

А.А. МУСАЕВ

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ФОНДОВЫХ И ВАЛЮТНЫХ РЫНКОВ

Мусаев А.А. Корреляционный анализ процессов изменения состояния фондовых и валютных рынков.

Аннотация. Рассмотрена задача установления взаимосвязи между изменениями валютного и фондового рынка. Цель исследований – установить принципиальную возможность восстановления и прогнозирования изменения состояния одного рынка по траекториям изменения котировок другого. Установлены особенности изменения корреляционных характеристик в зависимости от размера окна наблюдений, используемого для их оценки.

Ключевые слова: Корреляционный анализ, индексы фондовых рынков, валютный рынок.

Musaev A.A. The correlation analysis of processes of share and currency markets states evolution.

Abstract. The problem of interrelation between changes of currency and stock markets is considered. The purpose of researches is to establish basic possibility of restoration and forecasting of one market state evolution on quotations trajectories of another market. Features of correlation characteristics changes depending on the size of an observations window used for their estimation are established.

Keywords: correlation analysis, indexes of stock markets, currency market.

1. Введение. Основной задачей настоящей работы является ответ на вопрос о наличии взаимных влияний различных срочных рынков. Задача рассматривается на примере анализа совместной динамики изменения значений индексов фондовых рынков и основных валютных котировок рынка «Форекс». Интерес к данной задаче связан с гипотезой о различной инерционности процессов, протекающих на указанных рынках по отношению к внешним возмущающим факторам.

С точки зрения технического анализа, генезис внешних возмущений не столь существенен. Это могут быть потоки экономических, политических, военных, социальных или иных новостей. Важным являются не первопричины значимых вариаций состояний рынков, а их результат. Как правило, возникновение существенной новости приводит к изменению текущих динамических характеристик на обоих рассматриваемых рынках. Однако специфика тех или иных новостей может отражаться на изменениях состояний рынков, их реакция может обладать различной инерционностью. Наличие корреляционных связей

между характеристическими индикаторами различных рынков позволяет осуществлять взаимную регрессионную оценку состояния одного рынка по результатам наблюдений за состоянием другого рынка. Рас-согласование между оценкой состояния рынка и текущими наблюде-ниями является индикатором недооценки или переоценки текущего состояния рынка с точки зрения другого корреляционно связанного с ним рынка.

При этом в качестве первого вопроса, решение которого необхо-димо для исследования указанной задачи, рассматривается корреляци-онный анализ динамики эволюции состояния фондовых и валютных рынков. Ответ на данный вопрос ориентирован на выявление финан-совых инструментов валютного рынка, которые, в силу наличия есте-ственных корреляционных взаимных связей, могут использоваться в качестве предикторов в задаче регрессионного восстановления значе-ний индексов фондового рынка.

2. Проблема временной увязки. Прежде чем приступить к ана-

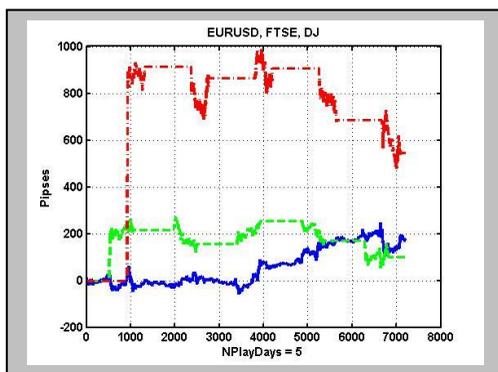


Рис. 1. Изменение состояния валютной пары EURUSD (сплошная линия), индексов нью-йоркской фондовой биржи DJ и лондонской фондовой биржи NTSE

лизу корреляционных связей исследуемых процессов, необходимо решить задачу их вре-менной увязки, обусловленную спецификой ра-боты различных рынков. Значимость указанных различий очевидным образом вытекает из рас-смотрения графиков, приведенных на рис. 1. Приведенные графики представляют собой дина-мику изменения коти-ровок валютной пары EURUSD (сплошная ли-ния), индексов нью-йоркской фондовой биржи DJ (индекс Доу-Джонса, штрихпунктирная линия) и лондонской фондовой биржи NTSE (пунктирная линия) для 5 дней наблюдения.

