

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич  
Должность: врио ректора  
Дата подписания: 16.07.2024 09:23:02  
Уникальный программный ключ:  
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

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

Утверждаю:

Руководитель ООП:

С.М. Дудаков

2022 г.



Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

## АНАЛИЗ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

01.03.02. Прикладная математика и информатика

Профиль подготовки

Системный анализ

Для студентов IV курса

Очная форма

Составители: к.ф.-м.н., доцент Сидорова О.И.

Тверь, 2022

## I. Аннотация

### 1. Цель и задачи дисциплины

Цели изучения дисциплины: формирование у обучающихся представления о современных подходах и инструментах анализа и прогнозирования социально-экономических систем, ознакомление с основными понятиями теории временных рядов и специфическими для этой ситуации методами оценивания эконометрических моделей.

Задачи изучения дисциплины: формирование навыков работы с реальными массивами экономических данных, ознакомление с современным эконометрическим программным обеспечением, приобретение навыков программной реализации и апробации методов оценки моделей временных рядов на современных языках программирования.

### 2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к Блоку 1, части, формируемой участниками образовательных отношений, раздела «Элективные дисциплины 2».

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.

**3. Объем дисциплины:** 4 зачетных единиц, 144 академических часов, в том числе:

**контактная аудиторная работа:** лекции 30 часов, практические занятия 0 часов; лабораторные занятия 15 часов, в т.ч. практическая подготовка 15 часов.

**контактная внеаудиторная работа:** контроль самостоятельной работы 10, в том числе РГР 10;

**самостоятельная работа:** 89 часов, в том числе контроль 27.

**4. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-3 Способность	ПК-3.1 Осуществляет сбор и проводит анализ

собирать, обрабатывать и анализировать данные для решения прикладных задач	свойств исходных данных по прикладной задаче  ПК-3.2 Применяет современные методы обработки и анализа данных для информационного обеспечения решения прикладных задач
ПК-4 Способность разрабатывать и использовать программное обеспечение для решения задач системного анализа	ПК-4.1 Разрабатывает отдельный программный модуль для решения отдельных подзадач ПК-4.2 Осуществляет программную реализацию отдельного модуля программного обеспечения с учетом информационных взаимосвязей с другими модулями ПК-4.3 Применяет существующее или разработанное программное обеспечение для решения прикладных задач системного анализа

**5. Форма промежуточной аттестации – экзамен, РГР - 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 работа, в том числе Контроль (час.)
		Лекции	Лабораторные занятия		
			всего	в т.ч. практическая подготовка	
		о	о		

<p><b>Классическая линейная регрессионная модель</b></p> <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>	10	5	1	1	4
<p><b>Понятие случайного процесса и его основные характеристики.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Понятие случайного 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>	10	5	1	1	4
<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: оценка коэффициентов, оценка качества подгонки с помощью информационных критериев и «портманто»-статистики, подход Бокса-Дженкинса к идентификации.</li> <li>• Прогнозирование в модели Бокса-Дженкинса.</li> </ul>	15	4	1	1	10

<p><b>Регрессионные динамические модели.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Регрессионные динамические модели.</li> <li>Модели Койка и Алмон.</li> <li>Авторегрессионные модели с распределенными лагами (<i>ADL</i>). Краткосрочные и долгосрочные решения.</li> </ul>	25	4	2	2	19
<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. Трендово- и дифференциально-стационарные ряды. Модели <i>ARIMA(p, I, q)</i>. Определение 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 единичные корни.</li> </ul>	18	4	2	2	12
<p><b>Коинтеграция и модель коррекции ошибок.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Понятие коинтеграции временных рядов.</li> <li>Коинтеграционная регрессия.</li> <li>Тестирование коинтеграции помощью 2-х шаговой процедуры Энгла-Гренжера.</li> <li>Модель коррекции ошибок (<i>Error Correction Model</i>).</li> </ul>	18	4	4	4	10
<p><b>Модель векторной авторегрессии.</b></p> <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. <i>PSS</i>-подход к оценке многомерной коинтеграции.</li> <li>Причинность по Грэнджеру (<i>Granger causality</i>). Проблема экзогенности, тест Хаусмана.</li> </ul>	38	4	4	4	30
<b>ИТОГО: РГР - 10</b>	144	30	15	15	89

