

3.7. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ВАЛЮТНЫХ КУРСОВ НА ОСНОВЕ УЧЕТА ГАРМОНИК В ВОССТАНОВЛЕННЫХ И СГЛАЖЕННЫХ РЫНОЧНЫХ НАБЛЮДЕНИЯХ

Концевая Н.В., к.э.н., доцент кафедры «Экономико-математические методы и аналитические информационные системы»

Финансовый университет при Правительстве РФ

Обоснована необходимость комплексного поэтапного подхода к процедуре прогнозирования основных тенденций валютного рынка. Предложена методика обработки временных рядов, позволяющая выявить волны с периодами, характерными для основных рыночных инструментов. Предложен механизм учета выявленных периодичностей в процедуре прогнозирования динамики рыночных показателей. Приведены результаты исследований исторических данных и результаты численных экспериментов по долгосрочному прогнозированию.

ВВЕДЕНИЕ

Временные ряды финансовых инструментов давно служат объектом исследований одного из самых древних направлений экономико-математического моделирования – финансовой эконометрики, чьи истоки берут начало в XVI в., начиная со времени формирования первых финансовых рынков – источников исходной информации для теоретических и прикладных исследований в этой сфере. Прибыли фондового рынка подробнейшим образом изучались многими известнейшими исследователями: Шарпом (1970), Фридманом и Лейбсоном (1989), Тёрнером и Вейгелем (1990) и др. Исследования валютного рынка не были столь популярны, как исследования фондового, в силу ограниченности исторических данных. В работе рассматриваются возможности поэтапной методики обработки рядов показателей валютного рынка, позволяющей осуществлять прогнозирование динамики показателей на основе учета выборочных значимых гармоник с использованием разложений в ряд Фурье.

Методика

Проблему прогнозирования динамики рыночных показателей предлагается разделить на следующие необходимые этапы решения, которые сформулированы и представлены ниже.

1. Проблема заполнения пропусков в дневных рыночных наблюдениях. Поскольку конечной целью является поиск возможной цикличности на рынке, то волны могут оказаться с периодичностью, не кратной семи (т.е. числу дней в неделе) и 30 (т.е. числу дней в месяце), и, рассматривая, например, недельные наблюдения, можно потерять информацию о периодичности даже в случае ее наличия. Если говорить о заполнении пропусков в дневных рыночных котировках, то объем данных для восстановления устанавливает определенные ограничения на процедуры восстановления. При отсутствии праздничных и неторговых дней внутри рабочей недели, необходимо восстановить два значения (суббота и воскресенье) по пяти наблюдаемым, т.е. с учетом всех праздников станет необходимо добавить около 50% наблюдений к исходным (перейдя от 240 торговых к 365 календарным дням). Корректность выбора метода заполнения в таких условиях становится важнейшей практической задачей. При практических исследованиях показателей валютного рынка [3, с. 262], наилучшие ре-

зультаты при заполнении пропусков были получены при генерации случайных нормально распределенных отклонений от усредненных значений за неделю. Границы интервала распределения отклонений подбирались таким образом, что бы оценки распределения по генеральной совокупности оставались постоянными. Данный способ обработки исходной информации не изменяет ее объективную сущность и делает возможным применение последующих методов моделирования.

2. Проблема предварительной обработки данных. Существует множество методов сглаживания и в каждом методе возможно варьировать размер интервала сглаживания или параметра сглаживания (коэффициента дисконтирования данных). Существующие подходы к проблеме выравнивания данных в целом, эмпирические и выбор окна усреднения субъективен и не подкреплен теоретическими обоснованиями (за исключением экспоненциального скользящего усреднения, который, в свою очередь, имеет весьма ограниченную полезность на практике). Ранее группой авторов был разработан и обоснован метод взвешенного скользящего усреднения с весами, определяемыми на основе многоугольных чисел [1, с. 74-76] и обоснован критерий выбора оптимального окна сглаживания [4, с. 125-127], т.е. критерий адекватности методов скользящего усреднения.

3. После заполнения и сглаживания – возникает проблема разделения на периоды эффективности и неэффективности. Данный этап теоретически возможно реализовать различными способами, например, с использованием разложения Фурье, либо с использованием фрактального подхода, либо на основании волновой теории. В данной работе использован первый подход.

4. Для выделенных периодов – могут быть разработаны рекомендации по разработке торговых стратегий, так как в случае присутствия явной периодичности – становится возможным прогнозирование как общей динамики развития процесса, так и его разворотных точек.

Исследование исходной информации

Основной задачей исследования является выявление значимых гармоник в определенном диапазоне, которые могут быть использованы для прогнозирования основных тенденций рыночных показателей. Для оценки спектра волн, которые могут быть эффективно использованы в торговых стратегиях, рассмотрим показатель Херста [5], характеризующей устойчивостью распределения и меру случайности исследуемых рядов:

$$H = \frac{\log(R/S)}{\log(N)} \tag{1}$$

где

R – максимальный размах накопленных отклонений;

S – стандартное отклонение;

N – количество наблюдений. Случайные блуждания предполагают завтрашнюю равновероятность как прибылей, так и убытков.

