

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова»

Факультет **Математической экономики, статистики и информатики**

Кафедра **Математических методов в экономике**

Направление **01.03.02 – Прикладная математика и информатика**

Профиль – **Прикладная математика и информатика**

ОТЧЕТ

по производственной практике

**часть 1 «практика по получению профессиональных умений и
опыта профессиональной деятельности»**

Студента: 434 группы Эль-Айясса Дани Валида

Студент
Эль-Айясс Дани Валид

(подпись)

Руководитель практики,
д.э.н., профессор Тихомирова Т.М.

(подпись)

Москва, 2018

ЗАДАНИЕ

по производственной практике

часть 1 «практика по получению профессиональных умений и
опыта профессиональной деятельности»

студента 3 курса

факультета математической экономики, статистики и информатики

РЭУ имени Г.В. Плеханова

Эль-Айясса Дани Валида

№ п/п	Наименование этапа работ	Краткое содержание
1.	Знакомство с научно-производственной деятельностью лабораторий РЭУ им. Г.В. Плеханова	Посещение Ситуационного центра РЭУ имени Г.В. Плеханова и знакомство с его ресурсами
2.	Коинтеграция временных рядов	1. Изучить теоретические аспекты исследования коинтеграции временных рядов. 2. Собрать данные по трём временным рядам. 3. Протестировать временные ряды на наличие коинтеграции
3.	Фазовый анализ временных рядов	1. Изучить теоретические аспекты фазового анализа временных рядов 2. Собрать данные по двум временным рядам 3. Провести фазовый анализ временных рядов 4. На основе полученных данных построить фазовые диаграммы
4.	Моделирование нелинейных однофакторных стохастических процессов	1. Изучить теоретические аспекты построения моделей ARCH и GARCH 2. Собрать данные по одному временному ряду 3. На основе данного ряда построить соответствующую модель и сделать прогноз

Сроки представления отдельных разделов производственной практики определяются руководителем практики.

Срок сдачи отчета по производственной практике на кафедру

«15» июля 2018 г.

«Утверждаю»
Руководитель практики
_____ Тихомирова Т.М.
«02» июля 2018 г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
выполнения производственной практики Эль-Айясса Дани Валида

Наименование этапа работ	Срок выполнения		Отметка о выполнении	Подпись руководителя
	начало	конец		
1. Посещение Ситуационного центра РЭУ имени Г.В. Плеханова и знакомство с его ресурсами	02.07.18	02.07.18		
2. Сбор и восстановление данных	03.07.18	04.07.18		
3. Изучение теоретических основ коинтеграции временных рядов	05.07.18	06.07.18		
4. Применение тестов на коинтеграцию	07.07.18	07.07.18		
5. Изучение теоретических основ фазового анализа временных рядов	08.07.18	09.07.18		
6. Проведение фазового анализа и построение фазовых диаграмм	10.07.18	10.07.18		
7. Изучение теоретических основ построения моделей ARCH и GARCH	11.07.18	12.07.18		
8. Моделирование исходного процесса	13.07.18	13.07.18		
9. Подготовка отчета	14.07.18	14.07.18		
10. Сдача отчета по практике	15.07.18	15.07.18		

Студент _____ Эль-Айясс Дани Валид
«02» июля 2018 г.

АННОТАЦИЯ

Данный отчет содержит результаты выполнения заданий по производственной практике, затрагивающей такие темы, как коинтеграция, фазовый анализ временных рядов и построение ARCH, GARCH моделей. Первый раздел данного отчета посвящён Ситуационному центру РЭУ имени Г.В. Плеханова. Во втором разделе отчета анализируются три временных ряда, для каждого из которых определяется порядок интеграции, а затем проводятся тесты Энгеля-Грэнджера, Дарбина-Уотсона, а также рассматриваются коэффициенты корреляции. В третьем разделе проводится фазовый анализ двух коинтегрируемых временных рядов. В ходе работы рассчитываются основные числовые характеристики фаз, строятся фазовые диаграммы. Четвёртый раздел посвящён анализу восстановленного временного ряда и построению на его основе модели ARCH.

Ключевые слова: коинтеграция, фазовый анализ, тест Энгеля-Грэнджера, тест Дарбина-Уотсона, стационарность, корреляция, фаза, флуктуация, фазовая диаграмма, моделирование.

ABSTRACT

This report contains the results of the fulfillment of assignments in the field of industrial practice, which covers topics such as cointegration, phase analysis of time series and the construction of ARCH, GARCH models. The first section of this report is devoted to the Situation center of Plekhanov Russian University of Economics. In the second section of this report, three time series are analyzed, for each of which the order of integration is determined, and then tests of Engel-Granger, Durbin-Watson and correlation coefficients are considered. In the third section a phase analysis of two cointegrable time series is carried out. In the course of the work, the main numerical characteristics of the phases are calculated, phase

diagrams are constructed. The fourth section is devoted to the analysis of the restored time series and the construction of the ARCH model on its basis.

Key words: cointegration, phase analysis, Engel-Granger test, Darbin-Watson test, stationarity, correlation, phase, fluctuation, phase diagram, modeling.

Оглавление

Введение	7
Раздел 1. Ситуационный центр	9
Раздел 2. Коинтеграция временных рядов.....	10
Глава 1. Теоретические основы коинтеграции временных рядов.	10
Глава 2. Практическое применение теоретических знаний о коинтеграции временных рядов.	14
Раздел 3. Фазовый анализ временных рядов.	17
Глава 1. Теоретические основы фазового анализа	17
Глава 2. Практическое применение теоретических знаний о фазовом анализе временных рядов	19
Раздел 4. Построение моделей ARCH/GARCH.	24
Глава 1. Теоретические основы фазового анализа	24
Глава 2. Построение авторегрессионной модели с условной гетероскедастичностью.....	25
Заключение	27
Список литературы	28
Список иллюстраций	29
Список таблиц	30

Введение

Коинтеграционный анализ временных рядов появился в эконометрике в середине 1980 годов и был воспринят многими эконометристами как наиболее важное открытие из последних разработок в эмпирическом моделировании. В 1974 году, Клайв Грэнджер и его коллега Пол Ньюболд продемонстрировали, что оценки соотношений между нестационарными переменными могут порождать бессмысленные результаты, ошибочно указывая на значимые связи между совершенно не связанными переменными. Грэнджер также обнаружил, что определенная комбинация двух (или более) нестационарных рядов может быть стационарной. Он и придумал термин «коинтеграция» для обозначения стационарной комбинации нестационарных переменных. [Монетаризм]

На сегодняшний день проверки стационарности и коинтеграции являются процедурами, с которых начинается спецификация динамических эконометрических моделей [6, с.24]. Коинтеграционный анализ оказался особенно ценным для анализа систем, в которых на краткосрочную динамику влияют большие случайные возмущения, в то время как долгосрочные колебания ограничены общими экономическими равновесными соотношениями.