### III. Образовательные технологии

Учебная программа – наименование разделов и тем (в строгом соответствии с разделом II РПД)	Вид занятия	Образовательные технологии
Классическая линейная регрессионная модель	Лекции, лабораторные занятия	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изложение теоретического материала (презентация)</li> <li>2. Решение задач</li> <li>3. Самостоятельное изучение теоретического материала</li> </ol>
Понятие случайного процесса и его основные характеристики.	Лекции, лабораторные занятия	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изложение теоретического материала (презентация)</li> <li>2. Самостоятельное изучение теоретического материала</li> </ol>
Стационарные модели авторегрессии-скользящего среднего $ARMA(p, q)$ .	Лекции, лабораторные занятия	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изложение теоретического материала (презентация)</li> <li>2. Решение задач</li> <li>3. Самостоятельное изучение теоретического материала</li> </ol>
Регрессионные динамические модели.	Лекции, лабораторные занятия	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изложение теоретического материала (презентация)</li> <li>2. Решение задач</li> <li>3. Самостоятельное изучение теоретического материала</li> </ol>
Нестационарные временные ряды.	Лекции, лабораторные занятия	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изложение теоретического материала (презентация)</li> <li>2. Решение задач</li> <li>3. Самостоятельное изучение теоретического материала</li> </ol>
Коинтеграция и модель коррекции ошибок.	Лекции, лабораторные занятия	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изложение теоретического материала (презентация)</li> <li>2. Решение задач</li> <li>3. Самостоятельное изучение теоретического материала</li> </ol>
Модель векторной авторегрессии.	Лекции, лабораторные занятия	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изложение теоретического материала (презентация)</li> <li>2. Решение задач</li> <li>3. Самостоятельное изучение теоретического материала</li> </ol>

Преподавание учебной дисциплины строится на сочетании лекций, лабораторных занятий и различных форм самостоятельной работы студентов, включая выполнение расчетно-графической работы.

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

Самостоятельная работа студентов организуется в форме решения заданий 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-3 Способность собирать, обрабатывать и анализировать данные для решения прикладных задач**

ПК-3.1 Осуществляет сбор и проводит анализ свойств исходных данных по прикладной задаче

Форма аттестации: ответ по темам курса (экзамен)

Способ аттестации: устный

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-3.2 Применяет современные методы обработки и анализа данных для информационного обеспечения решения прикладных задач

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

Способ аттестации: устный

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-4 Способность разрабатывать и использовать программное обеспечение для решения задач системного анализа**

ПК-4.1 Разрабатывает отдельный программный модуль для решения отдельных подзадач

Форма аттестации: выполнение расчетно-графической работы (теоретическая часть)

Способ аттестации: 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-4.2 Осуществляет программную реализацию отдельного модуля программного обеспечения с учетом информационных взаимосвязей с другими модулями

Форма аттестации: выполнение курсовой работы (практическая часть: программная реализация)

Способ аттестации: письменный

Критерии оценки:

- *все расчеты произведены верно, выводы обоснованы и правильно аргументированы – 50 баллов;*
- *все расчеты произведены верно, выводы обоснованы, но в ответе присутствуют ошибки, свидетельствующие о недостаточном понимании некоторых разделов курса – 30-49 баллов;*
- *расчеты верны, но аргументация неполна или частично неверна – 10-29 баллов;*



- *верно решена только часть заданий, аргументация отсутствует – 1-9 баллов;*
- *решения не верны или отсутствуют – 0 баллов.*

ПК-4.3 Применяет существующее или разработанное программное обеспечение для решения прикладных задач системного анализа

Форма аттестации: выполнение курсовой работы (практическая часть: программная реализация)

Способ аттестации: письменный

Критерии оценки:

- *все расчеты произведены верно, выводы обоснованы и правильно аргументированы – 50 баллов;*
- *все расчеты произведены верно, выводы обоснованы, но в ответе присутствуют ошибки, свидетельствующие о недостаточном понимании некоторых разделов курса – 30-49 баллов;*
- *расчеты верны, но аргументация неполна или частично неверна – 10-29 баллов;*
- *верно решена только часть заданий, аргументация отсутствует – 1-9 баллов;*
- *решения не верны или отсутствуют – 0 баллов.*

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

### **1) Рекомендуемая литература**

#### **а) основная литература:**

1. Айвазян, С. А. Методы эконометрики: Учебник / С.А. Айвазян; Московская школа экономики МГУ им. М.В. Ломоносова (МШЭ). - Москва: Магистр: ИНФРА-М, 2020. - 512 с. - ISBN . - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1043084>
2. Девидсон, Р. Дэвидсон, Р. Теория и методы эконометрики: учебник / Рассел Дэвидсон, Джеймс Г. Мак-Киннон ; пер. с англ. под науч. ред. Е. И. Андреевой. - Москва: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2018. - 936 с. - (Академический учебник). - ISBN 978-5-7749-1205-6. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1085554>
3. Сток, Д. Введение в эконометрику / Д. Сток, М. Уотсон; пер. с англ.; под науч. ред. М.Ю. Турунцевой. - Москва: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2015. - 864 с. - (Академический учебник). - ISBN 978-5-7749-0865-3. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1043159>
4. 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>