Если процесс не является абсолютно случайным, то может иметь место один из двух взаимоисключающих вариантов. Либо процесс персистентный: т.е. если сегодня доходы положительны, то вероятность того, что они будут положительны и завтра – выше вероятности завтрашних убытков. Второй вариант: процесс антиперсистентный, т.е. если сегодня цены актива выросли, то более вероятно, что завтра они упадут, чем ес-

ли они будут продолжать расти. Для оценки наличия одного из выше обозначенных вариантов рассмотрим устойчивость показателя нормированного размаха (показатель Херста) H . Для соответствующего исследования был создан ряд из 11 150 однодневных логарифмических прибылей, используя данные о дневных ценах открытия USD/CHF (более 40 лет наблюдений), GBR/USD и USD/JPY (с 1 июня 1972 г. до 4 апреля 2011 г.). Это три единственных курса котировок ведущих мировых валют, имеющие такую длительную историю наблюдений. Для сравнения котировки были преобразованы в логарифмические первые разности в ценах открытия и пронормированы. Далее были созданы ряды двухдневных, пятидневных, десятидневных и т.д. прибылей, последний интервал между наблюдениями составляет 720 торговых дней. «Дыры» от праздников и выходных были проигнорированы, не считаясь торговыми днями. Результаты для средних значений для курса USD/CHF представлены на рис. 1. (логарифмический масштаб).

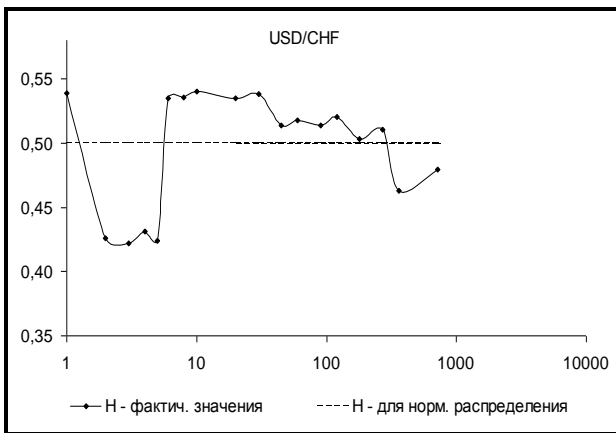


Рис. 1. Показатель Херста для курса USD/CHF

Для случайного процесса $H = 0,5$, если этот показатель выше, то это означает наличие персистентности и наоборот. Таким образом, пока диапазон между наблюдениями не становится меньше семи и больше 500 дней (см. рис. 2), соответствующие изменения котировок не совсем случайны (H больше, чем это разрешено теорией). При превышении этого интервала процесс становится антиперсистентный и неустойчивый. Для других пар валют ситуация аналогичная (рис. 2).

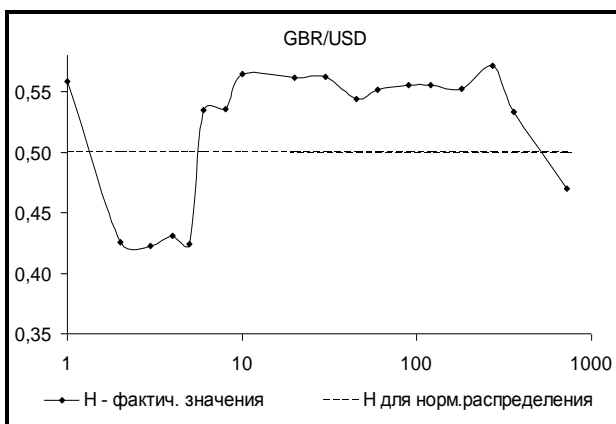


Рис. 2. Показатель Херста для курса GBR/USD

Для того, что бы предположить существование длинных волн (мега-циклов) – необходимо исследовать динамику показателя нормированного размаха (составляющего показатель H) во времени. Для исследования динамики нормированного размаха, рассмотрим ряд из 8 163 однодневных логарифмических прибылей, используя данные о дневных ценах закрытия USD/CHF (более 30 лет наблюдений с 1973 г.). Котировки данной валютной пары были преобразованы в логарифмические первые разности в ценах закрытия и затем пронормированы. Нормированный размах, образуемый из ежедневных прибылей внутри каждого года наблюдений для курса JPY/USD, изображен на рис. 3.

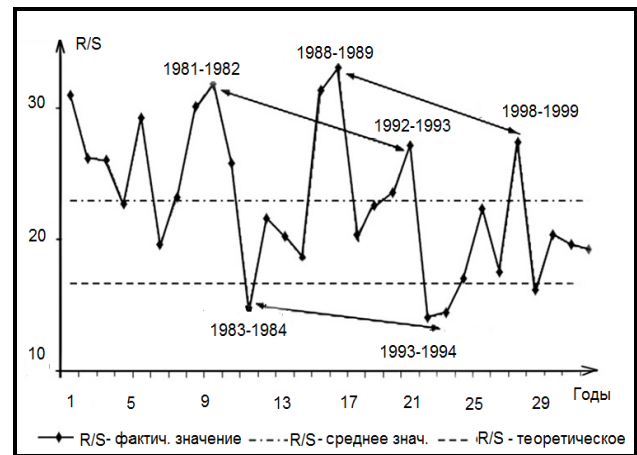


Рис. 3. Динамика нормированного размаха во времени

Из анализа полученной динамики следует, что большую часть времени рассматриваемый процесс являлся персистентным, причем наивысшие максимумы и минимумы появляются примерно через определенные периоды времени 10-11 лет. Выдвигать предположения о наличии цикличности следует очень осторожно в связи с небольшой историей наблюдений. Но, можно разбить исходную базу наблюдений на интервалы большего размера и определить наличие аномальных значений на протяжении отдельных интервалов. Косвенно это будет подтверждать наличие циклов, если размер соответствующих интервалов будет в определенном соотношении с периодом в 10-11 лет. Подобное исследование было проведено и выделен интервал около 5,5 лет, результаты распределения R/S представлены на рис. 4.

