

**Программа учебной дисциплины
Анализ временных рядов - 2**

Утверждена
Академическим советом ООП
Протокол № 01 от «01» февраля 2018 г.

Автор	Канторович Г.Г.
Число кредитов	3
Контактная работа (час.)	40
Самостоятельная работа (час.)	74
Курс	Магистратура, 1-й год. Модуль 4
Формат изучения дисциплины	Без использования онлайн курса

I. ЦЕЛЬ, РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРЕРЕКВИЗИТЫ

Область применения и нормативные ссылки. Настоящая программа учебной дисциплины устанавливает минимальные требования к знаниям и умениям студента и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа предназначена для преподавателей, ведущих данную дисциплину, учебных ассистентов и студентов, обучающихся по магистерской программе "38.04.01. Прикладная экономика: ". Программа разработана в соответствии с:

- Образовательным стандартом федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский университет “Высшая школа экономики”» для направления 38.04.01 Экономика подготовки магистра;
- Образовательной программой 38.04.01 «Экономика» подготовки магистра;
- Рабочим учебным планом университета по направлению 38.04.01. Экономика» подготовки магистра утвержденным в 2018 г.

Курс "Анализ временных рядов-2" является курсом по выбору и рассчитан на студентов 1-го курса магистерской программы «Прикладная экономика», а также студентов иных магистерских программ.

Материал курса предназначен для использования в курсах, связанных с количественным анализом динамики реальных экономических явления, таких как, например, макроэкономика, прикладная макроэкономика, теория финансов и других. Может быть использован в спецкурсах по теории случайных процессов, математическим моделям в экономике, оптимальному управлению, статистическому прогнозированию, применению методов теории вероятностей в финансовой математике, принятию решений в условиях неопределенности.

Требования к студентам: курс "Анализ временных рядов-2" рассчитан на студентов, прослушавших курс математического анализа, включающий дифференциальное и интегральное исчисление, курс разностных уравнений, а также курсы линейной алгебры, методов оптимальных решений, экономической статистики, теории вероятностей и математической статистики, эконометрики, курс "Анализ временных рядов-1".

В результате освоения дисциплины студент:

1. СК-1,СК-М1. Способен оценивать и перерабатывать освоенные научные методы и способы деятельности;
2. СК-2, СК-М2. Способен предлагать концепции, модели, изобретать и апробировать способы и инструменты профессиональной деятельности;
3. СК-6, СК-М6. Способен анализировать, верифицировать, оценивать полноту информации в ходе профессиональной деятельности, при необходимости восполнять и синтезировать недостающую информацию и работать в условиях неопределенности;

4. СК-8, СК-М8. Способен вести профессиональную, в том числе научно-исследовательскую деятельность в международной среде;

5. ПК-5, ИК-М.6.2ПД_5.4 СЛК-М3; СЛК-М9, способен ставить задачу и принимать решение с учетом возможных рисков и последствий, разрабатывать соответствующие методические и нормативные документы, а также предложения и мероприятия по реализации разработанных проектов и программ;

6. ПК-8, ИК-М3.1АД_5.4, способен готовить аналитические материалы для оценки мероприятий в области экономической политики и принятия стратегических решений на микро- и макроуровне;

7. ПК-9, ИК-М4.1_4.4_4.6_АД_5.4, способен находить данные, необходимые для анализа и проведения экономических расчетов, используя различные источники информации;

8. ПК-10, ИК-М4.4АД_5.4, способен работать с большими массивами разнообразной информации, составлять прогноз основных социально-экономических показателей деятельности предприятия, отрасли, региона и экономики в целом, в т.ч. используя современные информационно-компьютерные технологии;

