

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
М.В.ЛОМОНОСОВА»**

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

«УТВЕРЖДАЮ»

Декан экономического факультета МГУ

профессор _____ А.А.Аузан

«___» _____ 2020 год

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

ЭКОНОМЕТРИКА ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

Уровень высшего образования:

МАГИСТРАТУРА

Направление подготовки:

38.04.01. ЭКОНОМИКА

Форма обучения:

ОЧНАЯ

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методической комиссией экономического факультета
(протокол № _____, дата)

Москва 2020

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки магистратуры 38.04.01. Экономика

ОС МГУ утвержден решением Ученого совета МГУ имени М.В.Ломоносова от 28 декабря 2020 года, протокол №7

Год (годы) приема на обучение: 2020 и последующие

1. Место и статус дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы подготовки магистра

Статус дисциплины: *вариативная*

Триместр: 3

2. Входные требования (реквизиты) для освоения дисциплины

Для успешного освоения данного курса требуются знания и умения, полученные в следующих дисциплинах:

- Эконометрика (продвинутый уровень)
- Вероятностные модели

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), сопряженные с компетенциями
МПК-3. Способен использовать соответствующий математический аппарат и инструментальные средства для сбора, обработки, анализа и систематизации информации	МПК-3.И-1. Использует современные программные и аналитические средства для сбора, первичной обработки и анализа данных	МПК-3.И-1.3-1. Знает современные программные и аналитические способы сбора, анализа и систематизации информации МПК-3.И-1.У-1. Умеет применять современные программные и аналитические способы сбора, анализа и систематизации информации
ОПК-2. Способен применять продвинутые инструментальные методы экономического анализа в прикладных и (или) фундаментальных исследованиях.	ОПК-2.И-1. Владеет современными методами экономического анализа, математической статистики, анализа данных и эконометрики для решения теоретических и прикладных задач ОПК-2.И-2. Обрабатывает статистическую информацию и получает статистически обоснованные выводы	ОПК-2.И-1.У-2. Умеет использовать современные методы экономического анализа, математической статистики, анализа данных и эконометрики для решения прикладных задач ОПК-2.И-2.У-1. Умеет обрабатывать статистическую информацию и визуализировать данные ОПК-2.И-2.У-2. Умеет делать статистически обоснованные выводы, оценивать силу

		альтернативных гипотез на основе полученных результатов
--	--	---

4. Объем дисциплины по видам занятий

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единицы: 108 академических часов, в том числе 52 академических часа составляет контактная работа с преподавателем, 56 академических часов составляет самостоятельная работа магистранта.

5. Формат обучения

очный, с использованием обучающей среды Op.Ecop (при необходимости допускается применение дистанционных образовательных технологий).

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

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе						
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) <i>Виды контактной работы, часы</i>				Самостоятельная работа обучающегося <i>Виды самостоятельной работы, часы</i>		
		Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Всего	Изучение материалов курса	Подготовка к текущей аттестации	Всего
Тема 1. Введение в теорию случайных процессов	20	4	4	-	8	4	8	12
Тема 2. Стационарные временные ряды	32	8	8	-	16	4	8	16

Тема 3. Нестационарные временные ряды	32	8	8	-	16	8	8	16
Тема 4. Временные ряды с сезонной составляющей	20	4	4	-	8	4	8	12
Промежуточная аттестация – письменная работа	4							
Итого	108	48				56		

Краткое содержание тем дисциплины

Тема 1. Введение в теорию случайных процессов

Содержание темы:

Случайный процесс и его распределение, основные числовые характеристики: моменты первого и второго порядка. Производящая функция моментов. Характеристическая функция распределения. Лаговые операторы.

Основная литература:

1. Hamilton, J. D. (1994) Time series analysis. Princeton, NJ: Princeton University Press. <http://mayoral.iae-csic.org/timeseries2021/hamilton.pdf> Глава 14.
2. Hansen, B. (2022) Econometrics. University of Wisconsin. Princeton University Press. Электронный ресурс. URL: <https://www.ssc.wisc.edu/~bhansen/econometrics/> Глава 1, Глава 2.
3. Stock, J. H., and M. W. Watson. (2015). Introduction to econometrics. 5th ed. Boston: Pearson. Wooldridge, J. M. 2013. Introductory econometrics: A modern approach. 5th ed. Mason, OH: South-Western. Глава 14

Дополнительная литература

1. Хилл, Джонатан (2012) «Зависимость случайных процессов и теория стохастических пределов», Квантиль, №10, стр. 1–31 URL: <http://quantile.ru/10/10-Literacy.pdf>

Тема 2. Стационарные временные ряды

Содержание темы:

