

УДК 339.722:519.865

Куссый М.Ю.

## **ПРОГНОЗНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ТРЕНДОВ НА FOREX С УЧЕТОМ ФРАКТАЛЬНОСТИ И РЕФЛЕКСИВНОСТИ РЫНКА**

*В работе предлагается методологический подход к моделированию динамики тренда на FOREX с учетом фрактальности и рефлексивности рынка.*

*Ключевые слова: тренд, фрактальность, рефлексивность, модель прогнозирования.*

**I. Введение.** Крах Бреттон-Вудской системы и переход на плавающие валютные курсы привели к созданию глобального рынка обмена валют FOREX, который существенно отличается от национальных рынков обмена валют тем, что, во-первых, ценообразование на этом рынке практически не зависит от специфики законодательства и ментальности той или иной страны, во-вторых, этот рынок работает практически круглосуточно и доступ к нему может получить любой житель планеты. Это далеко не полный перечень отличий FOREX от других аналогичных рынков.

Появление такого интернационального рынка обмена валют, ежедневный объем сделок на котором, по оценкам аналитиков, составляет около 2 трлн долл. США, вынудило экономистов заняться поиском новых парадигм ценообразования на таком рынке (в рамках данной статьи термин «рынок» будем использовать применительно к FOREX) [1].

Одним из методов анализа рынка является использование инструментария технического анализа (ТА), который сам по себе является достаточно адекватной имитационной моделью рынка [2]. Но, тем не менее, невозможно с уверенностью сказать, что даже применение всех инструментов ТА вместе взятых обеспечит 100% прогноз будущей динамики тренда на рынке. Это объясняется сложностью и неоднозначностью такого объекта, а также значительным количеством факторов, учет которых необходим для создания достаточно адекватной модели рынка.

Особое место среди курсообразующих факторов в моделях рынка занимает рефлексивность, неучет которой приводит к искажению результатов, полученных с помощью моделей курсообразования на рынке [3].

Все вышесказанное позволяет сделать вывод об актуальности создания адекватной прогнозной модели для анализа динамики трендов на FOREX.

**II. Постановка задачи.** В рамках настоящей статьи предлагается подход к созданию прогнозных моделей динамики трендов с учетом фрактальности и рефлексивности рынка. Для этого определим, что мы будем понимать под фрактальностью и рефлексивностью рынка.

Одним из методологических подходов к изучению рынка является анализ его с позиции инвестиционно-временных горизонтов (ИВГ), то есть тех временных интервалов, внутри которых работают те или иные группы присутствующих на рынке трейдеров. На рынке одновременно действуют трейдеры с самыми разнообразными инвестиционными стратегиями, которые отражают интересы трейдеров в различных промежутках времени. Каждый трейдер, работая внутри выбранного временного интервала, участвует в формировании такого ИВГ, в котором работает часть трейдеров, участвующих в рыночных процессах (более подробно смотри [4]). Под фрактальностью, как методологической характеристикой рынка, условимся понимать, что рынок можно рассматривать как интегральную композицию временных фракталов (фракталы нами рассматриваются как самоподобные объекты, имеющие одинаковую природу происхождения), каковыми являются ИВГ (фрактальность природы ИВГ была нами выяснена с помощью индекса М.Моришиты [5]).

Дж.Сорос [6] описывает рефлексивность как механизм двусторонней обратной связи между мышлением и реальностью, между настоящими решениями и будущими событиями. Рефлексивность означает, что наше мышление активно влияет на события, в которых мы участвуем, и о которых мы думаем. Понятие рефлексивности отражает социальную природу финансового рынка: рынок формируют люди, которые одновременно являются активными участниками процесса ценообразования на нем. Тем самым утверждается, что будущее динамики трендов на финансовом рынке существенно зависит от того, как трейдеры, работающие в ИВГ, оценивают будущее развитие событий в ИВГ (каковы сегодня прогнозы, предпочтения, ожидания и т.п. участников рынка).

Нами предлагается нижеследующий подход к прогнозному моделированию рынка, учитывающий его фрактальность (путем рассмотрения ИВГ) и рефлексивность.

Корректность исследования, требует фиксирования ИВГ, т.к. тренды на различных ИВГ отличаются [4]. Кроме того, для простоты моделирования не будем отличать цены спроса и предложения.

Введем понятие реальной цены исследуемого актива (РЦА). РЦА - цена актива, в которой уже учтены все объективные факторы, участвующие в процессе ценообразования, т.е. та цена, по которой все участники ИВГ заключали бы сделки, если бы они мыслили одинаково и рационально (без учета психологических и иных субъективных особенностей трейдеров).

