

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич  
Должность: врио ректора  
Дата подписания: 09.10.2023 15:40:28  
Уникальный программный ключ:  
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»

Утверждаю:  
Руководитель ООП  
С.М.Дудаков  
2021 г.



Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

## **АНАЛИЗ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ**

Направление подготовки  
09.03.03 – «Прикладная информатика»

Профиль подготовки  
«Прикладная информатика в экономике»

Для студентов IV курса  
Очная форма

Составитель: к.ф.-м.н. Сидорова О.И.

Тверь, 2021

## **Аннотация**

### **1. Анализ временных рядов**

Рабочая программа по курсу «Анализ временных рядов» разработана в соответствии с требованиями Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования и полностью соответствует учебному плану подготовки бакалавров по направлению 09.03.03. Прикладная информатика.

Основной целью данного курса является приобретение навыков применения эконометрического инструментария для анализа динамики и построения прогнозов для различных социально-экономических и финансовых показателей. В результате изучения курса студенты должны овладеть теоретическими основами построения и оценки эконометрических моделей временных рядов и умением их адаптировать в соответствии со спецификой решаемых задач. Студенты должны научиться адекватно выбирать инструментальные средства для обработки эмпирических данных, проводить самостоятельные исследования, правильно интерпретировать полученные результаты и давать соответствующие рекомендации.

#### **1. Цель и задачи дисциплины**

##### Цели изучения данной дисциплины:

Дать представление обучающимся о современных подходах и инструментах анализа и прогнозирования социально-экономических систем, ознакомить с основными понятиями теории временных рядов и специфическими для этой ситуации методами оценивания моделей.

##### Задачи изучения данной дисциплины:

Сформировать навыки работы с реальными массивами экономических данных и современным эконометрическим программным обеспечением.

#### **2. Место дисциплины в структуре ООП**

Курс «Анализ временных рядов» является элективной дисциплиной 2 из раздела «Дисциплины профиля подготовки» части, формируемой участниками образовательных отношений, из блока 1 учебного плана.

Для успешного усвоения курса обязательно требуются знания математического анализа, линейной алгебры, теории вероятностей и математической статистики, экономической теории. Знание основ эконометрики и теории случайных процессов желательно.

Знания и навыки, полученные в рамках данной дисциплины, полезны при осуществлении научно-исследовательской и проектно-технологической работы, а также при выполнении выпускной квалификационной работы.

**3. Объем дисциплины:** 3 зачетных единиц, 108 академических часов, в том числе:

**контактная аудиторная работа:** лабораторные занятия 64 часа, в т.ч. практическая подготовка – 0 часов;

**контактная внеаудиторная работа:** контроль самостоятельной работы --, в том числе курсовая работа --;

**самостоятельная работа:** 44 часа.

**4. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Способен применять системный подход и математические методы в формализации решения прикладных задач	ПК-1.1 Проводит анализ состояния разработок по теме исследуемой задачи ПК-1.2 Осуществляет формальную постановку исследуемой задачи ПК-1.3 Дает научное обоснование выбора метода и решает прикладную задачу ПК-1.4 Проводит аттестацию результатов научных исследований
ПК-5 Способен проводить обследование организаций, выявлять информационные потребности пользователей, формировать требования к информационной системе	ПК-5.1 использует методы математического (имитационного) моделирования для анализа экономических процессов и систем ПК-5.2 Разрабатывает математические модели конкретных экономических процессов и систем

**5. Форма промежуточной аттестации и семестр прохождения** – зачёт, 7 семестр.

**6. Язык преподавания** русский.

**II. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)			Самостоятельная
		Лекции	Лабораторные работы	Контроль самостоят	