Стационарные временные ряды: модели, их свойства, методы оценивания. Белый шум (WN), гауссовский процесс авторегрессии конечного порядка (AR), процесс скользящего среднего конечного порядка (MA), процесс случайного блуждания (RW) и мартингалы. Их свойства и моменты распределения: безусловное математическое ожидание, безусловная дисперсия, автоковариация. Автокорреляционная функция, частная автокорреляционная функция. Стационарность в широком и узком смысле. Эргодичность процесса. Разложение Вольда. Тесты на единичный корень. Методология Бокса-Дженкинса для подбора модели семейства авторегрессии-скользящего среднего. Прогнозирование. Модель распределённых лагов и авторегрессионная модель распределённых лагов. Тестирование автокорреляции. Примеры. Стационарные временные ряды «для среднего» и «для волатильности». Модели из семейства с авторегрессионной условной гетероскедастичностью (GARCH). Кластеризация волатильности, применение моделей семейства GARCH для моделирования доходности.

Основная литература:

1. Hamilton, J. D. (1994) Time series analysis. Princeton, NJ: Princeton University Press. <http://mayoral.iae-csic.org/timeseries2021/hamilton.pdf> Глава 3, 4, 5.
2. Hansen, B. (2022) Econometrics. University of Wisconsin. Princeton University Press. Электронный ресурс. URL: <https://www.ssc.wisc.edu/~bhansen/econometrics/> Глава 14.
3. Stock, J. H., and M. W. Watson. (2015). Introduction to econometrics. 5th ed. Boston: Pearson. Wooldridge, J. M. 2013. Introductory econometrics: A modern approach. 5th ed. Mason, OH: South-Western. Глава 14.

Дополнительная литература

1. Анатольев, С. (2013). «Объекты неструктурного моделирования временных рядов», Квантиль, №11, стр. 1–11. URL: <http://quantile.ru/11/11-SA.pdf>
2. Росси, Э. (2010). «Одномерные GARCH-модели: обзор», Квантиль, №8, стр. 1–67. URL: <http://quantile.ru/08/08-ER.pdf>

Тема 3. Нестационарные временные ряды

Содержание темы:

Нестационарные временные ряды: модели, их свойства, методы оценивания. Порядок интегрированности ряда. Ложная регрессия на нестационарных временных рядах. Понятие коинтеграции. Коинтегрирующий вектор. Тестирование коинтеграции: процедура Энгла-Грейнджера, процедура Йохансена. Модель коррекции ошибок. Скорость сходимости при отклонении от равновесия.

Основная литература:

1. Hamilton, J. D. (1994) Time series analysis. Princeton, NJ: Princeton University Press. <http://mayoral.iae-csic.org/timeseries2021/hamilton.pdf> Глава 15, 17, 21.
2. Hansen, B. (2022) Econometrics. University of Wisconsin. Princeton University Press. Электронный ресурс. URL: <https://www.ssc.wisc.edu/~bhansen/econometrics/> Глава 16.
3. Stock, J. H., and M. W. Watson. (2015). Introduction to econometrics. 5th ed. Boston: Pearson. Wooldridge, J. M. 2013. Introductory econometrics: A modern approach. 5th ed. Mason, OH: South-Western. Глава 16.

Дополнительная литература

1. Анатольев, С., Господин Н. (2012) «Асимптотика почти единичных корней», Квантиль, №10, стр. 57–71. URL: <http://quantile.ru/10/10-AG.pdf>

Тема 4. Временные ряды с сезонной составляющей

Содержание темы:

Временные ряды с сезонной составляющей: модели, их свойства, методы оценивания. Разложение ряда на тренд, сезонную (циклическую) составляющую и белый шум. Одномерные фильтры. Скользящее среднее. Фильтр Ходрика-Прескотта: подбор параметра сглаживания. Многомерные фильтры. Фильтр Кальмана.

Основная литература:

1. Diebold, F. X. (2017): Forecasting in Economics, Business, Finance and Beyond. University of Pennsylvania, Электронный ресурс. URL: <http://www.ssc.upenn.edu/~fdiebold/Textbooks.html> Раздел III (стр. 109-331).
2. Hamilton, J. D. (1994) Time series analysis. Princeton, NJ: Princeton University Press. <http://mayoral.iae-csic.org/timeseries2021/hamilton.pdf> Глава 19.