II. Содержание УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Кажущиеся тренды и регрессионные зависимости. Тест Дикки-Фуллера на наличие единичных корней. Мощность теста Дикки-Фуллера и выбор альтернативной гипотезы. ADF тест и выбор числа лагов. Непараметрический тест Филлипса и Перрона. Альтернативные тесты на единичные корни. Тест КПСС.
2. Тесты на единичные корни со структурными сдвигами. Тест Перрона (с экзогенным структурным сдвигом). Тест Эндрюса-Живота (с эндогенным структурным сдвигом). Тесты на единичные корни со множественными структурными сдвигами.
3. Методика исследования типа нестационарности временного ряда TS или DS . Другие типы нестационарных процессов. Использование специализированного компьютерного пакета Eviews. Сегментированные тренды и структурные изменения.
4. Регрессионные динамические модели. Авторегрессионные модели с распределенными лагами (ADL). Понятие экзогенности. Слабая, сильная и супер-экзогенность переменных. Причинность по Грэнджеру (Granger causality).
5. Коинтеграция временных рядов. Коинтеграция и модель коррекции ошибками (*Error Correction Model*).
6. Многомерные временные ряды. Структурная и приведенная формы многомерных моделей. Модели векторной авторегрессии (VAR). Стационарность VAR-моделей. Оценивание коэффициентов VAR моделей. Тестирование VAR моделей.
7. Структурные модели векторных авторегрессий (SVAR). Методы введения ограничений. Функции импульсных откликов. Интерпретация результатов. Декомпозиция дисперсии ошибок прогноза.
8. Коинтеграция временных рядов. Коинтеграционная регрессия. Тестирование коинтеграции. Тест Йохансана. Модели векторных коррекций ошибками (VECM). Структурные модели векторных коррекций ошибками (SVECM). Теорема Грэнджера о представлении.
9. Проверка гипотезы о рациональных ожиданиях. Проверка гипотезы об эффективности рынка. Общие множители и общие тренды.
10. Модели с условной гетероскедастичностью. Тестирование на наличие условной гетероскедастичности. ARCH, GARCH, EGARCH модели.

Тематический план учебной дисциплины

№	Название темы	Всего часов по дисциплине	Контактные часы	Самостоятельная работа
1	Тесты на единичные корни: тесты Дикки-Фуллера, Филлипса-Перрона, KPSS и др.	13	4	9

	Единичные корни и структурные сдвиги: Тесты Перрона и Зивота-Эндрюса.	10	4	6
2	Методика исследования типа нестационарности временного ряда TSP или DSP. Другие типы нестационарных процессов.	10	4	6
3	Авторегрессионные модели с распределенными лагами. Понятие экзогенности (слабой, сильной, супер-). Причинность по Грэнджеру	7	2	5
4	Коинтеграция временных рядов. Коинтеграционная регрессия. Общие множители и тренды. Модели коррекции ошибками.	13	4	9
5	Многомерные временные ряды. Структурная и приведенная формы многомерных моделей. Модели векторной авторегрессии (VAR). Стационарность VAR-моделей. Оценивание коэффициентов VAR моделей. Тестирование VAR моделей.	28	10	18
6	Структурные модели векторной авторегрессии (SVAR). Функции импульсных откликов. Декомпозиция дисперсий ошибок прогноза. Векторные модели коррекции ошибками (VECM). Структурные векторные модели коррекции ошибками (SVECM). Теорема Грэнджера о представлении.	18	8	10
7	Нелинейные модели временных рядов: ARCH, GARCH и др.	9	4	5
	Итого:	108	40	68

III. ОЦЕНИВАНИЕ

Предусмотрена сдача одного эссе. Основная форма контроля – письменный экзамен. Итоговая оценка проставляется по 10 бальной системе.

Необходимым условием отличной оценки на экзамене является отлично выполненное домашнее задание (20% итоговой оценки), полное владение теоретическим материалом, отлично выполненная экзаменационная работа (80% итоговой оценки). Необходимым условием хорошей оценки на экзамене является твердое знание основ курса, сдача домашнего задания, хорошо написанная экзаменационная работа.

IV. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Тематика заданий по различным формам текущего контроля:

Задание 1.

Рассмотрим DGP:

$$x_t = x_{t-1} + \varepsilon_t, y_t = y_{t-1} + u_t, \varepsilon_t \sim iid WN(0, \sigma_\varepsilon^2), u_t \sim iid WN(0, \sigma_u^2), t = 1, \dots, 200.$$

Была оценена с помощью МНК модель: $y_t = \alpha + \beta x_t + \varepsilon_t, t = 1, \dots, 200$. И для остатков последней модели, ε_t , была оценена следующая регрессия (в скобках даны стандартные ошибки коэффициентов):

$$\Delta \varepsilon_t = -0.23\varepsilon_{t-1} + 0.1\Delta \varepsilon_{t-1} + 0.24\Delta \varepsilon_{t-2} + v_t, v_t \sim WN(0, \sigma^2), t = 1, \dots, 200. \quad (0.14) \quad (0.05) \quad (0.17)$$

На 5% уровне значимости проверьте гипотезу об отсутствии коинтеграции. Поясните подробно, как именно Вы должны провести тест Энгла-Гренджера в данной ситуации.