		всего	в т.ч. практи- ческая подгот овка	всего	в т.ч. практи- ческая подгот овка	ельной работы (в том числе курсовая работа)	работа, в том числе Контро ль (час.)
<b>Классическая линейная регрессионная модель</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Типы данных и виды регрессионных моделей.</li> <li>• Модель линейной регрессии и ее особенности.</li> <li>• Метод наименьших квадратов: свойства оценок и критерии адекватности модели.</li> <li>• Проблема автокорреляции: свойства МНК-оценок, критерии проверки на автокорреляцию.</li> <li>• Применение фиктивных переменных для тестирования модели на структурную стабильность.</li> </ul>	12	--	-	8		--	4
<b>Понятие случайного процесса и его основные характеристики.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Понятие случайного (стохастического) процесса.</li> <li>• Временной ряд, как дискретный случайный процесс.</li> <li>• Стационарные в широком и узком смысле случайные процессы.</li> <li>• Числовые характеристики случайных процессов.</li> <li>• Разложение Вольда. Оператор лага.</li> </ul>	4	--		4		--	0

<p><b>Стационарные модели авторегрессии-скользящего среднего <math>ARMA(p, q)</math>.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Модели скользящего среднего <math>MA(q)</math>. Условие обратимости.</li> <li>• Модели авторегрессии <math>AR(p)</math>. Уравнения Юла-Уокера. Условие стационарности.</li> <li>• Модели авторегрессии-скользящего среднего <math>ARMA(p, q)</math>.</li> <li>• Подбор стационарной <math>ARMA(p, q)</math>-модели для ряда наблюдений: оценивание коэффициентов <math>AR</math>, <math>MA</math> и <math>ARMA</math> – моделей, оценка качества подгонки моделей временных рядов с помощью информационных критериев и «портмонто» - статистики, подход Бокса-Дженкинса к идентификации моделей стационарных временных рядов.</li> <li>• Прогнозирование в модели Бокса-Дженкинса.</li> </ul>	12	--		8		--	4
--	----	----	--	---	--	----	---

<p><b>Нестационарные временные ряды.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Нестационарные временные ряды: случайное блуждание, ряды с нестационарными средним значением и дисперсией. Процессы, приводимые к стационарным, выделением тренда (<i>TSP</i>) и взятием последовательных разностей (<i>DSP</i>). Модели <i>ARIMA(p, 1, q)</i>. Подход Бокса-Дженкинса к определению степени интеграции временного ряда.</li> <li>• Детерминированные и стохастические тренды и проблема ложной регрессии.</li> <li>• Тесты Дикки-Фуллера на наличие единичных корней. Мощность тестов Дикки-Фуллера и выбор альтернативной гипотезы.</li> <li>• Альтернативные тесты на наличие единичных корней.</li> </ul>	14	--		10		--	4
<p><b>Единичные корни и структурные сдвиги.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Стационарность в условиях структурных сдвигов.</li> <li>• Тесты Перрона и Эндрюса-Зивота.</li> </ul>	12	--		4		--	8
<p><b>Регрессионные динамические модели.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Регрессионные динамические модели.</li> <li>• Авторегрессионные модели с распределенными лагами (<i>ADL</i>).</li> <li>• Понятие экзогенности.</li> </ul>	14	--		8		--	6

<b>Коинтеграция и модель коррекции ошибок.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Понятие коинтеграции.</li> <li>• 2-х шаговая процедура Энгла-Гренжера.</li> <li>• Модель коррекции ошибок (<i>Error Correction Model</i>).</li> </ul>	20	--		12		--	8
<b>Модель векторной авторегрессии.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Модель векторной авторегрессии (<i>VAR(p)</i>). Область применения и виды <i>VAR</i>-моделей. Статистики <i>VAR</i>.</li> <li>• Векторная авторегрессия и векторная модель коррекции ошибок (<i>Vector Error Correction Model</i>). Процедура Йохансена оценки коинтеграционных векторов.</li> <li>• Причинность по Грэнджеру (<i>Granger causality</i>). Проблема экзогенности, тест Хаусмана.</li> </ul>	20	--		10		--	10
<b>ИТОГО</b>	<b>108</b>	<b>--</b>		<b>64</b>		<b>--</b>	<b>44</b>