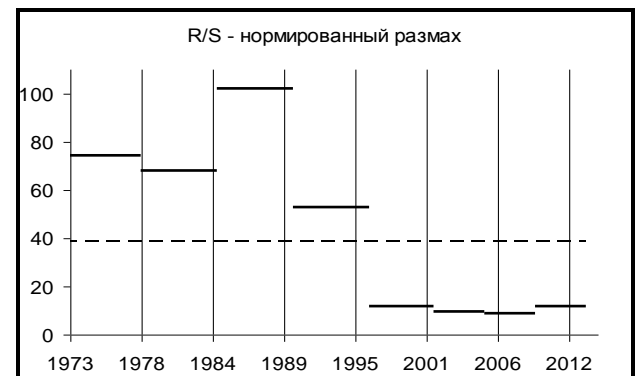


Рис. 4. Распределения R/S на разных временных интервалах

На рис. 4 представлены значения показателя нормированного размаха не по годам, а по интервалам в 5,5 года, выбранным в качестве предполагаемой кратной составляющей периода закономерных изменений. При расширении исходной базы до максимально возможной (все 40 лет существования свободного валютного рынка) присутствие цикличности можно отвергнуть, разделив все время существования валютного рынка на два исторических периода – до конца 1990-х и после, когда арбитражные возможности с большой скоростью нивелируются участниками в результате использования современных компьютерных технологий, что в свою очередь объясняет антиперсистентность рыночной динамики.

Вероятно, что период 1985-1990 гг. был по сути аномальным (экономический и фондовый бум и, как следствие, биржевой крах, что отразилось и на валютном рынке), т.е. завышенное значение показателя нормированного размаха, может являться следствием влияния аномального значения показателя внутри одного интервала на весь период исследования при усреднении. Историческая база для исследований была увеличена в 1,5 раза для оценки корректности предварительных выводов.

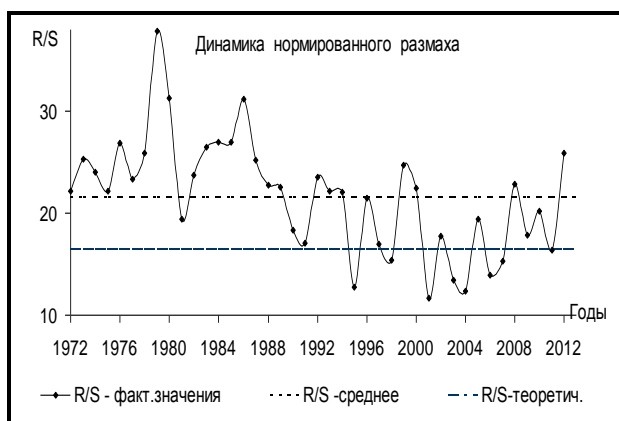


Рис. 5. Динамика нормированного размаха во времени

Анализ динамики нормированного размаха по годам (данные за 40 лет) не позволяет в явном виде выявить ни присутствие основной тенденции, ни наличие периодичности. Единственный вывод, который можно сделать – это обосновать преобладание антиперсистентности в рыночных процессах в течение последних 20 лет, что можно объяснить внедрением в повседневную жизнь и практику интернет-технологий, позволяющих оперативно реагировать участникам рынков на любые появляющиеся арбитражные возможности. Вывод: вследствие отсутствия нормального распределения прибылей на валютном рынке, можно эффективно использовать не только персистентность, но и антиперсистентность динамики рыночных показателей, в связи с отсутствием равновероятности возможных будущих состояний рынка.

Оценим наличие предполагаемой периодичности, используя разложение Фурье, проведя спектральный анализ наблюдений курса доллара к швейцарскому франку. Функции тренда, имеющие периодический характер, часто являются тригонометрическими или могут быть выражены в виде линейной комбинации последних. Временной ряд можно представить в виде линейной комбинации, коэффициентами в которой служат триго-

нометрические функции (например [5]), т.е. выборочные тригонометрические коэффициенты a_k и b_k .

$$X_t = a_0 + \sum_{k=1}^q (a_k \cos 2\pi f_k (t-1) + b_k \sin 2\pi f_k (t-1))$$

где

$$t = 1, 2, \dots, N;$$

$$a_0 = \bar{X}, \quad \bar{X} = \sum_{t=1}^N X_t / N; \tag{2}$$

$$a_k = 2/N \left[\sum_{t=1}^N x_t \cos 2\pi f_k (t-1) \right];$$

$$b_k = 2/N \left[\sum_{t=1}^N x_t \sin 2\pi f_k (t-1) \right]; \tag{3}$$

$$f_k = K/N;$$

$$q = \begin{cases} N/2, & \text{если } N - \text{четное;} \\ (N-1)/2, & \text{если } N - \text{нечетное.} \end{cases} \tag{4}$$

Мощность каждой гармоник равна:

$$R_k^2 = a_k^2 + b_k^2. \tag{5}$$

Экспериментальная часть

Данные этапы исследования были реализованы для трех основных валютных курсов с самой большой историей наблюдений, т.е. для пар американский доллар к швейцарскому франку, британского фунта к американскому доллару и американского доллара к японской иене. Общая историческая база составила более 40 лет в дневных наблюдениях.

