлагаемый подход. Начнем с конца, рассмотрев вначале требование функциональной зависимости.

#### **Функциональная зависимость**

Требование функциональной зависимости реализуется тем, что каждый из стохастических волновых трендов  $W_i(t)$  формируется за счет колебательной энергии рынка в некоторой полосе частот, соответствующей диапазону стохастических циклических движений. Как известно, вследствие характерных особенностей рынка отсутствуют причины, приводящие к возможности возникновения периодических колебаний цены во временной области и сингулярностям в энергетическом спектре процесса, описывающего изменение цены во времени [2–4]. Однако это не препятствует существованию псевдопериодических широкополосных процессов, формируемых за счет энергии рынка, сконцентрированной в полосе пропускания любого из фильтров набора.

Процесс  $W_i(t)$  на выходе фильтра будет иметь колебательную природу в силу ненулевого значения дисперсии (мощности) процесса на выходе фильтра. Поскольку данная мощность формируется за счет колебательных составляющих спектра, то результирующий процесс на выходе фильтра будет совершать некоторые непериодические колебания во времени, находясь в коридоре, ширина которого определяется параметрами дисперсии (среднеквадратического отклонения) стохастического процесса изменения цен в заданной полосе частот и связана с волатильностью рынка на рассматриваемом интервале времени.



Период этих широкополосных колебаний — величина случайная. Однако выборочное математическое ожидание этого периода на достаточно большом промежутке времени будет стремиться к величине, определяемой центральной частотой полосы пропускания соответствующего фильтра и описывать стохастический волновой тренд, например, недельного, дневного или иного цикла.

Совокупность элементов декомпозиции, соответствующих сигналам на выходе системы полосовых фильтров, функционально связана со стохастическими временными характеристиками движения рыночной цены и представляет собой набор стохастических волновых трендов, функционально связанных с непериодическими циклическими движениями рынка. Эти циклические движения различны для разных фильтров и однозначно связаны с циклическими движениями рынка различного временного диапазона.

#### Уникальность элементов декомпозиции

С уникальностью дело обстоит достаточно просто.

В процедуре формирования элементов  $W_i(t)$  полностью отсутствует какой-либо субъективный фактор. После того как заданы параметры набора полосовых фильтров, процесс формирования стохастических волновых трендов  $W_i(t)$  происходит автоматически, без какого-либо влияния и вмешательства субъективного человеческого фактора. Связь между процессами  $z(t)$  и  $W_i(t)$  является однозначной, уникальной и объективной для заданного набора фильтров. Причем эта связь не зависит от пристрастий и предпочтений аналитика и является следствием компьютерного анализа динамических характеристик рынка на основе выбранных алгоритмов цифровой фильтрации.

Необходимо отметить, что существует некоторый элемент неопределенности на этапе выбора параметров набора полосовых фильтров. Таких наборов с различными параметрами алгоритмов фильтрации может быть множество и строгих критериев выбора той или иной версии фильтра не существует. Соответственно, разными будут и наборы элементов декомпозиции  $W_i(t)$  для разных наборов фильтров за счет различных параметров распределения энергии

процесса  $z(t)$  между отдельными элементами  $W_i(t)$ . Это обстоятельство необходимо учитывать при разработке процедур анализа рынка на основе применения стохастических волновых трендов  $W_i(t)$ . Однако для каждого набора полосовых фильтров процедура декомпозиции процесса  $z(t)$  на элементы  $W_i(t)$  удовлетворяет требованию уникальности.

#### Декомпозиция без потерь

Требование декомпозиции без потерь означает, что после разбиения исходного процесса или объекта на составляющие его элементы их можно объединить обратно без потери данных. Возможность такого объединения, даже если оно и не производится, дает нам право считать, что мы используем всю информацию, содержащуюся в исходном процессе, и ничего не потеряли в результате декомпозиции. Декомпозиция без потерь дает нам право считать, что данные нашего исследования и анализа элементов  $W_i(t)$  будут применимы к анализу поведения исходного  $z(t)$ .