В экономических исследованиях часто встречаются показатели, движение которых во времени представляет собой нерегулярные циклические колебания с переменной амплитудой и неустойчивым периодом [4, с.247]. Именно для таких показателей проводится фазовый анализ, основная идея которого – постепенное (итеративное) очищение ряда от маломощных колебаний флуктуациями. В ходе такого процесса фильтрации производится сглаживание наименее мощных фаз, в результате чего соседние фазы объединяются в одну более крупную.

В эконометрическом анализе предполагается, что автокорреляция ошибок в модели равна нулю. Однако в последнее десятилетие значительно возрос интерес исследователей к систематически изменяющимся ошибкам и дисперсиям ошибок, так как во многих временных рядах, таких как, например,

доходности на фондовых рынках, было обнаружено чередование периодов малых значений ошибок с периодами больших значений ошибок, иначе говоря низкой и высокой волатильностью соответственно. Таким образом появилась необходимость учитывать условную гетероскедастичность временных рядов, которая могла проявляться, несмотря на общую гомоскедастичность.

Модель ARCH, т.е. модель с авторегрессионной условной гетероскедастичностью, была предложена Р. Энглом в 1982 году для моделирования кластеризации волатильности [1, с.271].

Раздел 1. Ситуационный центр

Ситуационный центр социально-экономического развития России и регионов Российской Федерации представляет собой специализированную аудиторию для анализа и исследования социально-экономического развития регионов Российской Федерации и страны в целом. Информационно-аналитическая система центра позволяет аккумулировать данные Росстата и других официальных источников в онлайн-режиме, обеспечивает ранжирование регионов по ключевым параметрам экономического развития состояния бизнес-среды, инвестиционной привлекательности регионов, качества жизни населения и другим показателям.

Базовой информационно-аналитической системой Ситуационного центра является платформа Contour BI - Business Intelligence платформа для интерактивного многомерного анализа данных.

Основными целями деятельности Ситуационного центра являются:

1. Проведение фундаментальных, прикладных научных исследований и разработок в области социально-экономического развития России и регионов Российской Федерации.
2. Обеспечение актуальной статистической и аналитической информацией учебного процесса и научно-исследовательской деятельности структурных подразделений Университета.
3. Выполнение экспертно-аналитических и консалтинговых работ по актуальным направлениям социально-экономического развития России и субъектов Российской Федерации.
4. Организация сотрудничества с органами власти федерального и регионального уровней, органами местного самоуправления, коммерческими и международными организациями по использованию информационно-аналитических ресурсов Центра.

Раздел 2. Коинтеграция временных рядов

Глава 1. Теоретические основы коинтеграции временных рядов.

Коинтеграция — свойство нескольких нестационарных (интегрированных) временных рядов, заключающееся в существовании некоторой их стационарной линейной комбинации. Концепция коинтеграции впервые была предложена Грэнджером в 1981 году. В дальнейшем данное направление развивали Энгл, Йохансен, Филипс и другие. [5, с. 12]

Коинтегрированность является важным свойством многих экономических переменных, которое означает, что несмотря на случайный (слабо предсказуемый) характер изменения отдельных экономических переменных, существует долгосрочная зависимость между ними, которая приводит к некоторому совместному, взаимосвязанному изменению. [11].

Однако поскольку коинтеграция означает совпадение динамики временных рядов в течение длительного промежутка времени, то сама эта концепция применима только к временным рядам, охватывающим сравнительно длительные промежутки времени. При наличии коротких временных рядов данных, даже если формальные критерии показали наличие их коинтеграции, моделирование взаимосвязей по уровням этих рядов может привести к неверным результатам ввиду нарушения предпосылок теории коинтеграции [1, с.449].

Чтобы проверить два временных ряда на коинтегрированность рассмотрим уравнение регрессии вида (1.1):

$$y_t = a + bx_t + \varepsilon_t \quad (1.1)$$

Одним из методов тестирования гипотезы о коинтеграции временных рядов является критерий Энгла-Грэнджера. Алгоритм применения этого критерия, следующий:

1. Выдвигается гипотеза H_0 об отсутствии коинтеграции между рядами x_t и y_t .
2. Рассчитываются параметры уравнения регрессии вида (1.2):

$$\Delta \varepsilon_t = a + b * \varepsilon_{t-1}, \quad (1.2)$$

где $\Delta \varepsilon_t$ - первые разности остатков, а сами остатки вычисляются по формуле (1.3):

$$\varepsilon_t = y_t - \alpha - \beta x_t \quad (1.3)$$

3. Определяют фактическое значение t-критерия для коэффициента регрессии при лаговой переменной в уравнении (1.2).

4. Полученное значение сравнивается с критическим значением статистики τ [1, с. 450]. Если фактическое значение t больше критического значения τ для заданного уровня значимости α , то H_0 гипотезу об отсутствии коинтеграции исследуемых временных рядов отклоняют и с вероятностью $(1-\alpha)$ принимают альтернативную гипотезу о том, что между рядами есть коинтеграция. В противном случае гипотеза об отсутствии коинтеграции между исследуемыми рядами не отклоняется.

Также, в дополнение к данному тесту можно проверить остатки модели (1.1) на стационарность другими тестами. Если остатки стационарны (математическое ожидание и дисперсия являются постоянными), то можно утверждать, что существует коинтеграция.

Проверить остатки на стационарность можно несколькими способами.

В данной работе будут применены параметрические тесты стационарности, которые применяются при нормальном распределении выборки.

- Критерий Стьюдента [3, с. 156]:

Для проверки постоянства математического ожидания разделим выборку на две равные части, для каждой из них рассчитаем выборочное среднее \bar{y}_1, \bar{y}_2 и выборочные дисперсии s_1^2, s_2^2 . Далее рассчитывается значение критерия:

$$t_s = \frac{\bar{y}_1 - \bar{y}_2}{\sqrt{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}} * \sqrt{\frac{(n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2))}{n_1 + n_2}} \quad (1.4)$$

Если выполняется неравенство $t_s > t(1 - \alpha, n_1 + n_2 - 2)$, то гипотеза о постоянстве математического ожидания отклоняется.

- Критерий Фишера [3, с. 203]

Необходимо убедиться в постоянстве дисперсии. F расчетное определяется по формуле:

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2} \quad (1.5)$$

Если F расчетное меньше критического значения, то гипотеза о постоянстве дисперсии принимается.