Для каждой валютной пары на первом этапе было произведено восстановление пропущенных наблюдений на основе метода рандомизации [3]. На втором этапе было произведено сглаживание по методу модифицированного взвешенного усреднения с нелинейными коэффициентами [1] при интервале сглаживания 7 дней (обоснование размера интервала см. в [4]). Данное сглаживание применялось повторно 35 раз с целью дополнительной очистки от незначительных флуктуаций. В результате очищенные данные оказываются смещенными от фактических наблюдений на 210 дней, большее смещение не представляется полезным, т.к. не позволит выделить явные волны с периодов менее 200 дней, что снижает практическую пользу от предлагаемой методики. В случае меньшего количества процедур усреднения не происходит качественной очистки, достаточной для выявления подходящих гармоник (теоретическое обоснование будет приведено далее).

После расчета сглаженных значений производится разложение Фурье окончательного временного ряда с целью выявления значимых гармоник и в случае совпадения их периодов для различных валютных пар, можно будет считать их наличие обоснованным и полезным для возможного прогнозирования как основной динамики, так и ее поворотных точек.

Для примера рассмотрим результаты разложения Фурье для валютной пары американский доллар – японская иена подробно. Восстановленный и сглаженный временной ряд был разбит на три периода примерно по 4 500 наблюдений для выявления на каждом участке гармоник похожей периодичности. Разбиение исходного ряда на две части можно считать нецелесообразным, т.к. с 1991 г., после широкого распростране-

ния интернет-технологий, принципы новых функциональных возможностей торговли преобразили финансовые рынки коренным образом, сделав традиционные подходы к разработке торговых систем не эффективными и исключив многие арбитражные возможности.

В табл. 1 представлены результаты разложения Фурье данной валютной пары с 1971 по 1984 г. до сглаживания. В табл. 1 гармоники ранжированы по мощности и приведены основные статистически значимые результаты.

Таблица 1

**РАЗЛОЖЕНИЕ ФУРЬЕ ДЛЯ ПАРЫ USD/JPY
ЗА ПЕРИОД 1971-1984 гг.
(ДАННЫЕ ДО СГЛАЖИВАНИЯ, ПРЕДСТАВЛЕНЫ
САМЫЕ ЗНАЧИМЫЕ ГАРМОНИКИ)**

Таблица гармоник			До сглаживания первые 4 500 наблюдений		
№	Порядок гармоники	Мощность	a(i)	b(i)	Период
1	1	1542,69	14,86	36,36	4 498
2	2	191,93	-12,79	-5,31	2 249
3	5	184,36	10,70	8,36	900
4	4	80,55	-6,53	6,15	1 125
5	3	68,97	7,86	2,68	1 499
6	7	61,09	2,72	7,33	643

В табл. 2 представлены аналогичные результаты исследования сглаженных данных. Обращает на себя внимание изменившийся порядок гармоник при ранжировании, т.е. увеличивается статистическая значимость более мелких периодов (их определение и было целью исследования на данном этапе). Т.о. повысилась значимость таких периодов, как 899 дней, 642 дня и более мелких.

Таблица 2

**РАЗЛОЖЕНИЕ ФУРЬЕ ДЛЯ ПАРЫ USD/JPY
ЗА ПЕРИОД 1971-1984 гг.
(ДАННЫЕ ПОСЛЕ СГЛАЖИВАНИЯ,
ПРЕДСТАВЛЕНЫ ЗНАЧИМЫЕ ГАРМОНИКИ)**

Таблица гармоник			Сглаживание 35 раз по 7 дням		
№	Порядок гармоники	Мощность	a(i)	b(i)	Период
1	1	1577,27	13,64	37,30	4 498
2	5	207,45	8,58	11,57	900
3	2	163,08	-10,76	-6,87	2 249
4	3	88,74	8,38	4,30	1 499
5	7	64,49	0,32	8,02	643
6	4	64,20	-6,71	4,38	1 125

Таблица 3

**РАЗЛОЖЕНИЕ ФУРЬЕ ДЛЯ ПАРЫ USD/JPY
ЗА ПЕРИОД 1984-1997 гг. (ДАННЫЕ ДО
СГЛАЖИВАНИЯ, ПРЕДСТАВЛЕНЫ
ЗНАЧИМЫЕ ГАРМОНИКИ)**

Таблица гармоник			До сглаживания от 4500 до 9000 наблюдений		
№	Порядок гармоники	Мощность	a(i)	b(i)	Период
1	2	1 115,13	21,70	25,39	2 251
2	1	952,10	14,16	27,41	4 502
3	3	465,45	6,94	20,43	1 501
4	5	190,30	2,73	13,52	900
5	4	157,69	3,89	11,94	1 126
6	6	78,07	-2,78	8,39	750
7	7	63,56	-2,83	7,45	643

Предварительный вывод, возможный на этом этапе, может быть сделан следующий: сглаживание исходных данных усиливает значимость некоторых гармоник относительно небольших периодов. Поскольку разложение Фурье чувствительно к размеру исходной выборки (т.к. более мелкие гармоники определяются путем кратного деления исходной совокупности) будем незначительно менять число дней в исследуемой выборке. Следующий интервал для исследования с 1984 по 1997 г.

В табл. 3 представлены результаты до сглаживания, в табл. 4 – после.

Поскольку ряд выбран бошей длины, размеры периодов незначительно отличаются, но значимость периодов в 900 и примерно 640 дней оказывается, как и на предыдущем участке наблюдений, выше ожидаемой.