Дополнительная литература

1. Hamilton J. D. Why you should never use the Hodrick-Prescott filter //Review of Economics and Statistics. – 2018. – Т. 100. – №. 5. – С. 831-843. URL: https://www.nber.org/system/files/working_papers/w23429/w23429.pdf
2. <https://www.kalmanfilter.net/default.aspx> — ресурс, посвящённый фильтру Кальмана

7. Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по дисциплине

7.1. Примеры оценочных средств:

Результаты обучения по дисциплине	Виды оценочных средств
МПК-3.И-1.3-1. Знает современные программные и аналитические способы сбора, анализа и систематизации информации	Домашние задания Письменная работа (экзамен)
МПК-3.И-1.У-1. Умеет применять современные программные и аналитические способы сбора, анализа и систематизации информации	
ОПК-2.И-1.У-2. Умеет использовать современные методы экономического анализа, математической статистики, анализа данных и эконометрики для решения прикладных задач	Домашние задания Письменная работа (экзамен)
ОПК-2.И-2.У-1. Умеет обрабатывать статистическую информацию и визуализировать данные	
ОПК-2.И-2.У-2. Умеет делать статистически обоснованные выводы, оценивать силу альтернативных гипотез на основе полученных результатов	

7.2. Критерии оценивания (баллы) по дисциплине:

Виды оценочных средств	Баллы
Домашние задания	120
Письменная работа (экзамен)	30

Критерий на положительную оценку на экзамене составляет 10 баллов из 30.

7.3. Оценка по дисциплине выставляется, исходя из следующих критериев:

Оценка	Минимальное количество баллов	Максимальное количество баллов
Отлично	127,5	150,0
Хорошо	97,5	127,0
Удовлетворительно	60,0	97,0
Неудовлетворительно	0,0	59,5

Примечание: в случае, если магистрант за триместр набирает менее 20% баллов от максимального количества по дисциплине, то уже на промежуточном контроле (и далее на пересдачах) действует следующее правило сдачи: «магистрант может получить только оценку «Удовлетворительно», и только если получит за промежуточный контроль, включающий весь материал дисциплины, не менее, чем 85% от баллов за промежуточный контроль».

7.4. Типовые задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения:

— *Примеры домашних заданий:*

Домашнее задание по теме 2:

В этом задании Вам предлагается оценить модель ARMA+APGARCH для доходности ценной бумаги. Задание сдаётся в виде 2 файлов: кода и отчёта в формате pdf с необходимыми пояснениями, таблицами и графиками (если они необходимы). В качестве исходных данных возьмите котировки любой ценной бумаги (или нефти), периодичность дневная. Длина ряда – 500-700 торговых дней.

Работа с описательной статистикой временного ряда:

1. Постройте гистограмму доходностей ряда.
2. Проверьте на нормальность двумя статистическими тестами (обоснуйте их выбор) и сделайте выводы.
3. Постройте график квантиль-квантиль и сделайте выводы.

Прогноз волатильности:

1. Выберите оптимальную модель из семейства ARMA+APGARCH. Объясните выбор параметров модели.
2. Постройте кривую VaR и проведите тест Купика.
3. Сделайте выводы. Приветствуются ссылки на аналитические материалы и/или эмпирические работы

— *Примеры задач из экзамена:*

Задача 1.

Для стационарного процесса ARMA(1,2):

$$y_t = 8 + 0.5 * y_{t-1} + \varepsilon_t + 0.25 * \varepsilon_{t-1} - 0.5 * \varepsilon_{t-2},$$

где ε_t — белый шум с дисперсией равной 12,

вычислите:

(а) (2) безусловное математическое ожидание и безусловную дисперсию,

(б) (2) коэффициенты автокорреляции первого, второго и третьего порядков.

(г) (2) Пусть известно, что $y_1 = 24$, $y_2 = 32$, $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 0$. Постройте прогноз переменной на четвертый период — y_4 . Постройте 95-процентный доверительный интервал для этого прогноза.

Задача 2

В процессе осуществления тестов Дики — Фуллера на основе данных по 1000 наблюдениям исследователь оценил два уравнения:

$$\Delta \hat{x}_t = \underset{(58,3)}{98,4} + \underset{(0,10)}{0,41} x_{t-1}; \quad \Delta \hat{y}_t = \underset{(21,4)}{-75,2} + \underset{(0,20)}{0,68} y_{t-1} + \underset{(0,01)}{0,12} \Delta y_{t-1}$$

(а) Следует ли сделать вывод о том, что ряд x_t является стационарным?

(б) Следует ли сделать вывод о том, что ряд y_t является стационарным? Подробно обоснуйте свой ответ, выпишите нулевую и альтернативную гипотезу в этом тесте. Примечание: соответствующая критическая статистика при 1% уровне значимости равна по абсолютной величине 3,98.

Задача 3

Рассмотрим пример модели распределенных лагов: x_t — инфляция в стране А, y_t — безработица в стране А,
 $y_t = b_0 + \delta_0 x_t + \delta_1 x_{t-1} + b_1 y_{t-1} + b_2 y_{t-2} + u_t$

В результате оценивания модели на основе данных по 120 ежемесячным наблюдениям исследователь получил следующее уравнение:

$$\hat{y}_t = \underset{(0,2)}{2,5} - \underset{(0,1)}{0,8} x_t - \underset{(0,21)}{0,5} x_{t-1} + \underset{(0,1)}{0,7} y_{t-1} + \underset{(0,15)}{0,4} y_{t-2}$$

Пусть в текущем периоде t инфляция растёт на 1 процентный пункт. Ответьте на эти вопросы с пояснениями (просто цифры для каждого пункта недостаточно)

(а) На сколько процентных пунктов в результате этого события изменится безработица по итогам текущего периода?