Задание 2.

Укажите, какие из следующих процессов являются коинтегрированными и, где это возможно, запишите коинтегрирующие соотношения:

$$y_t = y_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$x_t = \alpha + \beta t + \varepsilon_t$$

$$k_t = -2y_{t-1} + 3\varepsilon_t$$

$$r_t = 0.4r_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$z_t = \lambda + \gamma t + \varepsilon_t, \text{ где } \varepsilon_t \sim WN(0, \sigma^2)$$

Задание 3.

Рассмотрим следующий VAR(2) процесс:

$$\begin{aligned} y_{1t} &= 0.3y_{1t-1} + 0.8y_{2t-1} + \varepsilon_{1t}, \\ y_{2t} &= 0.9y_{1t-1} + 0.4y_{2t-1} + \varepsilon_{2t} \end{aligned}, \text{ где}$$

$E(\varepsilon_{1t}\varepsilon_{1\tau}) = 1$ для $t = \tau$ и 0 иначе, $E(\varepsilon_{2t}\varepsilon_{2\tau}) = 2$ для $t = \tau$ и 0 иначе, и $E(\varepsilon_{1t}\varepsilon_{2\tau}) = 0$ для любых t и τ . Ответьте на следующие вопросы:

- 1) Является ли данный процесс стационарным?
- 2) Посчитайте $\psi_s = \frac{\partial y_{t+s}}{\partial \varepsilon_t}$ для $s = 0, 1$, и 2 . Чему равно ψ_s при $s \rightarrow \infty$?
- 3) Посчитайте, какая доля дисперсии ошибки прогноза переменной y_{1t} на два шага вперед, $E\left[y_{1,t+2} - E(y_{1,t+2} | y_t, y_{t-1}, \dots)\right]^2$, приходится на шоки в $\varepsilon_{1,t+1}$ и $\varepsilon_{1,t+2}$.

Задание 4.

Рассмотрим стационарный VAR(1) процесс:

$$\begin{aligned} y_t &= \varphi_{yy}y_{t-1} + \varphi_{yx}x_{t-1} + \varepsilon_{yt} \\ x_t &= \varphi_{xy}y_{t-1} + \varphi_{xx}x_{t-1} + \varepsilon_{xt} \end{aligned} \quad \varepsilon_t \sim \text{многомерный белый шум}, E(\varepsilon_t) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \text{Var}(\varepsilon_t) = \Omega,$$

и его VMA представление:

$$X_t = C(L)\varepsilon_t, \text{ где } C(L) = \sum_{i=0}^{\infty} C_i L^i.$$

- 1) Выразите коэффициенты VMA представление через коэффициенты VAR процесса.
- 2) Предположим дополнительно, что ковариационная матрица $E(\varepsilon_t \varepsilon_t')$ = $\begin{bmatrix} \sigma_y^2 & \gamma \\ \gamma & \sigma_x^2 \end{bmatrix}$.

Найдите какую-нибудь нижнетреугольную матрицу H , такую что $H\varepsilon_t = u_t$, и $E(u_t u_t') = D$ где D – диагональная матрица (не единичная).

Задание 5.

Рассмотрим процесс ARIMA(0,0,0) – ARCH(1):

$$y_t = \varepsilon_t \sqrt{\sigma_t^2}, \sigma_t^2 = w + \alpha y_{t-1}^2, \varepsilon_t \sim IIDN(0, 1).$$

Найдите безусловное математическое ожидание, безусловную дисперсию и автоковариацию этого процесса.

Темы эссе

1. Прогнозирование макроэкономических данных.
2. Моделирование поведения фондовых индексов.
3. Проблема кажущейся регрессии и коинтеграция.