### III. Образовательные технологии

Учебная программа – наименование разделов и тем ( <i>в строгом соответствии с разделом II РПД</i> )	Вид занятия	Образовательные технологии
Классическая линейная регрессионная модель	Лабораторные занятия	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изложение теоретического материала</li> <li>2. Решение задач</li> </ol>
Стационарные модели авторегрессии-скользящего среднего <i>ARMA(p, q)</i> .	Лабораторные занятия	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изложение теоретического материала</li> <li>2. Решение задач</li> </ol>

Нестационарные временные ряды	Лабораторные занятия	1. Изложение теоретического материала 2. Решение задач
Единичные корни и структурные сдвиги.	Лабораторные занятия	1. Самостоятельное изучение теоретического материала 2. Решение задач
Регрессионные динамические модели.	Лабораторные занятия	1. Изложение теоретического материала 2. Решение задач
Коинтеграция и модель коррекции ошибок.	Лабораторные занятия	1. Изложение теоретического материала 2. Решение задач
Модель векторной авторегрессии.	Лабораторные занятия	1. Изложение теоретического материала 2. Решение задач

Преподавание учебной дисциплины строится на сочетании лабораторных занятий и различных форм самостоятельной работы студентов.

В процессе освоения дисциплины используются следующие образовательные технологии, способы и методы формирования компетенций: интерактивные лекции, лабораторные занятия, выполнение индивидуальных заданий в рамках самостоятельной работы.

Самостоятельная работа студентов организуется в форме решения стандартных заданий и заданий повышенной сложности по предложенным тематикам, а также выполнении расчетных или курсовых работ, письменных домашних заданий.

#### **IV. Оценочные материалы для проведения текущей и промежуточной аттестации**

Для проведения текущей и промежуточной аттестации:

#### **ПК-1 Способен применять системный подход и математические методы в формализации решения прикладных задач**

ПК-1.1 Проводит анализ состояния разработок по теме исследуемой задачи

Форма аттестации: ответ по темам курса (зачёт)

Способ аттестации: устный или письменный

Критерии оценки:

- *ответ целостный, верный, теоретически обоснованный. Ключевые понятия и термины полностью раскрыты. Факты и примеры в полном объеме обосновывают выводы – 30 баллов;*
- *теоретическая аргументация неполная или смысл ключевых понятий не объяснен – 20 баллов;*
- *допущены ошибки, приведшие к искажению смысла. терминологический аппарат раскрыт – 10 баллов;*



- допущены ошибки, свидетельствующие о непонимании темы. Терминологический аппарат не раскрыт – 0 баллов;
- верно решены задачи, иллюстрирующая знание курса – 10 баллов;
- при решении задач, допущены арифметические ошибки – 5 баллов;
- при решении задач, допущены логические ошибки – 3 балла;
- решение задач неверно или отсутствует – 0 баллов.

ПК-1.2 Осуществляет формальную постановку исследуемой задачи

Форма аттестации: решение задач по темам курса (модуль):

1. случайный процесс и его числовые характеристики;
2. стационарные модели временных рядов;
3. ADL-модели;
4. нестационарные модели временных рядов;
5. коинтеграция и модель коррекции ошибки;
6. векторные авторегрессии.

Способ аттестации: письменный

Критерии оценки:

- решение полно и верно – 3 балла;
- решение верное, но недостаточно обоснованное или допущена арифметическая ошибка – 2 балла;
- в решении допущена логическая ошибка – 1 балл;
- решение отсутствует или неверно – 0 баллов.

ПК-1.3 Дает научное обоснование выбора метода и решает прикладную задачу

Форма аттестации: решение задач по темам курса (домашние задания):

1. случайный процесс и его числовые характеристики;
2. стационарные модели временных рядов;
3. ADL-модели;
4. нестационарные модели временных рядов;
5. коинтеграция и модель коррекции ошибки;
6. векторные авторегрессии.