Таблица 4

**РАЗЛОЖЕНИЕ ФУРЬЕ ДЛЯ ПАРЫ USD/JPY
ЗА ПЕРИОД 1984-1997 гг.
(ДАННЫЕ ПОСЛЕ СГЛАЖИВАНИЯ,
ПРЕДСТАВЛЕНЫ ЗНАЧИМЫЕ ГАРМОНИКИ)**

Таблица гармоник			Сглаживание 35 раз по 7 дням		
№	Порядок гармоники	Мощность	a(i)	b(i)	Период
1	2	1 230,92	20,85	28,22	2251
2	1	1 031,61	15,03	28,39	4502
3	3	499,60	5,46	21,68	1501
4	5	200,52	0,84	14,14	900
5	4	177,76	3,31	12,92	1126
6	6	62,15	-3,16	7,22	750
7	7	47,19	-3,24	6,06	643

Аналогичные результаты наблюдаются после сглаживания с той разницей, что мощность некоторых гармоник возрастает. Но более мелкие гармоники в ранжировке отличаются от предыдущей таблицы. Таким образом, сглаживание практически не меняет вес основных гармоник, но позволяет обратить внимание на более мелкие периодичности.

Следующий период для исследования – с 1997 г. по 2009 г. Как следует из табл. 5, в это время гораздо большим весом, в сравнении с предыдущими периодами, обладают более мелкие волны – с периодами в 450, 375, 300 и 264 дня. Возможно, появление коротких волн объясняется возросшим количеством как участников, так и производных рыночных инструментов. Так же, большую роль в рыночных трансформациях могло сыграть введение единой европейской валюты.

Таблица 5

**РАЗЛОЖЕНИЕ ФУРЬЕ ДЛЯ ПАРЫ USD/JPY
ЗА ПЕРИОД 1997-2009 гг.
(ДАННЫЕ ДО СГЛАЖИВАНИЯ)**

Таблица гармоник			До сглаживания от 900 до 13 500 наблюдений		
№	Порядок гармоники	Мощность	a(i)	b(i)	Период
1	3	106,11	-4,74	9,15	1 500
2	4	17,94	-3,71	2,04	1 125
3	1	14,06	-0,65	3,69	4 500
4	10	8,64	1,16	2,70	450
5	12	6,80	0,02	2,61	375
6	15	5,57	2,23	0,77	300
7	17	4,36	1,36	1,59	265

Результаты разложения после сглаживания на том же периоде наблюдений, представленные в табл. 6 аналогичны предыдущим, повышая статистическую значи-

мость крупных волн и незначительно изменяя порядок в ранжировке мелких периодичностей (например, периодичность размером в 300 дней).

На следующем этапе в качестве исходной базы выбраны 20 лет наблюдений – с 1990 г. по 2009 г. и проверено наличие мелких (период менее 1000 дней) волн (табл. 7). Все дальнейшие результаты представлены только для сглаженных значений.

Таблица 6

**РАЗЛОЖЕНИЕ ФУРЬЕ ДЛЯ ПАРЫ USD/JPY
ЗА ПЕРИОД 1997-2009 гг.
(ДАННЫЕ ПОСЛЕ СГЛАЖИВАНИЯ)**

Таблица гармоник		Сглаживание 35 раз по 7 дням			
№	Порядок гармоник	Мощность	a(i)	b(i)	Период
1	3	102,36	-6,11	8,06	1500
2	4	15,36	-3,78	1,05	1125
3	1	13,66	-0,55	3,65	4500
4	10	8,85	-0,43	2,94	450
5	15	6,59	0,84	2,43	300
6	12	6,21	-1,53	1,96	375
7	17	4,56	-0,58	2,06	265

Таблица 7

**РАЗЛОЖЕНИЕ ФУРЬЕ ДЛЯ ПАРЫ USD/JPY
ЗА ПЕРИОД 1990-2009 гг.**

Таблица гармоник						
№	Порядок гармоник	Мощность	a(i)	b(i)	Период	F-значение
1	2	83,28	7,55	5,12	3600	1 073,96
2	3	73,63	0,42	8,57	2400	917,86
3	4	52,89	-7,20	1,02	1800	615,05
4	5	44,79	2,24	6,31	1440	507,59
5	7	16,88	0,92	4,01	1029	175,82
6	9	11,17	1,49	2,99	800	114,48
7	10	10,37	-0,11	3,22	720	106,01
8	15	8,49	-1,35	2,58	480	86,30
9	14	7,14	-0,33	2,65	514	72,31
10	17	4,97	-1,30	1,81	424	50,04

В табл. 7 приведены статистически значимые гармоник и, из мелких, обращают на себя внимание волны с периодом в 480, примерно в 423 и 514 дня. В табл. 8 представлены аналогичные результаты для большей выборки – с 1990 г. по 2011 г.