Непосредственно из графиков видно, что в отличие от круглосу-точной работы «Форекс» (за исключением праздников и выходных дней) фондовые площадки работают лишь в определенное время су-

Приведенные графики представляют собой динамику изменения коти-ровок валютной пары EURUSD (сплошная ли-ния), индексов нью-йоркской фондовой биржи DJ (индекс Доу-Джонса, штрихпунктирная линия) и лондонской фондовой биржи NTSE (пунктирная линия) для 5 дней наблюдения.

ток. *Среднеевропейское время (MET)* работы бирж, индексы которых используются в настоящей работе, приведены в таблице 1.

Таблица 1. Время работы фондовых бирж

Биржа	Индекс	Среднеевропейское время (MET)
Нью-Йорк	DJ	15.30-22.00
Лондон	FTSE	09.00-17.30
Токио	Nikkei	01.00-08.00

ответствующие им во времени значения наблюдений, полученные с «Форекс», должны быть исключены. Данная задача решается путем сопоставления строковых значений данных, отображающих время считывания отдельных векторных отсчетов («тиков») с данными, приведенными в таблице 1. Формат строковой переменной, отображающей текущее время MET имеет вид YYYYMMDDHHMMSS, где величина YYYY отображает текущий год, MM – текущий месяц, DD – текущую дату, HH – час, MM – минуты, SS – секунды. Таким образом, для выделения времени работы биржи необходимо выделить символы строки, соответствующие часам и минутам, т.е. символы с номерами 9-12. Далее, из массива наблюдений вырезаются строки, для которых укороченный временной массив (HHMM) соответствует выбранному диапазону из таблицы 1. Процесс «вырезания» осуществляется в цикле по всем строкам исходного массива наблюдений. Если рассматриваемый период времени захватывает переход на летнее время или обратно, то необходимо предусмотреть соответствующий сдвиг на один час.

Пример реализации данного преобразования 5-дневного массива исходных данных приведен на рис. 2. Графики представляют собой вырезку из графиков изменений EURUSD и DJ, приведенных к времени работы *нью-йоркской фондовой биржи (NYSE)* с 15-30 до 22-00. Графики представляют собой реализации случайных процессов с разрывами по оси Y, обусловленными вырезанными участками суточных простоев в работе торговой площадки.

Очевидно, что при анализе корреляционных связей горизонтальные участки графиков, соответствующие перерывам в работе бирж, а также соот-

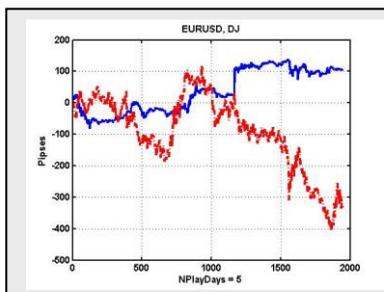


Рис. 2. Графики изменения EURUSD и DJ, приведенные ко времени работы NYSE

3. Суточная динамика фондовых индексов. Прежде чем перейти к формализованному анализу корреляций, проведем эмпирическое