Способ аттестации: письменный

Критерии оценки:

- доказательство полно и верно – 3 балла.
- доказательство о верное, но в полной мере не обоснованное – 2 балла.
- в доказательстве допущена логическая ошибка – 1 балл.
- доказательство отсутствует или неверно – 0 баллов.

ПК-1.4 Проводит аттестацию результатов научных исследований

Форма аттестации: выполнение расчетной работы по анализу стационарных моделей временных рядов

Способ аттестации: письменный

Критерии оценки:

- *все расчеты произведены верно, выводы обоснованы и правильно аргументированы – 20 баллов;*
- *все расчеты произведены верно, выводы обоснованы, но в ответе присутствуют ошибки, свидетельствующие о недостаточном понимании некоторых разделов курса – 15 баллов;*
- *расчеты верны, но аргументация неполна или частично неверна – 10 баллов;*
- *верно решена только часть заданий, аргументация отсутствует – 5 баллов;*
- *решения не верны или отсутствуют – 0 баллов.*

**ПК-5 Способен проводить обследование организаций, выявлять информационные потребности пользователей, формировать требования к информационной системе**

ПК-5.1 использует методы математического (имитационного) моделирования для анализа экономических процессов и систем

Форма аттестации: ответ на вопросы по теоретическим основам статистического анализа временных рядов:

- *МНК и его свойства;*
- *нестационарность и её последствия;*
- *ARMA(p,q) модели: идентификация, оценка, проверка на адекватность, прогноз;*
- *понятие единичного корня;*
- *критерии Дики-Фуллера;*
- *коинтеграция и способ её выявления;*
- *VAR модели: особенности построения, оценка, интерпретация результатов с помощью специальных функций, причинность.*

Способ аттестации: устный

Критерии оценки:

- *правильный развернутый ответ – 5 баллов;*
- *правильный сжатый ответ – от 3 до 4 баллов;*
- *ответ в целом неправильный, но есть корректные идеи – 1 или 2 балла;*

- *ответ неверный – 0 баллов*

ПК-5.2 Разрабатывает математические модели конкретных экономических процессов и систем

Форма аттестации: выполнение расчетной работы по анализу нестационарных моделей временных рядов

Способ аттестации: письменный

Критерии оценки:

- *все расчеты произведены верно, выводы обоснованы и правильно аргументированы – 20 баллов;*
- *все расчеты произведены верно, выводы обоснованы, но в ответе присутствуют ошибки, свидетельствующие о недостаточном понимании некоторых разделов курса – 15 баллов;*
- *расчеты верны, но аргументация неполна или частично неверна – 10 баллов;*
- *верно решена только часть заданий, аргументация отсутствует – 5 баллов;*
- *решения не верны или отсутствуют – 0 баллов.*

## **V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **а) основная литература:**

1. Эконометрика : учебник / К.В. Балдин, В.Н. Башлыков, Н.А. Брызгалов и др. ; под ред. В.Б. Уткина. - 2-е изд. - Москва : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2017. - 562 с. : ил. - Библиогр.: с. 473-477. - ISBN 978-5-394-02145-9 ; То же [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=452991>
2. Новиков, А. И. Эконометрика : учебное пособие / А. И. Новиков. – 3-е изд. – Москва : Дашков и К°, 2021. – 224 с. : ил., табл., граф. – (Учебные издания для бакалавров). – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=684224> (дата обращения: 06.10.2023). – Библиогр.: с. 222. – ISBN 978-5-394-04051-1. – Текст : электронный.