В рамках предлагаемой подхода к моделированию, условимся считать, что мнение каждого трейдера о будущем значении цены должно учитываться в равной степени, т.е. все мнения трейдеров равноценны при их учете. Будем считать, что цена на ИВГ формируется как усредненное значение инвестиционных предпочтений всех трейдеров, работающих на данном ИВГ.

Условимся также считать, что повышение неоднородности во мнениях трейдеров о соответствии текущей цены РЦА приводит (согласно теории рефлексивности) к изменению действующего тренда в сторону РЦА.

Пусть  $G_i$  -  $i$ -тый ИВГ, имеющийся на рынке, а  $P_j = P_j(t)$  - функция изменения во времени цены по мнению  $j$ -того трейдера (из  $N$  работающих на  $i$ -том ИВГ), участвующего в формировании  $i$ -того ИВГ  $G_i$ . Тогда усредненную (среднюю арифметическую) цену  $P_i$  на  $G_i$  можно найти по формуле:

$$P_i = P_i(t) = \sum_{j=1}^N (P_j(t)) / N \quad (1)$$

В этом случае, проблема нахождения точек «разворота» тренда, которые в основном интересуют трейдеров в прогнозировании трендов, существенно упрощается - нужно лишь найти производную от функции  $P_i(t)$  и приравнять ее нулю ( $\partial P_i(t)/\partial t = 0$ ). Знак второй производной функции  $P_i(t)$  покажет нам, с каким видом «разворота» тренда мы имеем дело: если  $\partial^2 P_i(t)/\partial t^2$  больше нуля, то у нас происходит смена «медвежьего» тренда на «бычий», если меньше нуля - то имеем смену «бычьего» тренда на «медвежий», в случае, когда  $\partial^2 P_i(t)/\partial t^2 = 0$ , имеем точку перегиба функции  $P_i(t)$ , где тренд не меняет своего направления.

Но, к сожалению, на рынке функция цены - дискретна, что не позволяет корректно найти производные функции  $P_i(t)$ . Поэтому будем искать значение усредненной цены  $P_i(t_0)$  за период  $\Delta t$  в момент времени  $t_0$ , используя существующие характеристики, которые дают нам за период  $\Delta t$  официальные котировки [7]: Open - цена открытия периода  $\Delta t$  (где  $\Delta t$  - базовый временной интервал формирования  $G_i$ ), Close - цена закрытия периода  $\Delta t$ , High - максимальная цена за период  $\Delta t$ , Low - минимальная цена за период  $\Delta t$  (т.е. рассматриваются всего 4 мнения трейдеров о значении цены за период времени  $\Delta t$  внутри ИВГ  $G_i$ ).

Хотя они не отражают полностью отношения рынка к цене исследуемого актива и не позволяют узнать, какая цена на рынке за исследуемый период  $[t_0 - \Delta t; t_0]$  была наиболее предпочтительна с точки зрения всей массы трейдеров, но иная информация в режиме реального времени (по итогам анализируемого периода) о рыночных сделках на FOREX участникам, как правило, не доступна.

Поэтому для расчета усредненной цены  $P_{cpk}$  на ИВГ  $G_i$  воспользуемся формулой (1), используя имеющиеся цены-характеристики:

$$P_{cpk} = P_{cpk}(t) = (\text{Close}_k(t) + \text{Open}_k(t) + \text{High}_k(t) + \text{Low}_k(t)) / 4, \quad (2)$$

где  $k$  - номер промежутка  $\Delta t$  за время торговой сессии на ИВГ  $G_i$ , которой соответствует интервал времени  $[\Delta t \cdot (k-1); \Delta t \cdot k]$ .

Временной ряд  $P_{cpk}$  (где  $k$  изменяется от 1 до  $M$ , где  $M = T / \Delta t$ ,  $T$  - общее время длительности торговой сессии) и даст нам дискретный характер изменения усредненной цены на ИВГ  $G_i$ .

Поскольку временной ряд  $P_{cpk}$  невозможно корректно дифференцировать, а любая сглаживающая  $P_{cpk}$  аппроксимация ведет к искажению результатов и, как следствие, к неработоспособности модели, для решения проблемы прогноза поведения полученного усредненного тренда воспользуемся нижеследующим индикатором VM (Volatility Momentum):

$$VM_k = ((\text{High}_k - P_{cpk})^2 + (\text{Low}_k - P_{cpk})^2)^{1/2} / ((\text{Open}_k - P_{cpk})^2 + (\text{Close}_k - P_{cpk})^2)^{1/2} \quad (3)$$