**б) дополнительная литература:**

1. Айвазян, С. А. Эконометрика - 2: продвинутый курс с приложениями в финансах: Учебник / С.А. Айвазян, Д. Фантацини; Московская школа экономики МГУ им. М.В. Ломоносова (МШЭ). - Москва : Магистр: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 944 с. ISBN 978-5-9776-0333-. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/472607>
2. Интеллектуальный анализ временных рядов [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Н.Г. Ярушкина, Т.В. Афанасьева, И.Г. Перфильева. - М.: ИД ФОРУМ: ИНФРА-М, 2012. - 160 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=249314>
3. Тимофеев В.С. Эконометрика [Электронный ресурс] : учебник / В.С. Тимофеев, А.В. Фаддеев, В.Ю. Щеколдин. - Новосибирск: НГТУ, 2014. - 345 с. : табл., граф., схем., ил. - (Учебники НГТУ). - Библиогр.: с. 306-312. - ISBN 978-5-7782-1222-0; То же [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436285>
4. Эконометрика [Электронный ресурс] : учебник / В.А. Колемаев. - М.: ИНФРА-М, 2017. - 160 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=768143>

**2) Программное обеспечение**

а) Лицензионное программное обеспечение

<b>Компьютерный класс факультета прикладной математики и кибернетики № 4б (170002, Тверская обл., г.Тверь, Садовый переулок, д.35)</b>	
Adobe Acrobat Reader DC - Russian	бесплатно
Apache Tomcat 8.0.27	бесплатно
Cadence SPB/OrCAD 16.6	Государственный контракт на поставку лицензионных программных продуктов 103 - ГК/09 от 15.06.2009
GlassFish Server Open Source Edition 4.1.1	бесплатно
Google Chrome	бесплатно
Java SE Development Kit 8 Update 45 (64-bit)	бесплатно
JetBrains PyCharm Community Edition 4.5.3	бесплатно
JetBrains PyCharm Edu 3.0	бесплатно
Kaspersky Endpoint Security	Акт на передачу прав ПК545 от

10 для Windows	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
Многофункциональный редактор ONLYOFFICE бесплатное ПО	бесплатно
ОС Linux Ubuntu бесплатное ПО	бесплатно
MiKTeX 2.9	бесплатно
MSXML 4.0 SP2 Parser and SDK	бесплатно
NetBeans IDE 8.0.2	бесплатно
NetBeans IDE 8.2	бесплатно
Notepad++	бесплатно
Oracle VM VirtualBox 5.0.2	бесплатно
Origin 8.1 Sr2	договор №13918/M41 от 24.09.2009 с ЗАО «СофтЛайн Трейд»
Python 3.1 pygame-1.9.1	бесплатно
Python 3.4 numpy-1.9.2	бесплатно
Python 3.4.3	бесплатно
Python 3.5.1 (Anaconda3 2.5.0 64-bit)	бесплатно
WCF RIA Services V1.0 SP2	бесплатно
WinDjView 2.1	бесплатно
R Studio	бесплатно
Anaconda3 2019.07 (Python 3.7.3 64-bit)	бесплатно

б) Свободно распространяемое программное обеспечение

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

1. ЭБС «ZNANIUM.COM» [www.znanium.com](http://www.znanium.com);
2. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <https://biblioclub.ru/>;
3. ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com>.

### 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 материалы 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.

Максимальная сумма баллов по учебной дисциплине, заканчивающейся экзаменом, по итогам семестра составляет 60 баллов (30 баллов - 1-й модуль и 30 баллов - 2-й модуль).

Обучающемуся, набравшему 40–54 балла, при подведении итогов семестра (на последнем занятии по дисциплине) в рейтинговой ведомости учета успеваемости и зачетной книжке может быть выставлена оценка «удовлетворительно».

Обучающемуся, набравшему 55–57 баллов, при подведении итогов семестра (на последнем занятии по дисциплине) в графе рейтинговой ведомости учета успеваемости «Премииальные баллы» может быть добавлено 15 баллов и выставлена экзаменационная оценка «хорошо».

Обучающемуся, набравшему 58–60 баллов, при подведении итогов семестра (на последнем занятии по дисциплине) в графе рейтинговой ведомости учета успеваемости «Премииальные баллы» может быть добавлено 27 баллов и выставлена экзаменационная оценка «отлично». В каких-либо иных случаях добавление премиальных баллов не допускается.