### **б) дополнительная литература:**

1. Эконометрика: Учеб. пособие / Л.Е. Басовский. — М.: РИОР: ИНФРА-М, 2017. — 48 с. — [Электронный ресурс] .- Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=559446>
2. Артамонов, Н.В. Введение в эконометрику / Н.В. Артамонов. - Москва : МЦНМО, 2011. - 204 с. - ISBN 978-5-94057-727-0 ; То же [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=63323>

## 2) Программное обеспечение

<b>Компьютерный класс факультета прикладной математики и кибернетики № 249 (170002, Тверская обл., г.Тверь, Садовый переулок, д.35)</b>	
Cadence SPB/OrCAD 16.6	Государственный контракт на поставку лицензионных программных продуктов 103 - ГК/09 от 15.06.2009
FidesysBundle 1.4.43 x64	Акт приема передачи по договору №02/12-13 от 16.12.2013
Google Chrome	бесплатно
JetBrains PyCharm Community Edition 4.5.3	бесплатно
Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows	Акт на передачу прав ПК545 от 16.12.2022
Lazarus 1.4.0	бесплатно
Mathcad 15 M010	Акт предоставления прав ИС00000027 от 16.09.2011
MATLAB R2012b	Акт предоставления прав № Us000311 от 25.09.2012
MiKTeX 2.9	бесплатно
NetBeans IDE 8.0.2	бесплатно
Notepad++	бесплатно
OpenOffice	бесплатно
Origin 8.1 Sr2	договор №13918/M41 от 24.09.2009 с ЗАО «СофтЛайн Трейд»
Python 3.4.3	бесплатно
Python 3.5.1 (Anaconda3 2.5.0 64 bit)	бесплатно
R for Windows 3.3.2	бесплатно
STATGRAPHICS Centurion XVI.И	Акт приема-передачи № Tr024185 от 08.07.2010
Многофункциональный редактор ONLYOFFICE бесплатное ПО	бесплатно
ОС Linux Ubuntu бесплатное ПО	бесплатно

б) Свободно распространяемое программное обеспечение

## 3) Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

## 4) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины:

- 1) <http://www.quantile.ru/06/06-AT.pdf> – статья С. Анатольева и А.Цыплакова «Советы изучающим эконометрику. Где найти данные в сети?»

- 2) <http://ecsocman.hse.ru/text/20293041/> – Федеральный образовательный портал ЭСМ: Эконометрическая страничка

## VI. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Важной составляющей данного раздела РПД являются требования к рейтинг-контролю с указанием баллов, распределенных между модулями и видами работы обучающихся.

### Если зачет:

Максимальная сумма баллов по учебной дисциплине, заканчивающейся зачетом, по итогам семестра составляет 100 баллов (50 баллов - 1-й модуль и 50 баллов - 2-й модуль).

Студенту, набравшему 40 баллов и выше по итогам работы в семестре, в экзаменационной ведомости и зачетной книжке выставляется оценка «зачтено». Студент, набравший до 39 баллов включительно, сдает зачет.

Распределение баллов по модулям устанавливается преподавателем и может корректироваться.

**Рубежной формой** контроля успеваемости студентов зачет.

**Текущий контроль** осуществляется по заданиям, предназначенным для самостоятельного выполнения.

**Промежуточный контроль** включает 2 письменные работы и осуществляется в процессе обучения в соответствии со сроками, установленными учебным планом. По его результатам проставляются текущие баллы в учетных ведомостях, которые ведет преподаватель.

**Результирующая оценка** за семестр складывается из

- текущего рубежного контроля;
- самостоятельной работы студентов;
- экзаменационной оценки.

Распределения баллов по каждому модулю и рубежному контролю выглядит следующим образом:

Содержание работы	Мо	Мод
	дуль 1	уль 2
Контрольная работа	10	10
Расчетное задание	20	20
Зачет	40	

*Тематика практических занятий*

Тема 1. Последствия нарушения основных предположений линейной регрессионной модели: гетероскедастичность и автокорреляция.

Тема 2. Стационарные модели временных рядов и методы их оценки.

Тема 3. Динамические модели и их применения для анализа социально-экономических показателей.

Тема 4. Нестационарные модели временных рядов и методы их оценки.

Тема 5. Коинтеграция и ее практический смысл. Методы проверки на коинтеграцию.

Тема 6. Векторные авторегрессии и модели коррекции ошибки.