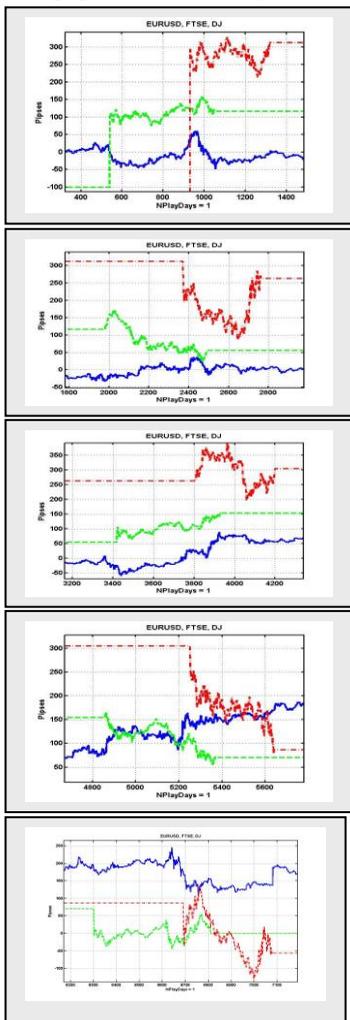


Рис. 3. Примеры суточных изменения DJ, FTSE и EURUSD

исследование суточной динамики индексов DJ и FTSE на фоне эволюции котировок наиболее значимой пары валютных инструментов EURUSD (см. на рис. 3). Каждый из графиков охватывает время, приблизительно соответствующее 24-часам наблюдений за работой торговых площадок. Из первого (сверху) рисунка видно, что небольшие изменения EURUSD в целом соответствовали небольшим флуктуациям FTSE, единственным локальным подъемом примерно на 50-60 пунктов вызвал заметной задержкой адекватные изменения обоих индексов. В дальнейшем крайне незначительные колебания котировки валютного инструмента приводили к неадекватным колебаниям индекса DJ.

На втором рисунке можно видеть, что равномерный положительный тренд EURUSD привел к обратному тренду FTSE, то есть относительный рост стоимости евро соответствовал снижению спроса на ценные бумаги на лондонской бирже. Суточные торги на NYSE в основном осуществлялись в условиях стабилизированного курса EURUSD, тем не менее, они обладали существенной волатильностью, индекс DJ заметно упал на 150 пунктов, а затем, в течение последних трех часов торгов, восстановил свое значение.

На третьем рисунке видно, что в течение торговой сессии на лондонской площадке относительная стоимость EUR и индекса FTSE син-

хронно росли, в то время как DJ сильно колебался с размахом около 50 пунктов, а затем, во второй половине торгов, когда котировки пары EURUSD стабилизировались, внезапно упал на 150 пунктов и далее, в процессе коррекции, частично восстановил свое значение.

На графиках четвертого рисунка значения и FTSE, и DJ в течение торговых сессий существенно снизились на фоне стабильного роста EURUSD.

Наконец, на пятом рисунке небольшим вариациями EURUSD соответствовали малые колебания значений индекса FTSE, лишь в конце лондонских торгов снижение относительной стоимости EUR привело к адекватному росту FTSE. Изменения значений индекса DJ практически никак не связаны с относительно стабильными малыми колебаниями котировок EURUSD.

Таким образом, из приведенного качественного анализа можно сделать вывод, что исследование поведения индексов фондовых площадок на основе наблюдений изменений валютной пары EURUSD на суточном интервале не позволяет выявить явно выраженных корреляционных связей и сформировать работоспособный их прогноз даже на короткий интервал времени. Однако вопрос о наличии долговременных корреляций остается открытым и подлежит исследованию.

4. Визуальный анализ. Рассмотрим результаты визуализации тенденций базовых индексов и ведущих валютных пар для интервала наблюдения в 90 дней, предварительно вырезав отрезки времени, соответствующие времени работы бирж (т.е. приведенные к времени работы фондовых бирж Нью-Йорка и Лондона).

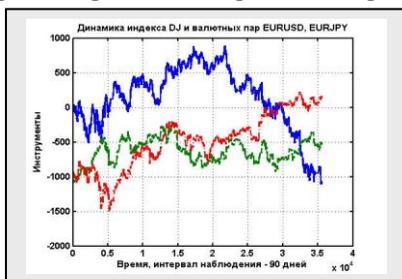


Рис. 4. Графики изменения DJ, EURUSD и EURJPY за 90 дней



Рис. 5. Графики изменения DJ, GBPUSD и AUDUSD за 90 дней

Соответствующие графики для индекса DJ приведены на рис. 4-5, а для индекса FTSE – на рис. 6-7.