Второй метод тестирования H_0 гипотезы об отсутствии коинтеграции основан на использовании величины критерия Дарбина–Уотсона для уравнения (1.1).

В данном случае проводят проверку гипотезы о том, что полученное фактическое значение критерия Дарбина-Уотсона в генеральной совокупности равно нулю. Ряд авторов указывают следующие критические значения критерия Дарбина-Уотсона, полученные методом Монте-Карло для следующих уровней значимости: 1% - 0,511; 5% - 0,386; 10% - 0,322. Если результаты показали, что нельзя признать равным нулю (т.е. оно превышает критическое значение для заданного уровня значимости), H_0 гипотезу об отсутствии коинтеграции отклоняют [1, 451].

Также в данной работе будет проведена проверка на коинтеграцию с помощью построения линейной модели регрессии стандартизированного масштаба.

Модель регрессии в стандартном масштабе предполагает, что все значения исследуемых признаков переводятся в стандарты (стандартизованные значения) по формулам:

$$\dot{y} = \frac{y_i - \bar{y}}{S(y)}, \quad (1.6)$$

где \bar{y} – математическое ожидание ряда (его среднее значение), а $S(y)$ – его СКО.

Строятся две регрессии стандартизированного масштаба:

$$\dot{y} = \beta_y \dot{t} + \dot{e}, \quad (1.7)$$

$$\dot{x} = \beta_x \dot{t} + \dot{e}, \quad (1.8)$$

Выдвигается гипотеза H_0 о равенстве коэффициентов регрессии. Данная гипотеза проверяется критерием Стьюдента.

Наличие линейной связи между рядами можно исследовать с помощью коэффициента корреляции.

Коэффициент корреляции Пирсона характеризует существование линейной зависимости между двумя выборками и вычисляется по формуле:

$$r_{xy} = \frac{cov(x, y)}{\sqrt{s_x^2 s_y^2}}, \quad (1.9)$$

где

$$cov = \sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}), \quad (1.10)$$

$$s_x^2 = \sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})^2 \quad (1.11)$$

Если значение корреляции близко к 1, можно сделать вывод о сильной линейной зависимости между исходными рядами.

Глава 2. Практическое применение теоретических знаний о коинтеграции временных рядов.

Для проверки на коинтегрированность были взяты и проанализированы данные закрытия бирж NASDAQ в момент с 01.07.2013 по 29.06.2018 для «Intel Corporation», «Yandex» и «Microsoft Corporation».

В результате было получено 3 временных ряда, содержащих по 1260 значения.

В первую очередь, при исследовании рядов на коинтегрированность, необходимо определить их порядок интеграции. Для этого был использован расширенный тест Дики-Фуллера (ADF тест) и KPSS тест. Тесты были реализованы при помощи эконометрического пакета Gretl.

По результатам данных теста все ряды исходных данных имеют первый порядок интеграции $I(1)$ (приводятся к стационарному виду путем взятия первых разностей), следовательно, они все могут быть коинтегрированы между собой.

Рассмотрим все 3 ряда на графике:

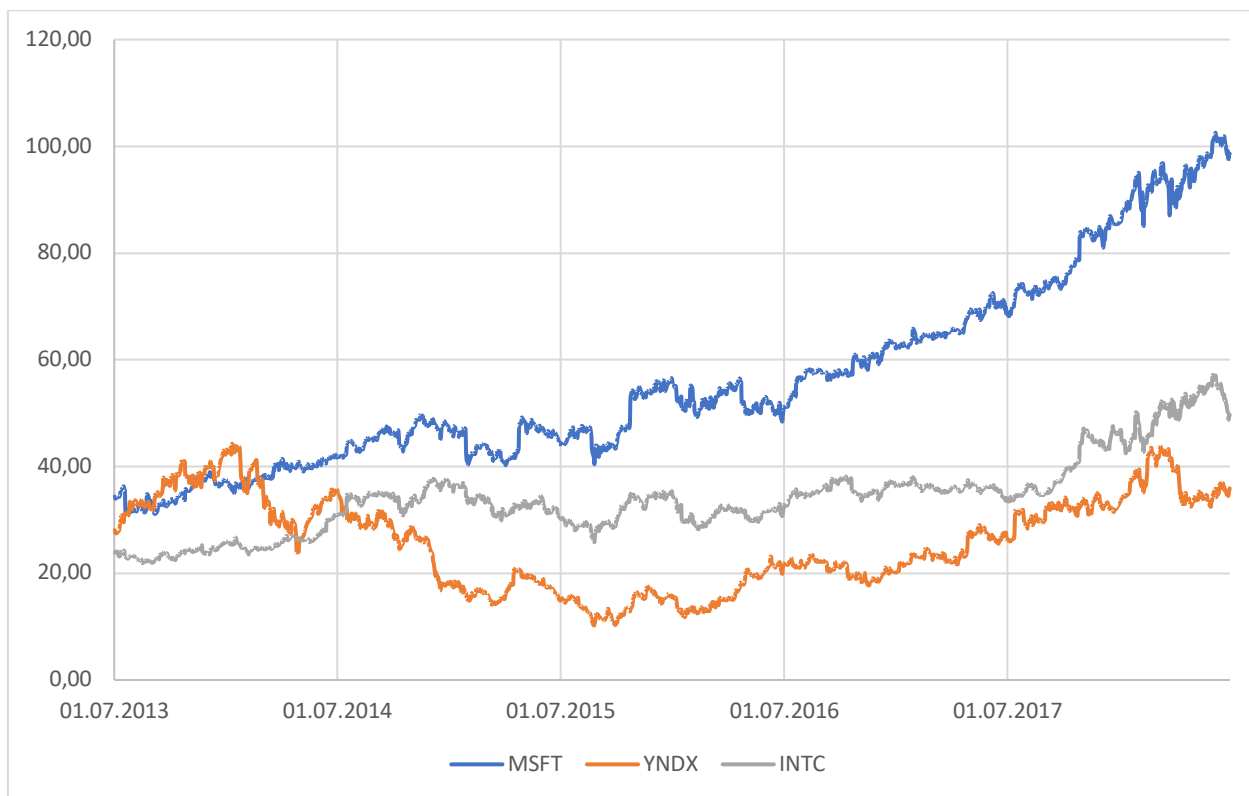


Рисунок 1 - Исходные данные

Как видно на рисунке 1, ряды значений котировок акций «Intel Corporation» и «Microsoft Corporation» имеют схожую тенденцию.