### **Контрольные вопросы.**

1. Классическая нормальная линейная регрессионная модель.
2. Метод наименьших квадратов.
3. Метод наибольшего правдоподобия.
4. Свойства оценок МНК при выполнении предположений классической нормальной линейной модели регрессии.
5. Автокорреляция и ее последствия.
6. Методы выявления автокорреляции.
7. Оценка моделей в присутствии автокорреляции.
8. Временной ряд. Стационарные и нестационарные модели временных рядов.
9. Автокорреляционная и частная автокорреляционная функции. Система уравнений Юла-Уолкера.
10. Процессы  $AR(p)$  и их свойства.
11. Процессы  $MA(q)$  и их свойства.
12. Процессы  $ARMA(p,q)$  и их свойства.
13. Процессы  $ARMA(p,q)$ : идентификация, оценка, проверка адекватности.
14. Модели с распределенными лагами: полиномиальный и геометрические лаги.
15. Преобразование Койка.
16. Прогнозирование с помощью  $ARMA(p,q)$  моделей.
17. Ложная регрессия.
18. Трендово-стационарные и дифференциально-стационарные временные ряды.
19.  $ARIMA(p,d,q)$  модели и их свойства.
20. Критерий Дики-Фуллера.
21. Критерий Филипса-Перрона.
22. Влияние структурных сдвигов на стационарность процесса.
23. Коинтеграция: определение и смысловая интерпретация.
24. Двухшаговая процедура Энгла-Гренжера.
25. Векторная модель авторегрессии: определение, свойства, виды, методы оценки.
26. Функции отклика и функции разложения дисперсии.

27. Причинность.

28. Векторная модель коррекции ошибки. Тест Йохансена.

### Типовые тесты

#### Примерный вариант контрольной работы №1.

1) Случайный процесс  $\{Y_t\}$  имеет следующий вид:  $Y_t = 0,1Y_{t-1} + 0,4Y_{t-2} + \varepsilon_t$ , где  $\{\varepsilon_t\}$  – белый шум. Проверить процесс на стационарность. Найти математическое ожидание, дисперсию и корреляционную функцию процесса. Найти значения частной автокорр. функции,  $k = 1, 2, 3$ . Представить процесс в виде  $MA(\infty)$  - модели.

2) Найти параметры  $p, q$  и коэффициенты  $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_p$  и  $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$  модели  $ARMA(p, q)$ , если известны значения  $\varphi_{11} = 13/14$ ,  $\varphi_{22} = -0,4$ , и  $\varphi_{ss} = 0, s \geq 3$  его частной автокорр. функции.

3) Пусть  $Y_{1t}$  и  $Y_{2t}$  два независимых  $AR(1)$  – процесса:  $Y_{1t} = \varphi_1 Y_{1t-1} + \varepsilon_{1t}$ , где  $Y_{2t} = \varphi_2 Y_{2t-1} + \varepsilon_{2t}$ , где  $\{\varepsilon_{1t}\}, \{\varepsilon_{2t}\}$  – независимые белые шумы. Показать, что процесс  $Y_{3t} = Y_{1t} + Y_{2t}$  есть  $ARMA(2, 1)$  – процесс.

#### Примерный вариант контрольной работы №2.

I. По данным о жилищном строительстве в частном секторе в Англии в период с 1948 по 1984 годы были получены следующие результаты:

$$\begin{cases} \Delta X_t = 31.03 - 0.188 X_{t-1} + u_t \\ (se) = (12.50) (0.080) \\ DW = 0.235 \end{cases}$$

1. На основании полученных результатов можно ли сделать вывод о стационарности изучаемого временного ряда? Аргументируйте свой ответ.
2. Рассматриваемое уравнение не содержит аугментированных членов. В каком случае может понадобиться их добавление? Что можно сказать про рассмотренную регрессию, если принять во внимание следующие результаты:

<i>ADF статистика для <math>\Delta X_t</math></i>	<i>Количество аугментированных членов (<math>\Delta x_{t-1}, \dots, \Delta x_{t-k}</math>)</i>	<i>F - статистика для проверки на автокорреляцию до 5<sup>го</sup> порядка</i>
-1.35	0	23.13*
-2.57	1	17.31*
-3.13	2	1.63