Требование декомпозиции без потерь несколько сужает класс возможных алгоритмов реализации системы полосовых фильтров, но реализуется достаточно просто, путем арифметических операций над выходными сигналами системы параллельных фильтров. Детальное рассмотрение этого вопроса относится к теории фильтров и выходит за рамки настоящей статьи, тем не менее, реализация такого алгоритма достаточно проста, и системы такого класса уже реализованы (см. [3]).

Таким образом, процедура декомпозиции процесса  $z(t)$  на элементы  $W_i(t)$  посредством системы полосовых фильтров при соблюдении некоторых ограничений удовлетворяет требованиям декомпозиции без потерь, уникальности и функциональной зависимости и корректно реализует задачу разбиения процесса движения рыночной цены  $z(t)$  на составляющие его элементы — стохастические волновые тренды  $W_i(t)$ .

#### Возвращаясь к истокам

Мы рассмотрели вопрос о декомпозиции процесса  $z(t)$ , разложив его с помощью фильтрового метода на суперпозицию стохастических волновых трендов  $W_i(t)$ .

Однако теперь необходимо вспомнить, что рынок характеризуется, как система нелинейная, в которой не действуют принципы суперпозиции и в которой необходимо рассматривать все компоненты  $W_i(t)$ , отображающие спектральный состав процесса  $z(t)$  целиком, в их совокупности и взаимосвязи с учетом стохастических свойств компонент  $W_i(t)$ .

Кроме того, рынок относится к классу сложных систем с проявляемыми свойствами омникаузальности и подчинением локальных поведенческих характеристик и свойств рынка как некоторой системы, происходящим в нем процессам более глобального характера, меняющим и статистику, и вероятностные характеристики локальных движений.

Отмеченные особенности рынка как сложной нелинейной системы требуют при применении принципа декомпозиции использовать методы анализа, учитывающие полный набор и омникаузальную взаимосвязь всех элементов  $W_i(t)$ . Варианты подобных методов анализа будут рассмотрены во второй части статьи, опубликованной в следующем номере журнала «Новости науки и технологий».

#### Литература:

1. Живицкая Е. Н., Едемская О. П. Системный анализ и проектирование. — Минск, БГУИР, 2005. — Интернет-источник: <http://abitur.bsuir.by/eumk/saipis/>.
2. Скриган Н. И., Скриган Н. Н. Новые методы анализа финансовых рынков: теоретические основы

иерархического подхода. — *Новости науки и технологий*. — 2008. — № 2. — с. 23–30.

3. Скриган Н. И., Скриган Н. Н. Стохастические волновые тренды — применение иерархического подхода к анализу рынков. — *Новости науки и технологий*. — 2008. — № 3. — с. 42–50.

4. Управление риском. Глава X. Самоорганизованная критичность как универсальный механизм катастроф /Под. ред. Г. Г. Малинецкого. — М.: Российская Академия Наук, 2000. Гл. 10. — Интернет-источник: <http://risk.keldysh.ru/risk/gl10.htm>.

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

6. Меладзе В. Э. Курс технического анализа. — М.: Серебряные нити, 1997. — 272 с.

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

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

9. Miller, Charles E. [1999]. Pseudo Securities For Technical Analysts. Technical Analysis of STOCKS & COMMODITIES, Volume 17: June.

10. Miller, Charles E. [1999]. Pseudo Securities For Technical Analysts, Part 2. Technical Analysis of STOCKS & COMMODITIES, Volume 17: July.

11. Miller, Charles E. [1999]. Pseudo Securities For Technical Analysts, Part 3. Technical Analysis of STOCKS & COMMODITIES, Volume 17: August.

12. Бреттон-Вудская система. — Материал из Википедии. — Интернет-источник: <http://ru.wikipedia.org/wiki/>.