(б) На сколько процентных пунктов в результате этого события вырастет изменится безработица по итогам двух периодов (текущего и следующего)?

(в) Чему равен долгосрочный динамический эффект роста инфляции на 1 процентный пункт (долгосрочный динамический мультипликатор)?

7.5. Методические рекомендации и требования к выполнению заданий:

— Подготовка домашней работы

Необходимо изучить материалы аудиторных занятий (слайды, решения задач), и как минимум основную литературу по темам домашней работы, теоремы, определения и свойства, повтор практических примеров из семинарских занятий. Задание сдаётся в виде 2 файлов: кода и отчёта в формате pdf с необходимыми пояснениями, таблицами и графиками (если они необходимы). Нарушение академической этики

(списанный код или текст) приводит к обнулению работы.

— *Подготовка к промежуточной аттестации (письменной работе)*

Необходимо изучить материалы аудиторных занятий (слайды, решения задач), и как минимум основную литературу по темам всего курса, теоремы, определения и свойства, подготовиться к решению задач с применением теоретических знаний. Нарушение академической этики приводит к обнулению работы.

8. Ресурсное обеспечение

8.1. Перечень основной и дополнительной литературы

Основная литература:

1. Diebold, F. X. (2017): Forecasting in Economics, Business, Finance and Beyond. University of Pennsylvania, Электронный ресурс. URL: <http://www.ssc.upenn.edu/~fdiebold/Textbooks.html>
2. Hamilton, J. D. (1994) Time series analysis. Princeton, NJ: Princeton University Press. <http://mayoral.iae-csic.org/timeseries2021/hamilton.pdf>
3. Hansen, B. (2022) Econometrics. University of Wisconsin. Princeton University Press. Электронный ресурс. URL: <https://www.ssc.wisc.edu/~bhansen/econometrics/>
4. Stock, J. H., and M. W. Watson. (2015). Introduction to econometrics. 5th ed. Boston: Pearson. Wooldridge, J. M. 2013. Introductory econometrics: A modern approach. 5th ed. Mason, OH: South-Western.

Дополнительная литература:

3. Анатольев, С. (2013). «Объекты неструктурного моделирования временных рядов», Квантиль, №11, стр. 1–11. URL: <http://quantile.ru/11/11-SA.pdf>
4. Хилл, Джонатан (2012) «Зависимость случайных процессов и теория стохастических пределов», Квантиль, №10, стр. 1–31 URL: <http://quantile.ru/10/10-Literacy.pdf>
5. Анатольев, С., Господинов Н. (2012) «Асимптотика почти единичных корней», Квантиль, №10, стр. 57–71. URL: <http://quantile.ru/10/10-AG.pdf>
6. Росси, Э. (2010). «Одномерные GARCH-модели: обзор», Квантиль, №8, стр. 1–67. URL: <http://quantile.ru/08/08-ER.pdf>
7. Hamilton J. D. Why you should never use the Hodrick-Prescott filter //Review of Economics and Statistics. – 2018. – Т. 100. – №. 5. – С. 831-843. URL: https://www.nber.org/system/files/working_papers/w23429/w23429.pdf

8.2. Перечень лицензионного программного обеспечения

Не требуется

8.2. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Не требуется

8.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости)

1. <https://www.ssc.wisc.edu/~bhansen/econometrics/> — наборы данных для практических занятий к учебнику Hansen, B. (2022) Econometrics.
2. <https://www.econometrics-with-r.org/14-ittsraf.html> — ресурс с описанием пакетов в R для анализа временных рядов
3. <https://www.kalmanfilter.net/default.aspx> — ресурс, посвящённый фильтру Кальмана

8.5. Описание материально-технической базы

Для организации занятий по дисциплине необходимы следующие технические средства обучения: компьютерный класс с Jupiter Notebook и R studio, с проектором, доской, маркеры/мел.

9. Язык преподавания:

Русский.

10. Преподаватель (преподаватели):

Сучкова Ольга Владимировна, старший преподаватель кафедры математических методов анализа экономики экономического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова;

Хохлов Юрий Степанович, факультет вычислительной математики и кибернетики МГУ имени М.В.Ломоносова

11. Разработчики программы:

Сучкова Ольга Владимировна, старший преподаватель кафедры математических методов анализа экономики экономического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова;

Хохлов Юрий Степанович, факультет вычислительной математики и кибернетики МГУ имени М.В.Ломоносова