-2.90	3	1.41
-------	---	------

**Замечание:** \* означает, что  $F$  - статистика значима на 5% уровне

3. Рассмотрим следующее регрессионное уравнение:

$$\begin{cases} \Delta^2 X_t = 4.76 - 1.39 X_{t-1} + 0.313 \Delta^2 X_{t-1} + z_t \\ (se) = (5.06) \quad (0.236) \quad (0.163) \\ DW = 1,987 \end{cases}$$

На основе полученных результатов, сделать вывод о порядке интегрирования изучаемого ряда.

II. Рассматривается следующая VAR(2) модель

$$\begin{aligned} y_t &= 0.2 + 0.1 * y_t - 0.2 * x_t + 0.006 * y_{t-1} - 0.01 * x_{t-1} + \varepsilon_{1t} \\ x_t &= 0.8 - 0.203 * y_t + 0.5 * x_t + 0.03 * y_{t-1} - 0.02 * x_{t-1} + \varepsilon_{2t} \end{aligned}$$

где матрица ковариаций ошибок  $\Sigma = \begin{pmatrix} 1 & 0.16 \\ 0.16 & 1 \end{pmatrix}$ .

Выписать рекурсивную и приведенную VAR и найти матрицу ковариаций ошибок в соответствующих моделях.

### Примерные задания для самостоятельного выполнения

1. Стационарные ARMA(p,q) модели и их свойства.

№ Варианта	ФИО	Индексы
1	Иванов Иван Иванович	DJNDUS, NASA100, FTSE100

Исследуется динамика обменного курса валюты.

1) Сгенерировать ряд доходностей для выбранной валюты по формуле:

$$ret_t = \ln y_t - \ln y_{t-1},$$

где  $y_t$  - текущий курс выбранной валюты.

- 2) Вычислить основные числовые статистики, включая асимметрию и коэффициент эксцесса и построить гистограмму. Провести анализ данных на нормальность. Построить графики квантилей для нормального распределения и распределения Стьюдента.
- 3) Вычислить значения ACF и PACF и Q – статистики. Проверить на значимость с помощью доверительных границ и критерия Стьюдента. Определить возможные порядки модели ARMA(p,q).
- 4) Провести оценку возможных моделей типа ARMA(p,q)/GARCH, (взять  $p, q \leq 4$ ) и сравнить результаты по значению информационных критериев. Выбрать наилучшие(ую) модели по значению информационных критериев и проверить качество подгонки: значимость параметров, отсутствие



автокорреляции в остатках модели, нормальность.

- 5) Вычислить величину критерия Поскитта – Тримейна. И определить портфели лучших моделей по обоим критериям. Провести оценку лучших моделей выбранных моделей по обоим критериям. Выписать характеристические уравнения и найти корни. Проверить ряд на стационарность. Если выбираются разные модели сравнить их поведение краткосрочное и долгосрочное.

## 2. Нестационарные ARMA(p,q) модели и их свойства.

№ Варианта	ФИО	Индексы
1	Иванов Иван Иванович	DJNDUS, NASA100, FTSE100

1. Для заданного временного ряда проверить гипотезу о существовании единичного корня. Выяснить порядок интеграции заданного временного ряда. Обосновать выбор спецификации теста Дикки - Фуллера. Выделить детерминированный тренд, если он есть, и выписать его уравнение. Обосновать включение лагированных значений зависимой переменной. Являются ли результаты оценки одинаковыми на всем периоде?
2. Для заданных двух рядов провести анализ коинтегрируемости по методологии Гренжера. Обосновать выбор модели. Являются ли результаты оценки одинаковыми на всем периоде?
3. Для заданного набора временных рядов провести оценку модели векторной авторегрессии. Обосновать выбор порядка модели. Посмотреть функции отклика, разложение дисперсии и прокомментировать результаты. Провести анализ взаимосвязи переменных, изучая причинность по Гренжеру. Являются ли результаты оценки устойчивыми (одинаковыми на всем периоде)?
4. Построить прогноз будущего значения курса финансового актива с помощью различных моделей (RW, AR, VAR), оценить ошибки прогноза и сравнить предсказательную силу моделей.
5. Для заданных трех рядов провести анализ коинтегрируемости по методологии Йохансена и провести оценку модели векторной коррекции ошибки.
6. Проанализировать полученные результаты.