Таблица 8

**РАЗЛОЖЕНИЕ ФУРЬЕ ДЛЯ ПАРЫ USD/JPY
ЗА ПЕРИОД 1990-2011 гг. (7 500 НАБЛЮДЕНИЙ)**

№	Порядок гармоник	Мощность	a(i)	b(i)	Период	F-значение
1	3	116,49	0,39	10,79	2 583	1 394,94
2	4	108,90	-5,87	8,63	1 938	1 274,10
3	2	56,93	5,08	5,58	3 875	575,68
4	5	28,94	4,96	2,09	1 550	272,73
5	6	13,85	-0,98	3,59	1 292	125,88
6	10	11,45	0,50	3,35	775	103,48
7	11	10,77	-0,82	3,18	705	97,17
8	8	10,26	-0,90	3,07	969	92,49
9	16	8,60	-0,82	2,82	484	77,19
10	15	8,05	-0,28	2,82	517	72,19
11	18	6,77	-1,17	2,32	431	60,51

Очевидно, что последние годы не внесли серьезных коррекций в преобладание волн определенной периодичностью (примерно 480, 520 и 430 дней). Точный размер периодов определить затруднительно, так как

он зависит от числа исходных данных, ограниченный объем которых не позволяет выявить все целочисленные значения.

Меняя историческую базу для анализа и размер выборки, можно убедиться в присутствии ранее выявленных волн и определить более мелкие значимые гармоник. Целью проводимого исследования является выявление волн как можно меньшего периода (но не ниже 200 дней), так как именно их учет может быть наиболее полезен при краткосрочном прогнозировании динамики и оптимизации управленческих торговых решений. В табл. 9 представлены результаты обработки выборки из 6600 наблюдений, начиная с 1993 г.

Таблица 9

**РАЗЛОЖЕНИЕ ФУРЬЕ ДЛЯ ПАРЫ USD/JPY
ЗА ПЕРИОД 1993-2011 гг. (6 600 НАБЛЮДЕНИЙ)**

№	Порядок гармоник	Мощность	a(i)	b(i)	Период	F-значение
1	1	112,58	-10,42	1,99	6 600	2 035,66
2	4	92,26	7,06	6,52	1 650	1 500,99
3	2	24,49	-4,79	-1,26	3300	298,59
4	7	8,31	-0,67	2,80	943	95,59
5	20	7,26	1,41	2,29	330	83,21
6	5	6,34	-1,62	1,93	1320	72,44
7	14	6,24	1,31	2,13	471	71,27
8	8	2,77	-1,48	0,76	825	31,25
9	18	2,58	-0,12	1,60	367	29,09
10	21	2,21	-0,37	1,44	314	24,90
11	22	2,13	1,42	0,34	300	24,00

Последняя таблица позволяет, помимо обозначенных выше периодов в 470-480 дней, выявить гармоник меньших периодов – в 300, 330 и 370 дней.

Следующим этапом является разработка способа учета выявленных закономерностей (которые не будут выявляться ни в недельных, ни в месячных данных) при возможном прогнозировании, как основных тенденций, так и точек разворота ведущих рыночных показателей.

Результаты и использование метода для прогнозирования

Рассмотрим три основные валютные пары в динамике, начиная с 1990 г. (как уже говорилось ранее 1989-1990 гг. явились переломными, поэтому предыдущую историю не имеет смысла рассматривать, если целью ставится прогнозирование динамики). Таким образом, с 1990 г. по 2011 г., имеем более 8 тыс. наблюдений. В графическом формате результаты разложения Фурье представлены на рис. 6-8.



Рис. 6. Разложение в ряд Фурье данных USD/JPY

Представленные диаграммы позволяют сделать вывод о наличии общей цикличности в рассматриваемых валютных парах разной периодичности. Учет всех значимых гармоник позволяет только в среднем оценить предполагаемую общую тенденцию на ближайшие годы в каждой валютной паре. В целом, можно ожидать роста американского доллара против йены и швейцарского франка в ближайшие несколько лет. В среднем, предполагаемый период основного цикла, выявленный на ограниченных исторических данных, составляет около 7,5 лет для пары фунт-доллар и доллар-йена и около 20 лет в паре доллар-франк (или отсутствие большого цикла в данной валютной паре, рис. 8).



Рис. 7. Разложение в ряд Фурье данных GBR/USD

Учет всех значимых гармоник позволяет оценить мега-цикл каждой валютной пары и сформировать представление о будущей долгосрочной динамике. Рассмотрим ранжированные гармоники в паре в каждой паре за весь период и отберем относительно короткие волны, при условии их повторения в каждой паре.

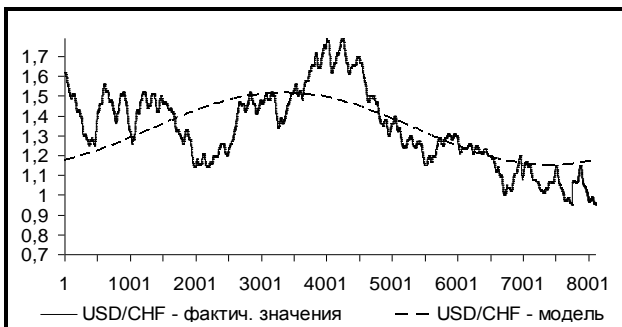


Рис. 8. Разложение в ряд Фурье данных USD/CHF

В табл. 10-12 представленные гармоники и подчеркнутым курсивом выделены статистически значимые гармоники с периодом от 250 до 500 дней, встречающиеся в основных валютных парах.

Таблица 10

ОТОБРАННЫЕ ГАРМОНИКИ В ПАРЕ USD/CHF

№	Порядок гармоники	Мощность	<i>a(i)</i>	<i>b(i)</i>	Период	F-значение
11	22	0,00	-0,02	0,01	369	27,40
12	19	0,00	0,00	0,02	427	25,15
13	17	0,00	-0,01	0,02	478	24,94
19	26	0,00	0,01	0,01	312	10,45
23	32	0,00	0,01	0,00	254	6,93

Как следует из табл. 10, наибольшим весом из коротких волн обладает период в 427 дней, 312 и 253 дня. Поскольку во всех основных рыночных показате-

лях эти волны значимы, аппроксимируем анализируемые сглаженные временные ряды используя только 2 основные гармоники, характеризующие мега-цикл и только три вышеперечисленные короткие, характерные для всех рыночных инструментов.