Обучающийся, набравший до 39 баллов включительно, сдает экзамен.

Распределение баллов по модулям устанавливается преподавателем и может корректироваться.

***В самостоятельную работу*** студента входит

- изучение основной и дополнительной учебной литературы по курсу;
- выполнение домашних заданий;
- выполнение расчетно-графической работы;
- подготовка к модулям и экзамену.

**Рубежной формой** контроля успеваемости студентов является экзамен.

**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.

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

<b>Содержание работы</b>	<b>Модуль 1</b>	<b>Модуль 2</b>
Контрольная работа	20	20
РГР	20	
Экзамен	40	

### **Вопросы к экзамену.**

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 Филиппса-Перрона.
22. Коинтеграция: определение и смысловая интерпретация.
23. Двухшаговая процедура Энгла-Гренжера.
24. Векторная модель авторегрессии: определение, свойства, виды, методы оценки.

25. Функции отклика и функции разложения дисперсии.
26. Причинность.
27. Векторная модель коррекции ошибки. Тест Йохансена.
28. PSS-тест на коинтеграцию.

### *Типовые задачи на модуль*

#### **Модуль 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: 
$$\begin{aligned} Y_{1t} &= \varphi_1 Y_{1t-1} + \varepsilon_{1t}, \\ Y_{2t} &= \varphi_2 Y_{2t-1} + \varepsilon_{2t}, \end{aligned}$$
 где  $\{\varepsilon_{1t}\}, \{\varepsilon_{2t}\}$  – независимые белые шумы. Показать, что процесс  $Y_{3t} = Y_{1t} + Y_{2t}$  есть  $ARMA(2, 1)$  – процесс.

#### **Модуль 2.**

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

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

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

$$y_t = 0.2 + 0.1 * y_t - 0.2 * x_t + 0.006 * y_{t-1} - 0.01 * x_{t-1} + \varepsilon_{1t}$$

$$x_t = 0.8 - 0.203 * y_t + 0.5 * x_t + 0.03 * y_{t-1} - 0.02 * x_{t-1} + \varepsilon_{2t}$$

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.

## **Методические указания для выполнения расчетно-графической работы**

### **Тема**

Анализ временных рядов. Вариант №...

### **Задание.**

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.

**Оценка за работу.**



По результатам выполнения работы проводится собеседование со студентами, в ходе которого проверяется степень владения теоретическим материалом, необходимым для выполнения работы и степень владения основными методами, применяемыми при решении задач математической статистики. Итоговая оценка выставляется с учетом результатов собеседования.

## VII. Материально-техническое обеспечение

<p>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, Учебная аудитория № 310 (170002, Тверская область, г.Тверь, пер. Садовый, д.35)</p>	<p>Набор учебной мебели, меловая доска</p>
<p>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, Учебная аудитория № 205 (170002, Тверская область, г.Тверь, пер. Садовый, д.35)</p>	<p>Набор учебной мебели, экран, проектор.</p>
<p>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, Учебная аудитория № 318 (170002, Тверская область, г.Тверь, пер. Садовый, д.35)</p>	<p>Набор учебной мебели, экран, проектор.</p>
<p>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, Учебная аудитория № 3л</p>	<p>Набор учебной мебели, экран, компьютер, проектор, МФУ.</p>

(170002, Тверская область, г.Тверь, пер.  
Садовый, д.35)

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

<b>п.п.</b>	<b>Обновленный раздел рабочей программы дисциплины</b>	<b>Описание внесенных изменений</b>	<b>Реквизиты документа, утвердившего изменения</b>
1.	I. 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 по темам	От 29.10.2020 года, протокол № 3 ученого совета факультета
.	11. 2) Программное обеспечение	Внесены изменения в программное обеспечение	От 29.09.2022 года, протокол № 2 ученого совета факультета
4.	13. Материально-техническое обеспечение	Внесены изменения в материально-техническое обеспечение аудиторий	От 29.09.2022 года, протокол № 2 ученого совета факультета
5.	11. 2) Программное обеспечение	Внесены изменения в список ПО	От 24.08.2023 года, протокол № 1 ученого совета факультета
6.	V. 1) Рекомендуемая литература	Обновление ссылок на литературу	От 24.08.2023 года, протокол № 1 ученого совета факультета
7.	3. Объем дисциплины	Перераспределение часов на лекции	Ученый совет

8.	II. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий	и лаб.занятия	факультета ПМиК от 29.12.2023, протокол №6
----	--	---------------	--