Рассмотрим таблицу значений тестов на коинтеграцию для корпорации «Microsoft» (табл. 1):

Таблица 1 - Значения тестов на коинтеграцию курса акций корпорации «Microsoft» с курсами других компаний

	Коэффициент корреляции	Тест Э-Г	t-статистика	Тест Дарбина-Уотсона
Intel	0,924	-2,482	85,50	0,153
Yandex	0,249	0,059	9,12	1,502

Как видно из таблицы 1, тест Энгла-Грэнджера говорит о принятии гипотезы H_0 об отсутствии коинтеграции в случае с корпорацией «Yandex» (фактическое значение теста больше критического -1,94). Однако гипотеза H_0

отвергается в случае с «Intel» (фактическое значение теста меньше критического). Фактические значения t-статистики больше критических и для «Yandex», и для «Intel», в связи с чем гипотеза H_0 отвергается. Тест Дарбина-Уотсона отвергает гипотезу об отсутствии коинтеграции курсов акций «Microsoft» и «Yandex», однако принимает гипотезу H_0 для пары «Microsoft» и «Intel» (критическое значение 0,386). Коэффициенты корреляции говорит о наличии очень сильной линейной зависимости между «Microsoft» и «Intel» и наличии слабой связи между «Microsoft» и «Yandex». Таким образом, делаем вывод о том, что курсы акций компаний «Microsoft» и «Intel» являются коинтегрированными, а курсы акций «Microsoft» и «Yandex» нет.

Теперь исследуем на коинтегрируемость ряды значений курса акций «Intel» и «Yandex».

Таблица 2 - Значения тестов на коинтеграцию курса акций корпорации «Intel» с курсом акций «Yandex»

Коэффициент корреляции	Тест Э-Г	t-статистика	Тест Дарбина-Уотсона
0,167	-1,343	6,00	1,666

Коэффициент корреляции между этими рядами равен 0,167, что говорит о слабой линейной зависимости рядов.

Расчетное значение теста Энгла-Грэнджера равно -1,343, что больше табличного -1,94, следовательно, в рамках данного теста мы отвергаем гипотезу о коинтегрируемости временных рядов. Расчетное значение t-статистики равно 6,00.

На основе полученных результатов тестов, можно сделать вывод, что ряды курса акций «Intel» и «Yandex» не коинтегрируют между собой.

Раздел 3. Фазовый анализ временных рядов.

Глава 1. Теоретические основы фазового анализа

Фазовый анализ – метод исследования локальных колебаний временного ряда, носящих ассиметричный, нерегулярный характер, имеющих неустойчивый период [4, с.240]. Цель фазового анализа – определить основные свойства временного ряда на основе набора специальных показателей.

Цикл – периодичность, повторяемость характера колебаний уровней временного ряда, включающих сменяющие друг друга фазы. Фаза – период положительного, либо отрицательного прироста уровней ряда относительно базы. Флуктуация (y_t) – величина случайного отклонения x_t от некоторого установленного исследователем уровня m_x (2.1):

$$y_t = x_t - m_x \quad (2.1)$$

Для выделения колебательного процесса в ходе предварительной обработки данных необходимо исключить глобальный тренд. На начальном этапе необходимо перейти от исходного ряда к ряду флуктуаций. [4, с.243].

Различают флуктуации:

положительные – характеризуют возрастание уровней ряда относительно базы;

отрицательные – соответствующие фазе убывания уровней ряда относительно базы.

Для проведения фазового анализа необходимо наличие флуктуаций обоего знака. Иначе весь временной период находится в одной фазе.

Фаза – период времени непрерывных положительных или отрицательных флуктуаций ряда. Фаза роста – период положительных флуктуаций.

Фаза падения – период отрицательных флуктуаций.

Числовые характеристики фаз:

- 1) Длительность фазы – временной отрезок, количество точек, принадлежащих фазе.
- 2) Средняя продолжительность фаз возрастания – средняя длительность аналогичных фаз за весь период исследования.
- 3) Средняя продолжительность фаз убывания – средняя длительность аналогичных фаз за весь период исследования.
- 4) Мощность фазы – сумма флуктуаций, полученных в течение фазы, характеризует изменение (прирост) уровней ряда за фазу.
- 5) Средняя мощность положительных фаз – характеризует средний ожидаемый прирост уровней ряда в течение положительной фазы.
- 6) Средняя мощность отрицательных фаз – средний ожидаемый прирост в течение отрицательной фазы.

Мощность флуктуаций ряда (мощность ряда) – сумма флуктуаций всего ряда.

Агрегирование фаз – процесс сглаживания незначительных колебаний (флуктуаций), незначимых фаз.

Для наглядного представления проведенных итераций агрегирования фаз строится фазовая диаграмма – представление временного ряда в виде сменяющих друг друга фаз.

Глава 2. Практическое применение теоретических знаний о фазовом анализе временных рядов

Были взяты и проанализированы данные закрытия биржи за период с 01.07.2013 по 01.06.2018 для акций компаний «Microsoft» и «Intel», агрегированные по месяцам.

Исходные данные представлены на следующих рисунках:

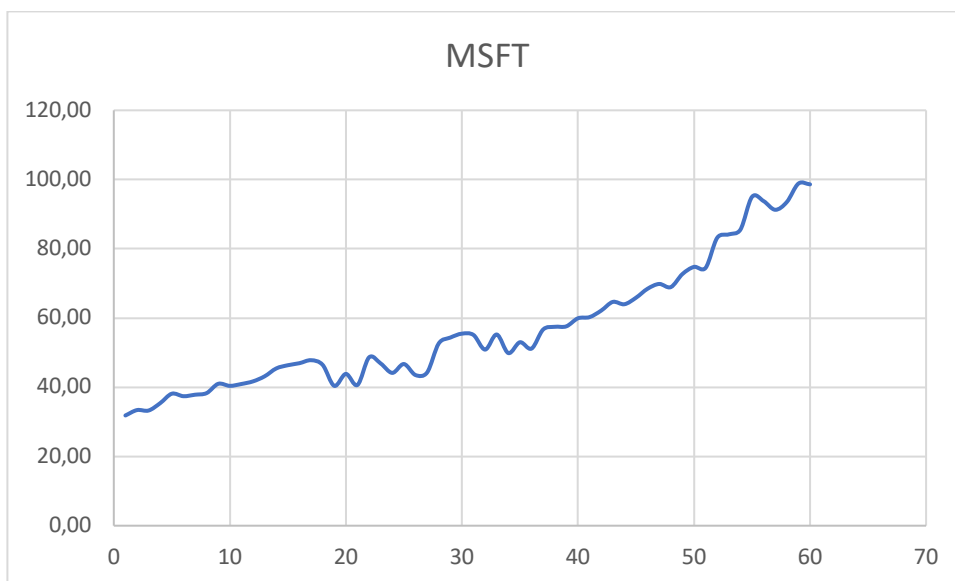


Рисунок 2 - График исходного ряда курса акций «Microsoft»