Рис. 6. Графики изменения FTSE, EURUSD и EURJPY за 90 дней

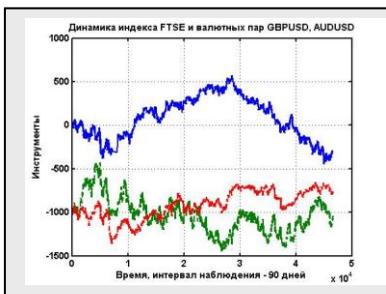


Рис. 7. Графики изменения FTSE, GBPUSD и AUDUSD за 90 дней

В качестве базовых валютных инструментов на левых графиках использовалась пара EURUSD (пунктирная линия) и EURJPY (штрихпунктирная линия), а на правых - GBPUSD (пунктирная линия) и AUDUSD (штрихпунктирная линия).

Из графиков можно видеть существенную некоррелированность между процессами, отражающими изменения состояний фондовых бирж и динамику котировок основных валютных инструментов. Тем не менее, на локальных временных интервалах имеются заметные корреляции, которые можно использовать для построения линейных форм валютных инструментов с динамическими характеристиками, существенно отличающимися от соответствующих свойств отдельных валютных инструментов [2]. Для анализа таких ситуаций осуществим оценку корреляций на различных временных интервалах наблюдения.

5. Анализ корреляций. Оценим значения коэффициентов корреляции для различных интервалов наблюдения. В качестве валютных инструментов будем использовать ряды отношений наиболее распространенных валютных пар типа EURUSD, EURJPY, USDJPY и другие.

В качестве индикаторов фондовых рынков, как и раньше, используем значения FTSE и DJ.

Пусть исходные данные, образованные рядами котировок валютных пар и значениями фондовых индексов, представлены в виде прямоугольной таблицы X размера $\langle n:m \rangle$, где n – число наблюдений (строк), а m – число исследуемых параметров (число столбцов). В этом случае оценка матрицы ковариаций определяется в виде известного соотношения [1]

$$S = X^T X / (n - 1) = \{s_{ij}, \quad i, j = 1, \dots, m\}.$$

Соответствующая ей оценка корреляционной матрицы будет определяться коэффициентами парных корреляций

$$R = \{r_{ij}, \quad i, j = 1, \dots, m\}, \text{ где } r_{ij} = s_{ij} / \sqrt{s_{ii}s_{jj}}.$$

Расчетные оценки значений коэффициентов корреляции между фондовыми индексами и выбранным рядом валютных инструментов представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Интервалы в сутках	Корреляции между 16 валютными инструментами и индексом FTSE								
1-30 день	0.147	0.951	0.334	0.908	0.113	0.049	0.256	0.703	
31-60 день	-0.697	-0.075	-0.376	0.868	-0.894	-0.502	0.829	0.688	
61-90 день	-0.431	-0.803	-0.113	0.437	-0.729	-0.501	0.524	-0.478	
1-90 день	-0.066	0.074	0.307	0.586	-0.223	-0.258	0.480	0.103	
	0.286	-0.094	-0.480	0.155	0.214	-0.348	0.009	0.238	
	Корреляции между 16 валютными инструментами и индексом DJ								
1-30 день	0.428	0.520	0.655	0.508	0.6181	0.637	-0.160	0.129	
31-60 день	-0.452	-0.169	-0.605	-0.045	-0.271	0.468	-0.316	-0.060	
61-90 день	-0.672	0.172	-0.614	0.821	-0.477	0.0466	0.795	0.859	
1-90 день	0.819	0.597	-0.314	0.603	0.085	-0.518	-0.371	0.331	
1-30 день	-0.625	-0.743	-0.252	0.401	-0.746	-0.411	0.676	-0.308	
31-60 день	0.396	-0.680	-0.593	-0.632	-0.277	-0.807	0.558	0.616	
61-90 день	-0.081	-0.255	0.187	0.278	-0.147	-0.139	0.262	-0.215	
1-90 день	0.100	-0.403	-0.343	-0.220	-0.174	-0.590	0.290	0.092	

Полные данные для коэффициентов корреляции с учетом взаимосвязей между самими валютными инструментами могут быть представлены в виде тональных матриц, приведенных на рисунках 8 (для индекса FTSE) и 9 (для индекса DJ). Для формирования оценок использовались временные интервалы наблюдения, приведенные в табл. 2. Последовательность 16-ти валютных инструментов представлена рядом EURUSD, EURJPY, EURGBP, EURCHF, EURCAD, USDCAD, USDCHF, USDJPY, GBPCHF, GBPJPY, GBPUSD, AUDJPY, AUDUSD, CHFJPY, NZDUSD, NZDJPY.