$VM_k$  показывает насколько усредненный тренд, действующий в течение исследуемого  $\Delta t_k$ , становится неоднородным за счет сделок, цены по которым отличаются от общего тренда (в промежутке Open - Close) в сторону High и Low, т.е. насколько  $P_{cpk}$  может отличаться от мнения любого трейдера, работающего на ИВГ  $G_i$ . Чем выше значение  $VM_k$ , тем разнообразнее мнения трейдеров о соответствии текущей цены на исследуемый актив РЦА за период времени  $\Delta t_k$ .  $VM_k$  показывает, насколько мнения отдельных трейдеров о текущем значении цены (завышенном или заниженном по отношению к РЦА) в течение текущего периода  $\Delta t_k$  отличается от мнения основной массы трейдеров, участвовавших в формировании тренда в этом ИВГ (в этом же промежутке времени), выраженном в усредненном значении цены  $P_{cpk}$ .

Волатильность (Volatility) любого инструмента (т.е. изменчивость его цены) принято называть исторической волатильностью (historical volatility), либо иначе статистической (statistical), подчеркивая тем самым, что статистическими методами оценивается прошлая волатильность [8]. Это приводит к внесению в результаты расчета волатильности влияния «эффекта последствия»: то есть событие состоялось «давно», а его влияние на происходящие «сейчас» на рынке процессы еще ощущается. Поэтому такое несоответствие, которое к тому же противоречит Гипотезе эффективного рынка [9], вносит в сам процесс вычисления значения волатильности элемент некорректности.

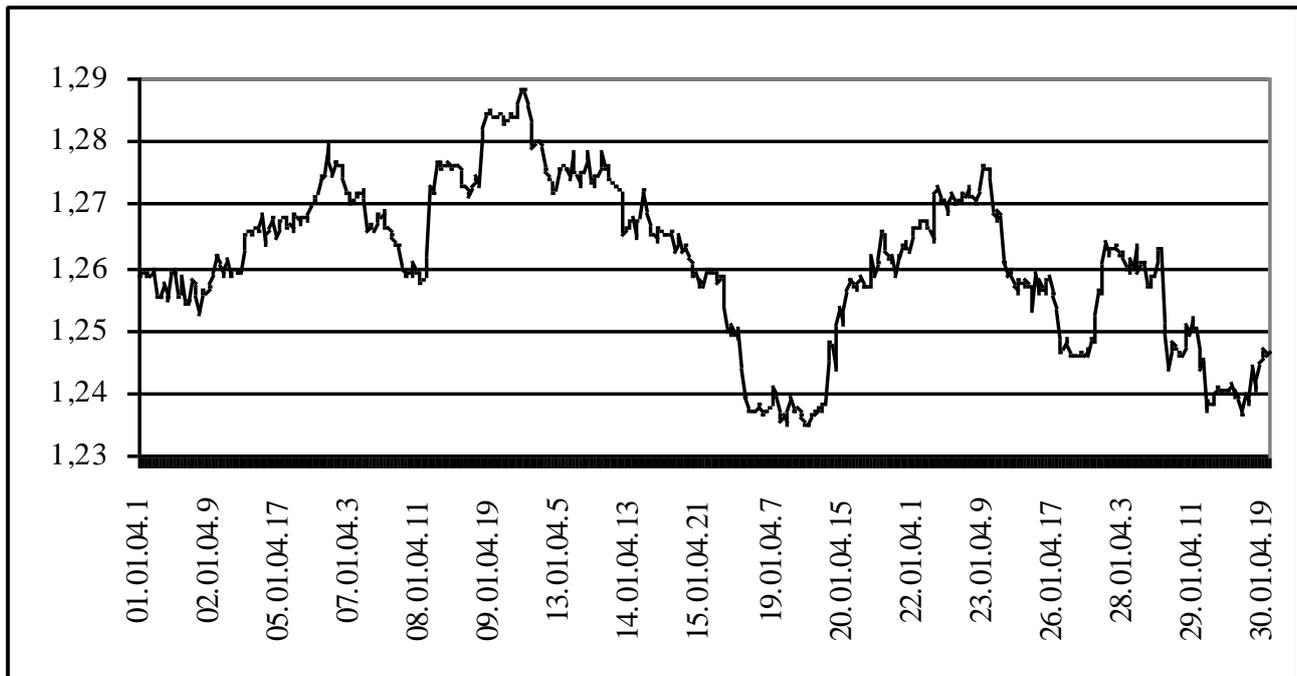
VM отражает, насколько рынок в лице всей массы трейдеров, работающих на ИВГ  $G_i$ , однозначно оценивает будущие перспективы динамики тренда сегодня, сейчас (без учета предыстории, которая уже нашла свое отражение в изменившейся цене). В случае, когда  $VM=1$ , можно говорить о единодушии в прогнозах трейдеров и, следовательно, существующий тренд достаточно надежен с их точки зрения. А когда значение VM существенно превышает 1 можно утверждать, что мнения трейдеров о существующей динамике цены сильно отличаются, и следует ожидать изменений существующего тренда (в следствии рефлексивности рынка).