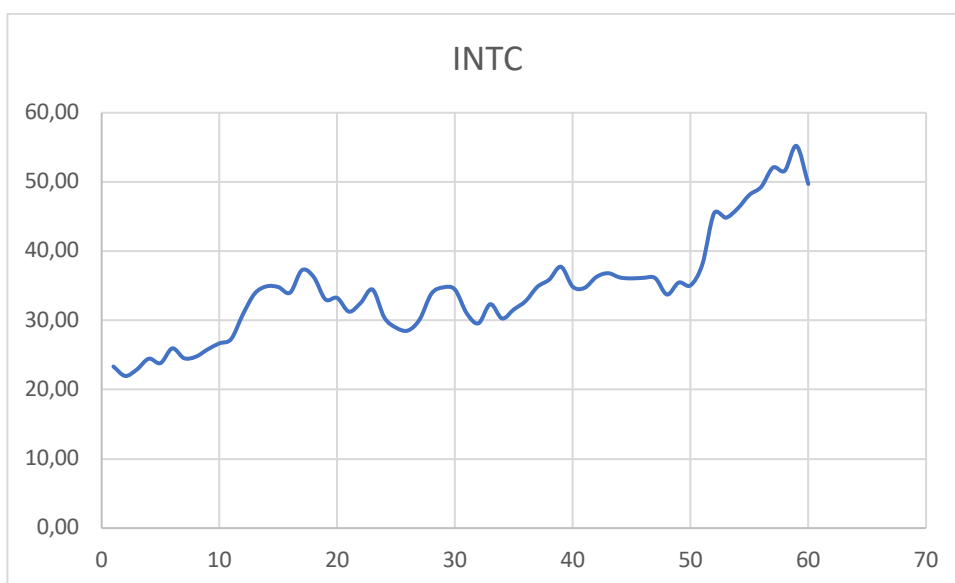


Рисунок 3 - График исходного ряда курса акций «Intel»

Видно, что ряды имеют схожую тенденцию.

Сначала проведем фазовый анализ для курса акций «Microsoft».

В первую очередь необходимо от исходного уровня цен перейти к их цепным темпам прироста (выраженным в процентах) (2.2):

$$y_t = \frac{x_t - x_{t-1}}{x_{t-1}} \quad (2.2)$$

Далее были сформированы исходные фазы и вычислены их мощности.

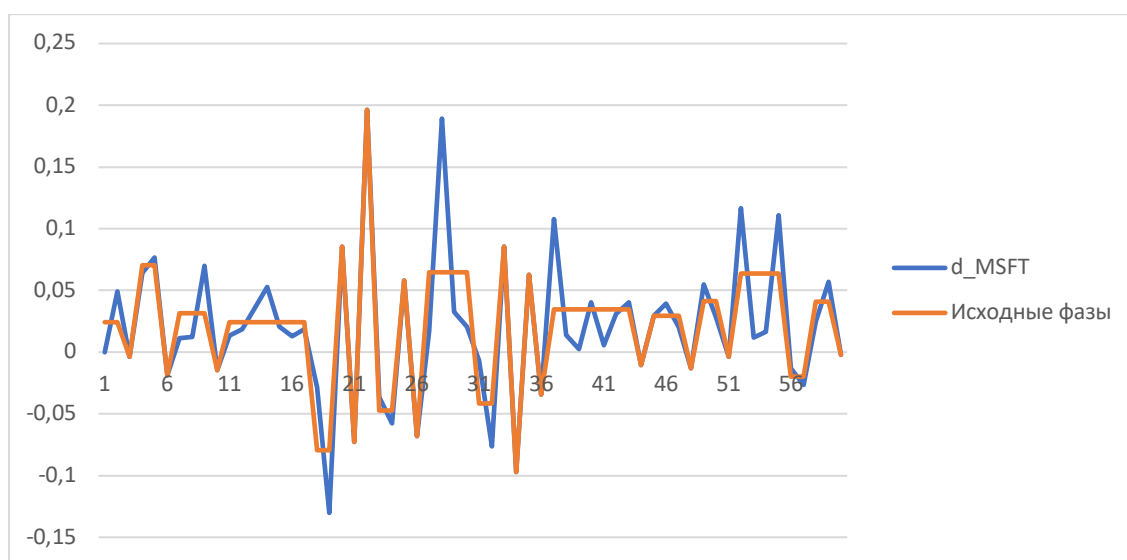


Рисунок 4 – Цепные темпы прироста и исходные фазы ряда курса акций «Microsoft»

Для исходных данных были найдены основные расчетные показатели (таблица 2).

Таблица 3 - Расчетные показатели курса акций «Microsoft»

Средний прирост	4,88%
Среднее падение	-3,76%
Средняя продолжительность фазы роста	2,73
Средняя продолжительность фазы падения	1,26
Количество фаз роста	15
Количество фаз падения	15

Анализируя расчетные показатели, видно, что средняя продолжительность фаз роста больше средней продолжительности фаз падения. Также, средний показатель роста больше показателя падения, что вполне естественно, так как на графике исходных данных наблюдается общая тенденция к росту.

На следующем шаге был задан критерий остановки – уровень теряемой мощности 5%, пересчитаны фазы, их мощности и длительности. Полученные фазы (после итерации) представлены на фазовой диаграмме:

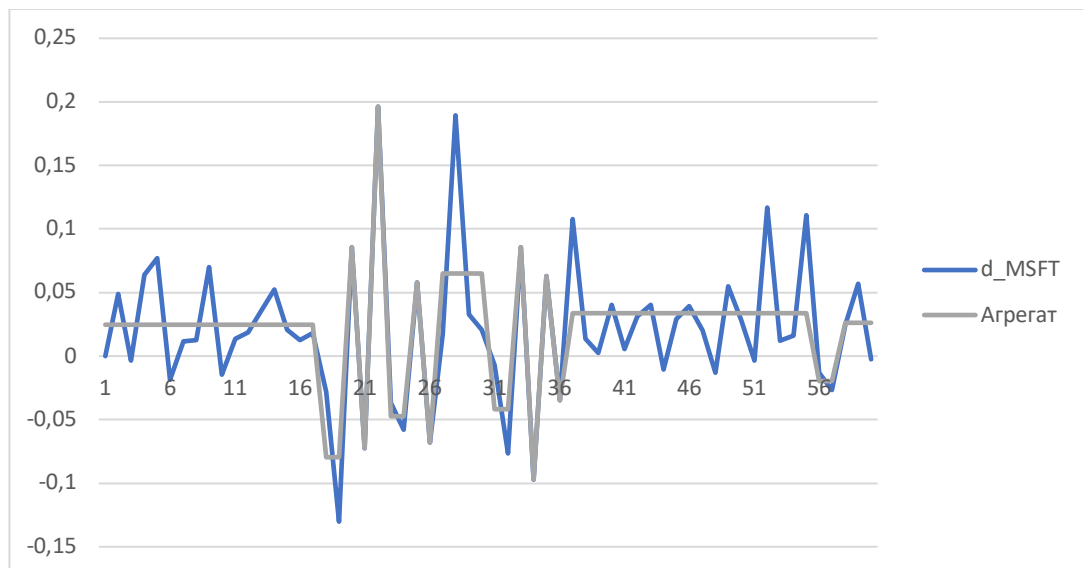


Рисунок 5 - Фазовая диаграмма курса акций «Microsoft» после итерации

Количество фаз после итерации сократилось на 13 – было 30, а после итерации стало 17. Средние мощности положительных и отрицательных фаз равны 20,96% и -8,11% соответственно, а их средние длительности 5,33 и 1,5 соответственно.

Аналогично был проведен фазовый анализ для акций компании «Сбербанк». Для исходного агрегированного ряда был рассчитан цепной прирост агрегированного ряда курса акций «Intel», а также сформированы

исходные фазы и вычислены их мощности. Для исходных данных были найдены основные расчетные показатели:

Таблица 4 - Расчетные показатели курса акций «Intel»

Средний прирост	5,62%
Среднее падение	-4,16%
Средняя продолжительность фазы роста	2,26
Средняя продолжительность фазы падения	1,62
Количество фаз роста	15
Количество фаз падения	16

Графики исходных фаз и цепного прироста представлены ниже:

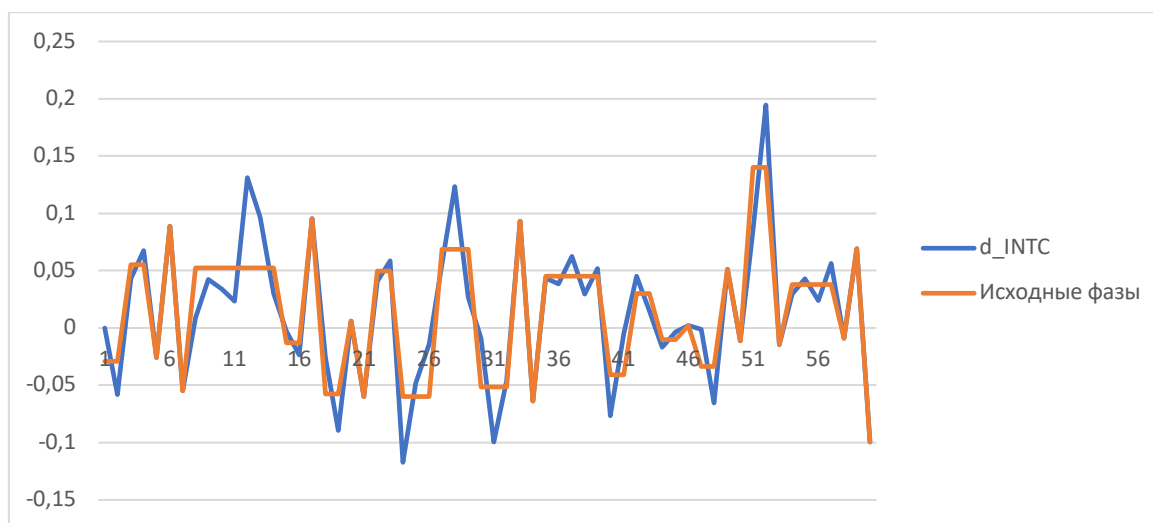


Рисунок 6 - Цепной прирост и исходная фазовая диаграмма курса акций «Intel»

На следующем шаге был задан аналогичный критерий остановки — уровень теряемой мощности 5%. Полученные фазы (после итерации) представлены на фазовой диаграмме:

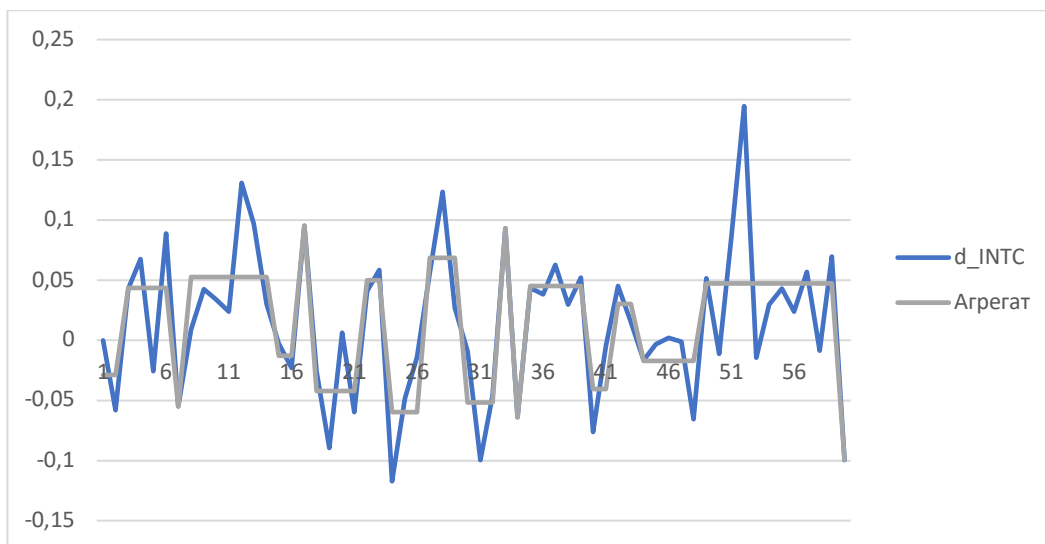


Рисунок 7 - Фазовая диаграмма курса акций «Intel» после итерации

Следует отметить относительную схожесть фаз в динамике курсов акций банков, что также свидетельствует о наличии коинтеграции между временными рядами курсов их акций.