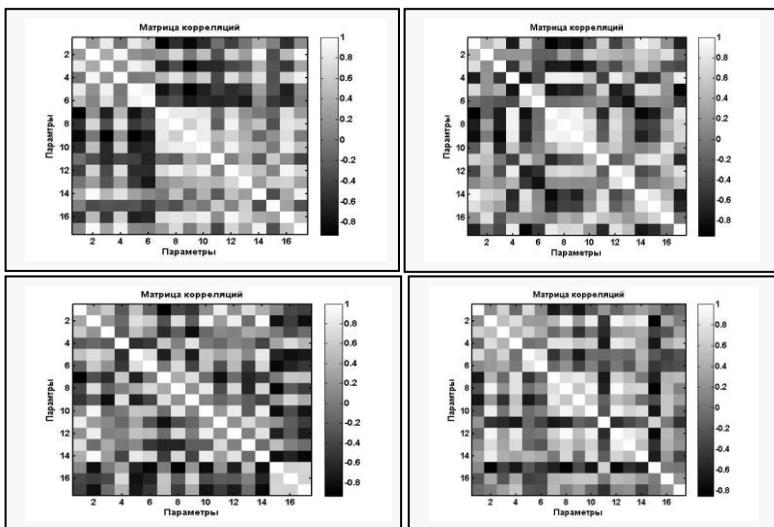


Рис. 8. Тональное представление матриц корреляций между 16 валютными инструментами и фондовым индексом FTSE

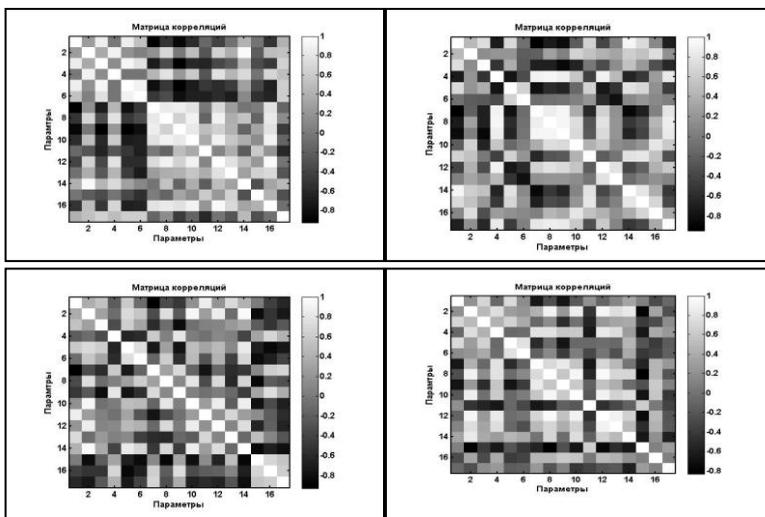


Рис. 9. Тональное представление матриц корреляций DJ между 16 валютными инструментами и фондовым индексом DJ

Задача корреляционного анализа в данном случае состоит в исследовании парных корреляций между валютными инструментами и индексами, образующими в совокупности корреляционную матрицу наблюдений. При этом вопрос заключается не только в статических оценках, но и в определении временных изменений этих корреляций.

Для решения данного вопроса используем оценку коэффициентов парной корреляции во временном цикле на скользящем временном окне. Результаты расчетов для различных размеров скользящего окна и различных валютных инструментов приведены на рис. 10-12.