Таблица 11

ОТОБРАННЫЕ ГАРМОНИКИ В ПАРЕ GBR/USD

№	Порядок гармоники	Мощность	<i>a(i)</i>	<i>b(i)</i>	Период	F-значение
14	19	0,00	0,02	-0,01	427	29,82
20	32	0,00	-0,01	0,01	254	15,13
23	17	0,00	0,00	-0,01	478	10,69
24	31	0,00	0,00	0,01	262	10,54
26	26	0,00	0,00	0,01	312	7,76

Данные, приведенные в табл. 10-12, продублируем в графическом формате и убедимся в наличии экстремальных периодичностей указанной длины.

Таблица 12

ОТОБРАННЫЕ ГАРМОНИКИ В ПАРЕ USD/JPY

№	Порядок гармоники	Мощность	<i>a(i)</i>	<i>b(i)</i>	Период	F-значение
10	17	5,60	0,54	2,30	478	49,14
12	19	4,38	-0,26	2,08	427	38,34
13	22	3,40	-1,26	1,34	369	29,74
20	32	1,30	0,94	0,65	254	11,28
22	26	1,09	0,39	0,97	312	9,49

Как следует из рис. 9-11, периоды в 478, 427, 312 дней и 254 дня, действительно, характерны для коротких (не более 500 дней) волн на всех периодограммах.

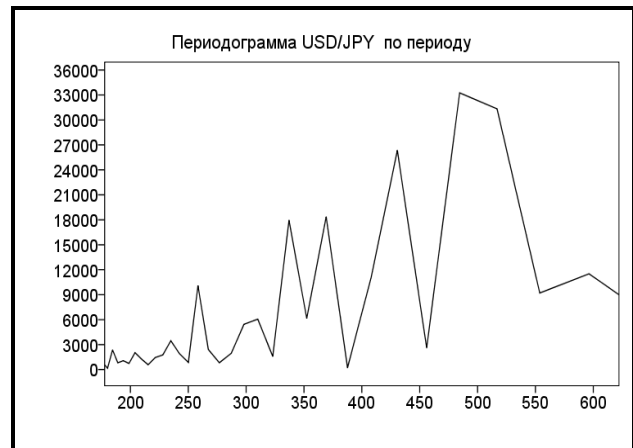


Рис. 9. Фрагмент периодограммы для USD/JPY



Рис. 10. Фрагмент периодограммы для USD/CHF

Изменяя число наблюдений в исходной выборке можно усиливать мощность отдельных гармоник, выделяя из них наиболее значимые.

В силу того, что объем исходной информации ограничен – точную длину каждой из коротких волн определить не представляется возможным, но можно, анализируя локальные экстремумы на рис. 9-11, определить наиболее подходящий размер выборки для разложения в гармонический ряд.

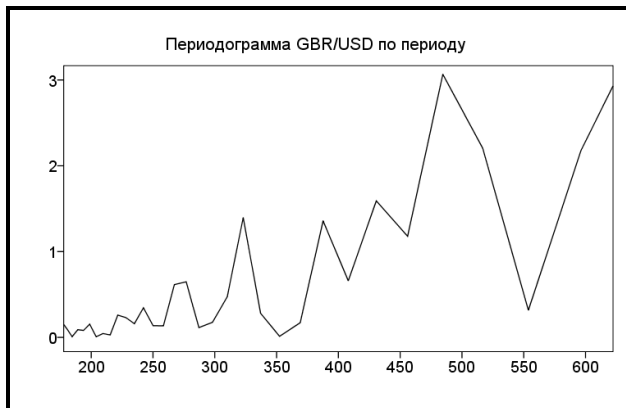


Рис. 11. Фрагмент периодограммы для GBR/USD

В качестве эксперимента составим аппроксимирующий исходные данные периодический процесс, учитывая только две основные гармоники (мега-цикл) и три волны небольшого периода, которые обладают наибольшей мощностью среди коротких (например, с периодом не более 700 дней). Большее количество волн отбирать нецелесообразно, так как мелкие волны при объединении в композицию, гасят друг друга, удаляя из аппроксимирующего процесса искомые закономерности. Более того, интересным представляется вариант с усилением веса мелких гармоник, но в данной работе этот вопрос не рассматривается. В результате предлагаемого подхода получаем аппроксимирующий ряд (на рис. 12 имеющий название «гармоники»).



Рис. 12. Пример учета выборочных значимых гармоник

В силу стохастичности исходного процесса качественная аппроксимация невозможна, но, и это главное, такой подход дает возможность оценивать время перелома тенденций в динамике рыночных показателей и прогнозировать направление будущей динамики.

Для примера рассмотрим курс доллара к швейцарскому франку, выбрав интервал 5 760 наблюдений (с

начала 1995 г.). Количество архивных данных уменьшено с целью наиболее точно определить периоды коротких волн, которые, вообще говоря, на разных периодах наблюдения обладают разным весом, и, если нас интересует прогноз будущих тенденций, то сдвиг исходной базы для разложения оправдан. В следующей таблице (табл. 13) выделены те гармоники, которые входят в аппроксимирующую модель.