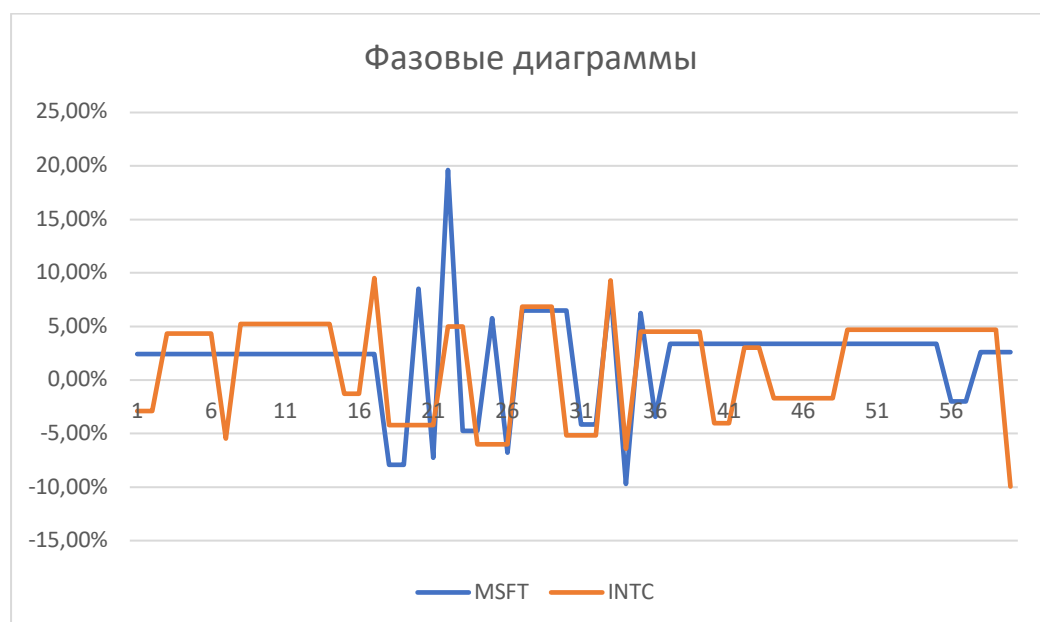


Рисунок 8 – Наложение фазовых диаграмм

Раздел 4. Построение моделей ARCH/GARCH.

Глава 1. Теоретические основы фазового анализа

Авторегрессионная условная гетероскедастичность (англ. ARCH; AutoRegressive Conditional Heteroscedasticity) — применяемая в эконометрике модель для анализа временных рядов (в первую очередь финансовых).

ARCH-модель предполагает зависимость условной дисперсии только от квадратов прошлых значений временного ряда. Модели ARCH впервые были предложены Энглom в 1982 году. Уже в 1986 году Боллерслев предложил обобщение этих моделей (GARCH). Обобщить данную модель можно предположив, что условная дисперсия зависит также от прошлых значений самой условной дисперсии. Это так называемая обобщённая авторегрессионная условная гетероскедастичность (англ. GARCH; Generalized AutoRegressive Conditional Heteroscedasticity) – модель, которая предполагает, что на текущую изменчивость дисперсии влияют как предыдущие изменения показателей, так и предыдущие оценки дисперсии (т.н. «старые новости»).

Процесс ARCH(1) описывается следующим уравнением:

$$\varepsilon_t^2 = \gamma_0 + \gamma_1 * \varepsilon_{t-1}^2 + u_t$$

Процесс GARCH(1) описывается следующим уравнением:

$$\varepsilon_t^2 = \gamma_0 + \gamma_1 * \varepsilon_{t-1}^2 + \gamma_2 * \sigma_{\varepsilon_{t-1}}^2 + u_t$$

Решение о выборе модели ARCH или GARCH принимается на основе анализа графика волатильности ошибки исходной модели (например, AR или MA).

Глава 2. Построение авторегрессионной модели с условной гетероскедастичностью

В данной главе были взяты и проанализированы данные закрытия биржи за период с 01.07.2013 по 29.06.2018 для акций компании «Yandex».



Рисунок 9 - График исходного ряда курса акций «Yandex»

Исходный ряд был приведён к стационарному путём взятия вторых разностей. На основе полученного стационарного ряда была получена модель $AR(1)$ с коэффициентами $a_0 = 0,0007$ и $a_1 = -0,5263$. Далее были получены и проанализированы остатки данной модели.

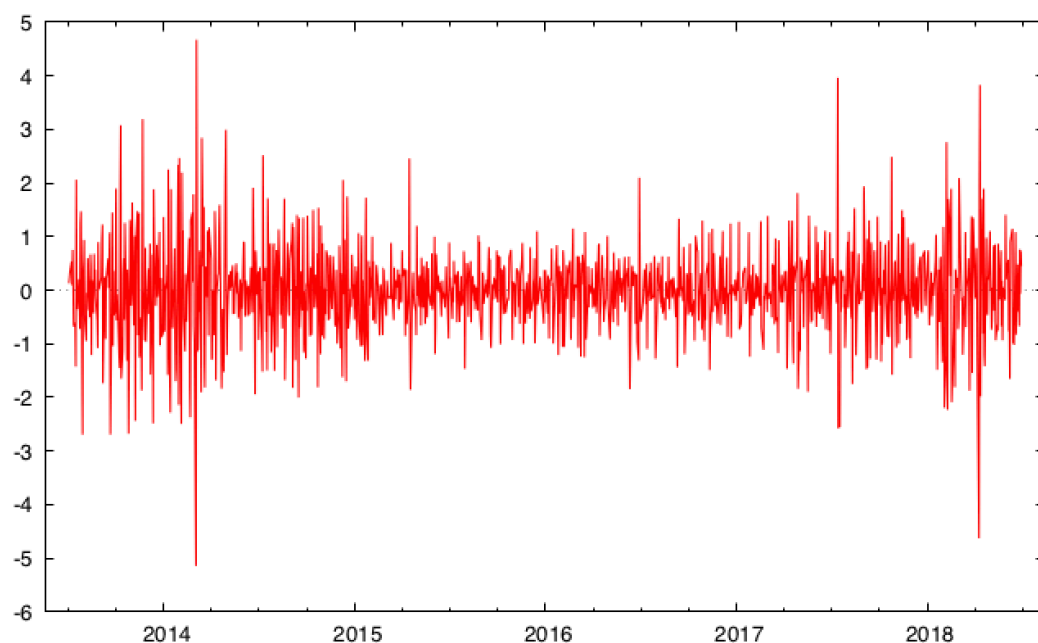


Рисунок 10 - График остатков модели ARIMA(1, 2, 0)