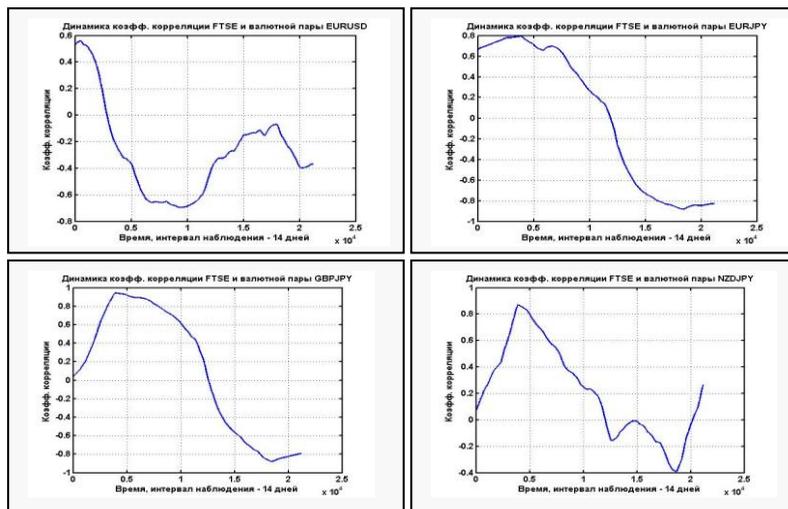


Рис. 10. Изменения коэффициента корреляции между индексом FTSE и валютными инструментами EURUSD, EURJPY, GBPJPY и NZDJPY на скользящем окне наблюдения 10 дней

В качестве валютных инструментов были выбраны пары EURUSD, EURJPY, GBPJPY и NZDJPY; размеры скользящих окон, используемых для оценивания коэффициентов корреляции, соответствовали 10, 5 и 1 дням наблюдения.

В приведенных примерах оценивались корреляции валютных инструментов с фондовым индексом лондонской биржи FTSE. Для других индексов (нью-йоркского DJ, токийского Nikkei и др.) характер изменения кривых изменения значений корреляций был подобным.

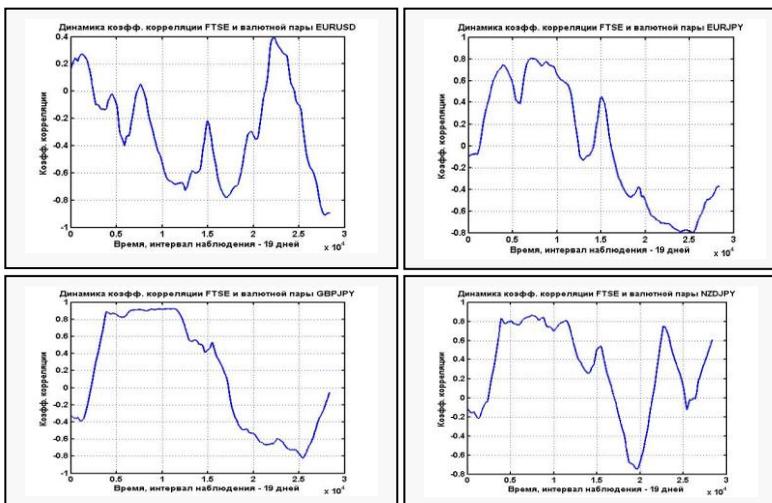


Рис. 11. Изменения коэффициента корреляции между индексом FTSE и валютными инструментами EURUSD, EURJPY, GBPJPY и NZDJPY на скользящем окне наблюдения 5 дней

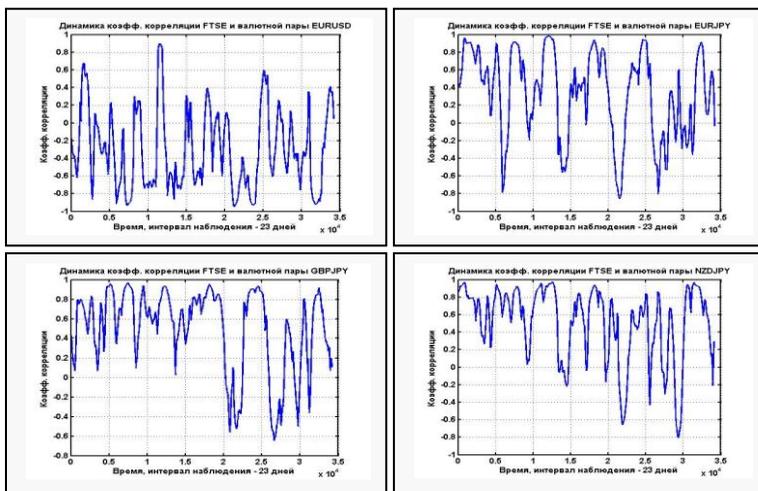


Рис. 12. Изменения коэффициента корреляции между индексом FTSE и валютными инструментами EURUSD, EURJPY, GBPJPY и NZDJPY на скользящем окне наблюдения 1 день