**Перечень педагогических и информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (по необходимости)**

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки реализация компетентностного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе по данной дисциплине активных и

интерактивных форм проведения занятий, в частности, компьютерные симуляции и разбор конкретных ситуаций в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах составляет не менее 29% аудиторных занятий. На внеаудиторную работу отводится до 71% всей учебной работы.

При изучении дисциплины используются следующие педагогические и образовательные технологии: технологии проблемного обучения (проблемные лекции, решение учебно-профессиональных задач на практических занятиях); интерактивные технологии (лекции-диалоги, коллективное обсуждение различных подходов к решению учебно-профессиональных задач); информационно-коммуникативные образовательные технологии (слайд-лекции, моделирование изучаемых явлений, презентация учебных материалов, облачные технологии); технологии проектного обучения (разработка и презентация научно-исследовательских проектов).

## **VII. Материально-техническое обеспечение**

Для материально-технического обеспечения дисциплины используются: научная библиотека, компьютерный класс с установленным требуемым программным обеспечением, аудитория, оборудованная аппаратурой для демонстрации презентаций и видеоматериалов, доступных в Интернете.

Для материально-технического обеспечения дисциплины используются: научная библиотека, компьютерный класс с установленным требуемым программным обеспечением, аудитория, оборудованная аппаратурой для демонстрации презентаций и видеоматериалов, доступных в Интернете.

Компьютерный класс факультета ПМиК № 249 (170002, Тверская обл., г.Тверь, Садовый переулок, д.35)	Набор учебной мебели, компьютер, проектор.
---	--

## **VIII. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины**

№ п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины	Описание внесенных изменений	Дата и протокол заседания кафедры, утвердившего изменения

1.	3. Объем дисциплины	Выделение часов на практическую подготовку	От 29.10.2020 года, протокол № 3 ученого совета факультета
2.	II. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий	Выделение часов на практическую подготовку	От 29.10.2020 года, протокол № 3 ученого совета факультета
3.	3. Объем дисциплины. II. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий	Изменения в учебные планы и обновление рабочих программ практик, рабочих программ дисциплин в части включения часов практической подготовки.	Решение научно-методического совета (протокол №1 от 09.09.2020 г.).
4.	4. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы	Изменения в учебные планы и в рабочие программы дисциплин, формирующих новые/измененные компетенции в соответствии с приказом Минобрнауки России от 26.11.2020 г. №1456.	Решение научно-методического совета (протокол №6 от 02.06.2021 г.)
5	I. Аннотация. IV. Оценочные материалы для проведения текущей и промежуточной аттестации	Изменения в учебные планы и в рабочие программы дисциплин, формирующих новые/ измененные компетенции в соответствии с приказом Минобрнауки России	Протокол № 7 заседания ученого совета от 30.12.2021 года

		от 26.11.2020 г. № 1456	
6	V. Учебно-методическое и информационное обеспечение, необходимое для проведения практики 2) Программное обеспечение	Внесены изменения в программное обеспечение	От 29.09.2022 года, протокол № 2 ученого совета факультета
7	VII. Материально-техническое обеспечение	Внесены изменения в материально-техническое обеспечение аудиторий	От 29.09.2022 года, протокол № 2 ученого совета факультета
	VII. Материально-техническое обеспечение	Внесены изменения в материально-техническое обеспечение аудиторий	От 22.08.2023 г., протокол № 1 заседания ученого совета факультета