Таблица 13

РАЗЛОЖЕНИЕ В РЯД ФУРЬЕ И ВЫБОР ГАРМОНИК ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Порядок гармоники	Мощность	a(i)	b(i)	Период	F-значение
1	0,06	-0,18	0,18	5760	12085,76
3	0,00	-0,01	0,07	1920	172,28
2	0,00	-0,02	-0,06	2880	134,94
4	0,00	0,00	-0,04	1440	51,98
5	0,00	0,02	-0,02	1152	27,63
9	0,00	0,01	0,02	640	26,14
7	0,00	0,00	0,02	823	22,32
15	0,00	-0,01	0,02	384	16,25
10	0,00	0,02	0,00	576	13,85
22	0,00	0,00	0,02	262	12,38

На рис. 13 представлен фрагмент расчетов с исходными данными без пропусков, сглаженными с помощью предложенного в работе взвешенного усреднения с нелинейными коэффициентами и аппроксимирующего ряда, состоящего из нескольких гармоник (в данном случае из пяти).



Рис. 13. Результаты моделирования с учетом выбранных гармоник



Рис. 14. Прогнозирование по построенной модели

Рис. 13 позволяет не только убедиться в соответствии расчетного ряда и исходного временного ряда, но и заметить опережающий эффект ряда сформированного с использованием соответствующих гармоник.

Попробуем использовать этот ряд для прогнозирования динамики в данной валютной паре, например, на 2 года вперед (около 700 наблюдений).

Результаты долгосрочного прогнозирования представлены на рис. 14. Поскольку в данном примере рассматриваются исторические данные 1999-2006 гг., можем сравнить спрогнозированную динамику с реальным ходом истории.



Рис. 15. Сравнение ретро-прогноза с реальными данными

Результаты, представленные на рис. 15 позволяют убедиться в корректности сделанного прогноза. Естественно, такая точность прогнозирования не наблюдается на всех временных промежутках, но в целом дает возможность оценить направление будущей динамики при долгосрочном прогнозировании.

Таким образом, предлагаемый комплексный подход к задаче оценивания тенденций валютного рынка позволяет решать задачи прогнозирования, как сложившихся трендов, так и их возможных разворотов.

Литература

1. Агранович Ю.Я. и др. Метод многоугольных чисел в процедуре сглаживания временных рядов и приложения к исследованию финансовых рынков [Текст] / Ю.Я. Агранович, Н.В. Концевая, В.Л. Хацкевич // Экономика и математические методы. – 2010. – Т. 46 ; вып. 3. – С. 71-81.
2. Зигмунд А. Тригонометрические ряды [Текст] / А. Зигмунд ; под ред. Н.К. Барии. – М. : Мир, 1965.
3. Концевая Н.В. Метод рандомизации заполнения пропусков во временных рядах при исследовании рыночных показателей [Текст] / Н.В. Концевая // Системы управления и информационные технологии. – 2012. – №2. – С. 259-263.
4. Концевая Н.В. Оптимизация процедур сглаживания показателей финансовых рынков [Текст] / Н.В. Концевая // Аудит и финансовый анализ. – 2011. – №1. – С. 122-127.
5. Петерс Э. Фрактальный анализ финансовых рынков [Текст] / Э. Петерс. – М. : Интернет-трейдинг, 2004.

Ключевые слова

Моделирование; финансовые рынки; спектральный анализ; прогнозирование; нормированный размах; цикличность; периодичность.

Концевая Наталья Валерьевна

РЕЦЕНЗИЯ

Актуальность темы обусловлена тем, что российская экономика все более активно интегрируется в мировую экономику, что предполагает как использование математического инструментария, применяемого развитыми странами и международными организациями в финансовой практике, так и разработку собственных оригинальных экономико-математических моделей. Неожиданное для многих специалистов начало мирового кризиса, произошедшее на фоне благоприятных прогнозов мировых аналитических агентств, свидетельствует об отсутствии общепринятых методов анализа и моделирования рынка, позволяющих устойчиво прогнозировать цикличность его изменений.

В данной работе имеет место разработка метода спектрального анализа валютного рынка на базе восстановленных и сглаженных данных. Описаны этапы решения проблем (четыре проблемы). Данные этапы исследования были реализованы для трех основных кросс-курсов с самой большой историей наблюдений. Даны примеры и результаты разложения данных.

Для примера показано использование восстановления пропусков и скользящего усреднения, как инструмента для выявления цикличности и прогнозирования тенденций валютного рынка.

Научная новизна и практическая значимость. Рецензируемая статья содержит следующие значимые с практической точки зрения авторские идеи: предложен метод отбора и учета статистически значимых гармоник, полученных на базе сглаженных временных рядов рыночных показателей, позволяющий строить модели прогнозирования, как основных тенденций рыночных показателей, так и разворотных точек основных тенденций. Рассмотрена поэтапная процедура прогнозирования динамики основных показателей валютного рынка, причем результаты проведенного исследования подтверждают результаты, полученные ранее автором в этом направлении, что добавляет значимость предлагаемому автором подходу к процедуре прогнозирования временных рядов.

Заключение. Рецензируемая статья отвечает всем требованиям, предъявляемым к научным публикациям, и может быть рекомендована к опубликованию.

Угрозев В.В., д.ф.м.н., профессор, зав. кафедрой «Экономико-математические методы и аналитические информационные системы» ФГБОУ ВПО «Финансовый университет при Правительстве РФ»