Вопросы для оценки качества освоения дисциплины

1. Кажущиеся тренды и регрессионные зависимости.
2. Тест Дикки-Фуллера на наличие единичных корней.
3. Мощность теста Дикки-Фуллера и выбор альтернативной гипотезы.
4. ADF тест и выбор числа лагов. Выбор формы теста. Влияние необратимости MA части на результаты ADF теста.
5. Проблема наличия нескольких единичных корней.
6. Виды единичных корней.
7. Непараметрический тест Филлипса и Перрона.
8. Альтернативные тесты на единичные корни. Тест КПСС.
9. Тесты на единичные корни со структурными сдвигами. Тест Перрона (с экзогенным структурным сдвигом).
10. Тест Эндрюса-Живота (с эндогенным структурным сдвигом). Тесты на единичные корни со множественными структурными сдвигами.
11. Методика исследования ряда со структурным сдвигом и ряда с единичным корнем.
12. Методика исследования типа нестационарности временного ряда TS или DS . Использование специализированного компьютерного пакета *Eviews*.
13. Регрессионные динамические модели. Авторегрессионные модели с распределенными лагами (ADL). Виды моделей, применение в практических исследованиях.
14. Причинность по Грэнджеру (Granger causality). Корреляция и причинно-следственная взаимосвязь.
15. Коинтеграция временных рядов. Связь корреляции и коинтеграции временных рядов.
16. Коинтеграция и модель коррекции ошибками (*Error Correction Model*). Тестирование коинтеграции.
17. Многомерные временные ряды. Структурная и приведенная формы многомерных моделей. Модели векторной авторегрессии (VAR). Проблема общих множителей для VARIMA моделей. Стационарность VAR моделей. Оценивание коэффициентов VAR моделей. Тестирование VAR моделей.
18. Структурные модели векторных авторегрессий (SVAR). Методы введения ограничений. A, B и AB модели. Функции импульсных откликов. Интерпретация, применение на практике. Декомпозиции дисперсий ошибок прогноза.
19. Тест Йохансена. Модели векторной коррекции ошибками (VECM).
20. Теорема Грэнджера о представлении. Структурные модели векторной коррекции ошибками (SVECM).
21. Кластеризация волатильности и условная гетероскедастичность. GARCH модель и ее обобщения. Применение на практике.

V. РЕСУРСЫ

1. Основная литература

Канторович Г.Г., Лекции по курсу «Анализ временных рядов», Экономический журнал ВШЭ, №№1-4, 2002, №1, 2003.

https://ej.hse.ru/data/2010/12/31/1208182144/06_01_06.pdf

https://ej.hse.ru/data/2010/12/31/1208182168/06_02_07.pdf

https://ej.hse.ru/data/2010/12/31/1208182146/06_04_06.pdf

https://ej.hse.ru/data/2010/12/31/1208182146/06_04_06.pdf

https://ej.hse.ru/data/2010/12/31/1208182172/07_01_06.pdf

Mills, T.C. 1999, *The Econometric Modelling of Financial Time Series*, Cambridge University Press, 1st ed. (или более поздние издания)

2. Дополнительная литература

Johnston Jack, Econometric Methods, New York, Mc-Grow Hill, 1997 (или более поздние издания)

Hamilton J.D. Time Series Analysis, Princeton, Princeton University Press, 1994 (или более поздние издания)

Вербик Марно, Путеводитель по современной эконометрике, М. «Научная книга», 2008

3. Программное обеспечение

№ п/п	Наименование	Условия доступа
1.	Microsoft Windows 7 Professional RUS Microsoft Windows 10 Microsoft Windows 8.1 Professional RUS	<i>Из внутренней сети университета (договор)</i>
2.	Microsoft Office Professional 2010	<i>Из внутренней сети университета (договор)</i>
3.	STATA	<i>Из внутренней сети университета (договор)</i>
4.	EViews	<i>Из внутренней сети университета (договор)</i>

4. Профессиональные базы данных, информационные справочные системы, интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)

№ п/п	Наименование	Условия доступа
	<i>Информационно-справочные системы</i>	
1.	Электронно-библиотечная система ВШЭ	https://library.hse.ru/ https://library.hse.ru/e-resources

5. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для лекционных занятий по дисциплине обеспечивают использование и демонстрацию тематических иллюстраций, соответствующих программе дисциплины в составе:

- ПЭВМ с доступом в Интернет (операционная система, офисные программы, антивирусные программы);
- мультимедийный проектор с дистанционным управлением.

Учебные аудитории для лабораторных и самостоятельных занятий по дисциплине оснащены компьютерами с возможностью подключения к сети Интернет и доступом к электронной информационно-образовательной среде НИУ ВШЭ.