6. Заключение. Из приведенных выше результатов можно сделать следующие выводы:

1. При уменьшении размера окна наблюдения устойчивость оценок коэффициента корреляции существенно снижается. Это означает, что для «коротких» стратегий, осуществляемых в пределах суточной сессии, восстановление значений трендов фондовых индексов по валютным парам будет крайне неэффективным;

2. При размерах окна наблюдения более 5 суток существуют интервалы, в которых отдельные валютные пары обладают относительно устойчивой во времени значимой корреляцией с фондовыми индексами. В течение этих временных интервалов соответствующие валютные пары могут служить регрессорами для восстановления значений индексов.

3. Ни один постоянный набор регрессоров не может гарантировать эффективное решение задачи восстановления фондовых индексов. Это означает необходимость структурной адаптации функции регрессии к изменениям корреляционной структуры общей совокупности параметров валютного и фондового рынков;

4. Увеличение окна наблюдения повышает устойчивость выбора регрессоров, однако одновременно приводит к росту задержки формируемых решений о выборе регрессоров по отношению к реальной корреляционной ситуации;

5. Индикатором раннего предупреждения об изменении направления движения индекса может служить анализатор ситуации с меньшим окном памяти, используемым для оценки коэффициентов корреляции. Однако снижение инерционности непременно приведет к росту «ложных тревог», обусловленных флуктуационными свойствами исходных процессов. Вариантом решения данного противоречия является использование робастных алгоритмов обработки [3],

Литература

1. Болч Б., Хуань К. Дж. Многомерные статистические методы для экономики / Пер. с англ. под ред. С.А. Айвазяна. М.: Статистика, 1979. 317с.
2. Мусаев А. А., Барласов И. А. Моделирование хаотических процессов на рынках капитала // Труды СПИИРАН. 2009. Вып. 7. С. 255–264.
3. Мусаев А.А. Методы построения робастифицированных систем анализа торговых ситуаций // Труды СПИИРАН. 2010. Вып. 14. С. 187–215.

Мусаев Александр Азерович — д.т.н., профессор; ведущий научный сотрудник научно-исследовательской группы информационных технологий в образовании Учреждения Российской академии наук Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН (СПИИРАН), научный консультант ОАО Специализированная инжиниринговая компания «Севзапмонтажавтоматика». Область научных интересов: анализ данных,

управление и прогнозирование в сложных динамических системах, стохастические хаотические системы. Число научных публикаций — 188. amusaev@szma.com, www.szma.com; СПИИРАН, 14-я линия В.О., д. 39, г. Санкт-Петербург, 199178, РФ; р.т. +7(812)350-5885, факс +7 (812)350-1113.

Musaev Alexander Azeroovich — Dr. in Appl. Math., professor; leading researcher, Education Information Technology Group, St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences (SPIIRAS), expert, public corporation Specialized engineering company "Sevzapmontageautomatica". Research interests: data analysis, complicated dynamic systems prognosis and control, stochastic chaos systems. The number of publications — 188. amusaev@szma.com, www.szma.com; SPIIRAS, 39, 14-th Line V.O., St. Petersburg, 199178, Russia; office phone +7(812)350-5885, fax +7(812)350-1113.

Рекомендовано ИГИТО СПИИРАН, рук. ктн, доц. А.В. Тишков.
Статья поступила в редакцию 15.04.2011.

РЕФЕРАТ

Мусаев А.А. **Корреляционный анализ процессов изменения состояния фондовых и валютных рынков.**

Имеется ли статистическая линейная зависимость между динамическими процессами, протекающими на фондовом и валютном рынке? С экономической точки зрения, гипотеза о наличии такой зависимости вполне допустима. Действительно, подъем или снижение значений конкретного индекса фондового рынка, отражающего подъем или спад деловой активности в конкретных странах и регионах, не может не сказаться на котировках валют соответствующих стран. Тем не менее, однозначных соотношений, определяющих направленность этих характеристик, нет.