**III. Результаты.** Предложенная методика была применена к исследованию на FOREX динамики котировок EUR/USD (курс евро по отношению к доллару США) при глубине ИВГ в 1 час (цена  $\Delta t$ ) за январь месяц 2004г [7].

Полученные результаты расчетов значений VM котировок EUR/USD на часовом ИВГ, превышающих 10,0 за период 01.01.04-30.01.04, представлены в таблице:

Дата, часы	Значение VM			Поведение тренда			Прогноз сигнала (часов)
	Накануне	Сегодня	После	Накануне	Сегодня	После	
08.01.2004, 19:00	1,2245	10,0000	1,1656	↑↑	→	↓	1
09.01.2004, 8:00	1,8915	13,0992	1,7337	↓	→	↑↑	3
12.01.2004, 17:00	2,9534	15,3659	4,5149	↓	→	↓	2
13.01.2004, 5:00	1,1554	10,0499	1,5357	↓	→	↓	2
16.01.2004, 8:00	1,5000	14,3178	1,4018	↑	→	↓↓	1
19.01.2004, 22:00	1,7337	10,7424	1,2465	↓	→	↑	2
27.01.2004, 4:00	1,1982	14,0357	6,4031	↓	→	↑	8
28.01.2004, 13:00	2,4949	18,0278	1,1828	↓	→	↑	3
28.01.2004, 15:00	1,1828	14,0000	2,0382	↓	→	↓	6
30.01.2004, 1:00	1,7938	10,7424	5,9858	↓	→	↓	6

Само же поведение тренда котировок EUR/USD на часовом ИВГ, представлено на рисунке (подписи по горизонтальной оси имеют масштаб – день.месяц.год.час):



Примечания к таблице:

1) понятие «Сегодня» в графе «Значение VM» относится к исследуемому k-му промежутку времени ИВГ длиной  $\Delta t$  -  $[\Delta t \cdot k; \Delta t \cdot (k+1)]$ ; понятие «Накануне» относится к промежутку времени  $[\Delta t \cdot (k-1); \Delta t \cdot k]$ ; понятие «После» относится к промежутку времени  $[\Delta t \cdot (k+1); \Delta t \cdot (k+2)]$ ;

2) понятие «Сегодня» в графе «Поведение тренда» относится к анализируемому k-му промежутку времени ИВГ длиной  $\Delta t$  -  $[\Delta t \cdot k; \Delta t \cdot (k+1)]$ ; понятие «Накануне» относится к анализируемому промежутку времени  $[\Delta t \cdot (k-6); \Delta t \cdot k]$ ; понятие «После» относится к анализируемому промежутку времени  $[\Delta t \cdot (k+1); \Delta t \cdot (k+7)]$ . Количество часов анализа для понятий «После» и «Накануне» было выбрано равным 8, поскольку это тот промежуток времени, в течение которого работают, как правило, две или более национальных валютных бирж. И, следовательно, представительство трейдеров на ИВГ существенно выше;

3) знаки «↓», «→» и «↑» означают направление движения тренда, рассчитанное как разность между ценами Open и Close внутри (от 1 до 8 часов) соответствующего периода исследования («Накануне», «Сегодня», «После»). При этом оценивалось изменение значащих цифр соответствующего порядка:

- при изменении значения значащей цифры в 4 и более знаке после запятой ставился знак - «→»;
- при изменении значения значащей цифры в 3 знаке после запятой ставился знак - «↓» или «↑» в зависимости от направления тренда;
- при изменении значения значащей цифры во 2 и менее знаке после запятой ставился знак - «↓↓» или «↑↑» в зависимости от направления тренда (можно назвать такой тренд «сильным»);

4) графа «Прогноз сигнала» показывает, сколько часов прошло с момента роста значения VM, отраженного в таблице в графе «Значение VM/Сегодня», до первого события, отраженного в графе «Поведение тренда/После». Анализ таблицы позволяет сделать следующие выводы:

- VM начинает возрастать ( $VM \gg 1$ ), когда в промежутке времени  $\Delta t$  наблюдается боковой тренд («→»). Это

говорит о том, что среди трейдеров в этот период нет однозначности во мнениях о том, как должна развиваться динамика цены в будущем и каково значение РЦА;