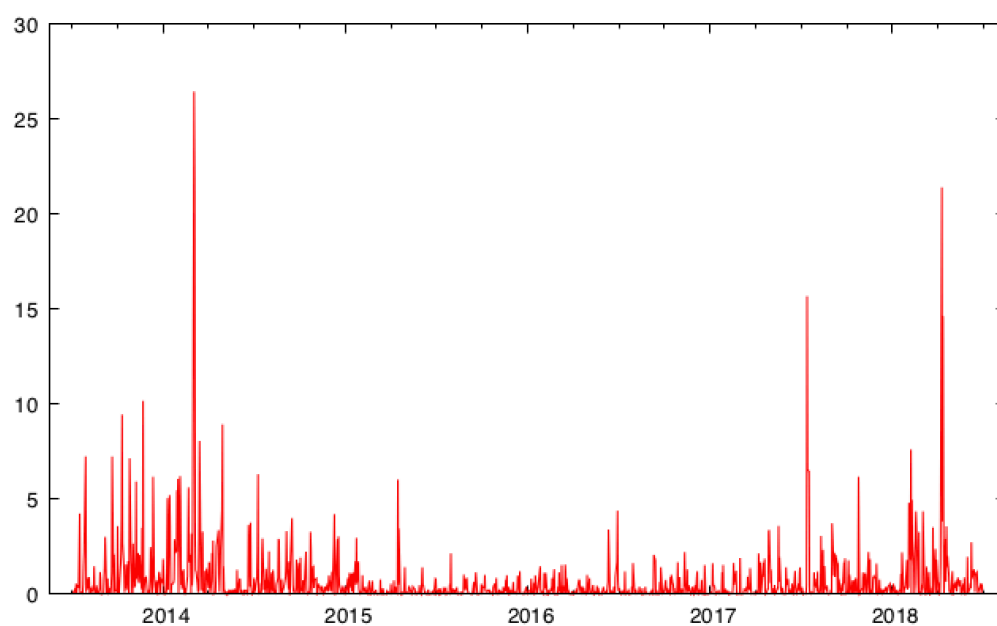


Рисунок 11 - График квадратов остатков модели ARIMA(1, 2, 0)

Исходя из графика остатков было принято решение строить модель ARCH(2), порядок которой был определён на основе автокорреляционной функции. В итоге была получена модель вида:

$$e_t^2 = 0,4168 + 0,3114 * e_{t-1}^2 + 0,1102 * e_{t-2}^2$$

Заключение

В результате проведенной серии тестов на наличие коинтеграции между курсами акций «Intel Corporation», «Yandex» и «Microsoft Corporation» подтвердилось наличие коинтеграции между «Intel Corporation» и «Microsoft Corporation» - Американскими технологическими компаниями. Между курсом акций Российской компании «Yandex» и Американскими «Intel Corporation» и «Microsoft Corporation» наличие коинтеграции не подтвердилось.

Фазовый анализ котировок акций «Intel Corporation» и «Microsoft Corporation» показал, что уменьшению количества фаз (вследствие объединения исходных) соответствует увеличение мощности фаз. При сравнении двух фазовых диаграмм можно было заметить повторение динамики курса акций «Intel Corporation» и «Microsoft Corporation», что подтвердило наличие коинтеграции.

Достоинством методологии фазового анализа является его способность выделять локальные колебательные движения временного ряда и исследовать их особенности, недостаток состоит в том, что механизм, генерирующий колебания, остается неизученным.

Также была построена модель ARCH(2) на основе курса акций компании «Yandex». Таким образом удалось учесть зависимость дисперсии курса акций компании от предыдущих оценок дисперсии.

Список литературы

1. И.И. Елисеева. Эконометрика: Учебник – М.: Финансы и статистика, 2003. – 344 с.
2. Тихомиров Н.П., Тихомирова Т.М., Ушмаев О.С. Методы эконометрики и многомерного статистического анализа. – М.: Экономика, 2011. – 647 с.
3. Магнус Я.Р., Катышев П.К., Пересецкий А.А. Эконометрика. Начальный курс: Учеб. – 8-е изд.– М.: Дело, 2007. – 504 с.
4. Лукашин Ю. П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов; Финансы и статистика, 2003. - 416 с.
5. Гарагулов М.М., Речко Г.Н. Коинтеграция на различных временных рядах – журнал «Вестник Кузбасского государственного технического университета», 2013. – 121 с.
6. Трегуб А.В, Трегуб И.В. Применение коинтеграционного анализа для исследования взаимного влияния финансовых временных рядов – журнал «Фундаментальные исследования», 2015. – 623 с.
7. Единый образовательный портал АлтГУ / [Электронный ресурс]. Ресурс доступа: <http://portal.edu.asu.ru/> (Дата обращения 16.07.2018)
8. Сайт «Монетаризм» - статья о коинтеграции временных рядов / [Электронный ресурс]. Ресурс доступа: <http://monetarism.ru/> (Дата обращения 15.07.2018)
9. Проверка единичных корней в Gretl / [Электронный ресурс]. – Ресурс доступа: <http://univer-nn.ru/proverka-edinichnyx-kornej/> (Дата обращения 10.07.2018)
10. Котировки акций. / [Электронный ресурс]. – Ресурс доступа: <http://stocks.investfunds.ru/> (Дата обращения 09.07.2018)
11. Свободная энциклопедия Википедия. / [Электронный ресурс]. - Ресурс доступа: <http://ru.wikipedia.org/> (Дата обращения 11.07.2018)

Список иллюстраций

Рисунок 1 - Исходные данные	15
Рисунок 2 - График исходного ряда курса акций «Microsoft»	19
Рисунок 3 - График исходного ряда курса акций «Intel»	19
Рисунок 4 – Цепные темпы прироста и исходные фазы ряда курса акций «Microsoft»	20
Рисунок 5 - Фазовая диаграмма курса акций «Microsoft»	21
Рисунок 6 - Цепной прирост и исходная фазовая диаграмма курса акций «Intel»	22
Рисунок 7 - Фазовая диаграмма курса акций «Intel»	23
Рисунок 8 – Наложение фазовых диаграмм	23
Рисунок 9 - График исходного ряда курса акций «Yandex»	25
Рисунок 10 - График остатков модели ARIMA(1, 2, 0)	26
Рисунок 11 - График квадратов остатков модели ARIMA(1, 2, 0)	26

Список таблиц

Таблица 1 - Значения тестов на коинтеграцию курса акций корпорации «Microsoft» с курсами других компаний	15
Таблица 2 - Значения тестов на коинтеграцию курса акций корпорации «Intel» с курсом акций «Yandex».....	16
Таблица 3 - Расчетные показатели курса акций «Microsoft»	20
Таблица 4 - Расчетные показатели курса акций «Intel»	22