Например, если котировки крупных корпораций национальной экономики по каким-либо причинам пошли вниз, но представители торгового и инвестиционного сообществ уверены в восстановлении цен соответствующих акций, то выгодно купить данный тип активов. Это значит, что произойдет покупка соответствующей национальной валюты, и ее котировки пойдут вверх. С другой стороны, если рынок сомневается в возможности скорого восстановления акций данного государства и не склонен их покупать, не исключена однонаправленная динамика национальной валюты и индексов фондового рынка вниз. Столь же неоднозначна и обратная зависимость значений индексов фондовых рынков от соотношения котировок различных валют. К тому же, существует огромное количество иных политических, экономических и других факторов, оказывающих различное влияние на указанные типы срочных рынков.

В связи с этим предлагается рассмотреть данный вопрос численно, используя технологию анализа корреляций на синхронизированных во времени участках ретроспективных данных. Полученные в статье данные подтверждают неоднозначность и изменчивость корреляционной взаимосвязи между параметрами фондового и валютного рынка. При этом существенное влияние на результаты анализа оказывает размер окна наблюдения, на котором осуществляется оценка корреляции. Применение скользящего окна наблюдения позволяет идентифицировать локальные участки «связанности» рынков. Однако их непосредственное применение сталкивается с проблемой «прокрустово ложа», характерного для хаотических процессов. Слишком большое окно наблюдений ведет к запаздыванию обнаружения связи и, как следствие, приводит к статистическим ошибкам первого рода. Наоборот, слишком маленькое окно ведет к ложной реакции на сильные флуктуации, что вызывает поток ошибок второго рода.

Традиционные схемы адаптации на временных рядах котировок, как правило, не срабатывают. По-видимому, оптимальным решением в данном случае является применение робастных схем обработки с пониженной чувствительностью к вариациям статистических характеристик рядов наблюдений.

SUMMARY

***Musaev A.A.* Statistical properties of currency tools quotations linear forms.**

Whether the statistical linear interdependence between the dynamic processes proceedings on share and currency markets does exist? From the economic point of view the hypothesis about presence of such dependence is quite admissible. Really, increase or decrease of a specific index of the stock market reflecting lifting or business recession in the specific countries and regions, should affect currencies quotations of the corresponding countries. Nevertheless, the unequivocal ratios, defining these characteristics orientation do not exist.

For example, if quotations of large corporations of national economy, for any reasons, have gone downwards, but representatives of trading and investment communities are assured of the corresponding actions prices restoration, it is favorable to buy up the given type of assets. It means that there will be a purchase of corresponding national currency and its quotation will go upwards. On the other hand, if the market doubts in possibility of given state economy fast restoration and is not inclined them to buy up, the unidirectional dynamics of national currency and downward stock market index are not excluded. Inverse relationship between stock markets indexes values and quotations of various currencies is also ambiguous. Besides, there is a large quantity of other political, economic, military and other factors, realizing various influences on the specified types of the urgent markets.

In this connection it is offered to consider this question numerically, using technology of the analysis of correlations on the arrays of the retrospective data synchronized in time. The data obtained in article confirms ambiguity and variability of correlation interrelation between parameters of share and currency markets. Thus essential influence on the analysis results from a size of observation window on which the correlation estimation is carried out. Application of a sliding observation window allows to identify local "coherence" intervals of the markets. However their direct application faces a «Procrustean bed» problem, characteristic for chaotic processes. Too wide observation window conducts to correlation detection delay and, as a consequence, leads to statistical errors of the first sort. On the contrary, too small window leads to false reaction to strong fluctuations which causes a stream of second sort errors.

Traditional schemes of adaptation of quotation time series, as a rule, don't work. Apparently, the optimum decision in this case is application of robust schemes of processing with the lowered sensitivity to variations of market state observations statistical characteristics.