- как правило, вслед за значительным повышением VM следует изменение динамики тренда. Когда  $VM_{\text{Сегодня}}/VM_{\text{После}} > 3$  прогнозируемое событие наступает в ближайшие 1-3 часа, что говорит о том, что трейдеры быстро пришли к согласию относительно величины РЦА и соответствия текущей цены РЦА;
- при  $3 < VM_{\text{Сегодня}}/VM_{\text{После}} < 7,5$  тренд, как правило, не меняет направления, указанного в графе «Поведение тренда/Накануне»;
- при  $7,5 < VM_{\text{Сегодня}}/VM_{\text{После}}$  тренд меняет направление, указанное в графе «Поведение тренда/Накануне», на противоположное;
- когда  $VM_{\text{Сегодня}}/VM_{\text{После}} < 3$  срок наступления прогнозируемого события увеличивается в несколько раз, что говорит о том, что процесс определения РЦА еще продолжается и трейдеры все еще не могут определиться со своим мнением относительно будущей динамики цены (как это было, например, 27.01.2004 в 4:00 и 30.01.2004 в 1:00).

#### IV. Выводы:

- учет фрактальной природы рынка с использованием в качестве фрактальной структуры понятия ИВГ позволяет корректно исследовать процессы на FOREX с целью создания прогнозных моделей поведения трендов;
- использование понятия рефлексивности рынка при моделировании динамики трендов на FOREX (с помощью индекса VM) позволяет создавать работоспособные модели прогноза поведения трендов внутри ИВГ;
- индекс VM позволяет прогнозировать будущее поведение тренда внутри выбранного ИВГ. При этом необходимо следить также за динамикой изменения значения индекса VM, т.к. от скорости изменения  $VM_{\text{Сегодня}}/VM_{\text{После}}$  зависит, насколько качественно будет меняться текущий тренд и насколько быстро произойдет прогнозируемое индексом событие (см. анализ результатов).

#### V. Перспективы дальнейших научных разработок в данном направлении:

- определение периода временных рядов  $P_{\text{срк}}$  для более корректного изучения работы индекса VM;
- разработка более точных критериев прогноза будущей динамики тренда на основании значений VM (особенно для прогноза «разворота» тренда и для прогноза «сильного» тренда);
- определение зависимости минимального значения VM, дающего надежный прогноз будущей динамики тренда, от глубины ИВГ ( $\Delta t$ ).

#### Список использованных источников

1. С. Моисеев. Макроанализ валютного курса: от Касселя до Обстфельда и Рогоффа // Вопросы экономики, № 1, 2004. - с. 49-65.
2. В.Н. Якимкин. Финансовый дилинг. Книга 1 - М.: ИКФ Омега-Л, 2001. - 469с.
3. H.D.Gibson. International finances: exchange rates and financial flows in the international financial system. N.Y., 1996. - p.16
4. М.Ю. Куссий, С.Г. Киселев. Применение теории фракталов в техническом анализе ценообразования на финансовых рынках // Севастополь: Вестник СевГТУ. Вып. 37: Экономика и финансы, 2002. - с.131-138.
5. T.Ouchi, T. Uekava. Statistical analysis of the spatial distribution of earthquakes - variation of the spatial distribution of earthquakes before and after large earthquakes. Phys. of the Earth and Planetary Int., 44(1986), p. 211-225.
6. Дж. Сорос (George Soros). Алхимия финансов. - М.: Инфра-М, 1996. - 415 с.
7. www.forexite.com.
8. Чекулаев М. Риск – менеджмент : управления финансовыми рисками на основе анализа волатильности – М.: Альпина Паблишер, 2002. – 344с.
9. Петерс Э. Хаос и порядок на рынках капитала. Аналитический взгляд на циклы, цены и изменчивость рынка: Пер. с англ. - М.: Мир. 2000. - 333с.

#### Annotation

**Kussy M.Y. The forecasting modelling of dynamics of trends on FOREX with the consideration of fractality and reflexivity of market.**

The methodological approach to the forecasting of dynamics of trend on FOREX with the consideration of fractality and reflexivity of market is proposed in article.

Keywords: trend, fractality, reflexivity, model of the forecasting.

#### Анотація

**Куссий М.Ю. Прогнозне моделювання динаміки трендів на FOREX з урахуванням фрактальності та рефлексивності ринку.**

У роботі пропонується методологічний підхід до моделювання динаміки тренда на FOREX з урахуванням фрактальності та рефлексивності ринку.

Ключові слова: тренд, фрактальність, рефлексивність, модель прогнозування.

\_\_\_\_\_ М.Ю.Куссий