

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Анализ и прогнозирование временных рядов

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

01.04.02 - Прикладная математика и информатика

Направленность образовательной программы

Анализ данных в прикладных областях

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.05.01 Анализ и прогнозирование временных рядов относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-11: Способен разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых задач производственно-технологической деятельности	<p>ПК-11.1: Знает методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых производственно-технологических задач</p> <p>ПК-11.2: Умеет применять методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых производственно-технологических задач</p> <p>ПК-11.3: Имеет навыки применения методов разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых производственно-технологических задач</p>	<p>ПК-11.1: Знать методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей временных рядов и их прогнозирования</p> <p>ПК-11.2: Уметь применять методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей временных рядов и их прогнозирования</p> <p>ПК-11.3: Иметь навыки применения методов разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей временных рядов и их прогнозирования</p>	Задания	Зачёт: Контрольные вопросы
ПК-4: Способен разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач	<p>ПК-4.1: Знает методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач</p> <p>ПК-4.2: Умеет применять методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач</p>	<p>ПК-4.1: Знать методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач моделирования и прогнозирования временных рядов</p> <p>ПК-4.2: Уметь применять методы разработки и анализа</p>	Задания	Зачёт: Контрольные вопросы

	ПК-4.3: Имеет навыки применения методов разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач	концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач моделирования и прогнозирования временных рядов		
		ПК-4.3: Иметь навыки применения методов разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач моделирования и прогнозирования временных рядов		

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	1
самостоятельная работа	75
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора торные работы), часы	Всего	
	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0

Тема 1	9	1	1	2	7
Тема 2	11	1	1	2	9
Тема 3	10	1	1	2	8
Тема 4	11	1	1	2	9
Тема 5	12	2	2	4	8
Тема 6	13	2	2	4	9
Тема 7	12	2	2	4	8
Тема 8	17	4	4	8	9
Тема 9	12	2	2	4	8
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	108	16	16	33	75

Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1. Временные ряд: Основные определения и понятия. Компоненты временного ряда. Статистические характеристики. Основные модели временных рядов. Характеристики точности модели.

Тема 2. Стационарные временные ряды: Основные характеристики: математическое ожидание, дисперсия, коррелограмма, их оценка по наблюдениям. Проверка гипотезы случайности и неизменности среднего значения временного ряда. Проверка на стационарность.

Тема 3. Нестационарные временные ряды: Скользящее среднее. Взвешенное скользящее среднее. Экспоненциальное сглаживание. Оценивание тренда.

Тема 4. Декомпозиция временного ряда : Аддитивное разложение. Мультипликативное разложение. STL- разложение. Выделение переодической составляющей на основе гармонического анализа. Прогнозирование с помощью тренд - сезонных моделей. Проверка на автокорреляцию остатков регрессионной модели. Критерий Дарбина-Уотсона.

Тема 5. Исследование временных рядов в среде R: Установка R и RStudio под Windows. Установка библиотек (пакетов). Стил программирования R. Структура данных. Графическое моделирование данных (визуализация). Описательная статистика и подгонка распределений. Представление временных рядов. Анализ структуры временного ряда. Сезонные графики. Диаграммы рассеяния. Графики лагов. Автокорреляция. Белый шум.

Тема 6. Модели регрессии временных рядов: Парная линейная регрессия. Множественная линейная регрессия. Оценка методом наименьших квадратов. Качество подгонки. Стандартная ошибка регрессии. Исследование остатков. Прогнозирование с помощью регрессии. Предсказательные интервалы. Нелинейная регрессия. Прогнозирование с нелинейным трендом. Мультиколлинеарность и прогнозирование.

Тема 7. Адаптивное сглаживание временных рядов: Скользящее среднее: простое, средневзвешенное. Экспоненциальное сглаживание: модель Брауна, модель Хольта, модель Хольта-Уинтерса, модель ETS.

Тема 8. Авторегрессионные процессы и их моделирование: Класс стационарных временных рядов. Автокорреляционная функция. Частная автокорреляционная функция. Белый шум. Модель авторегрессии AR(p). Тестирование на единичные корни. Тесты Дики-Фуллера. Модель скользящего среднего MA(q). Модель авторегрессии и скользящего среднего ARMA(p, q). ARIMA-модели.

Тема 9. Анализ временных рядов для финансовых данных: Волатильность. Характеристики волатильности. Индекс VIX. Волатильность для акций. Условная гетероскедастичность (CH). Условное (conditional) среднее и дисперсия. Идентификация условной гетероскедастичности. AutoRegressive Conditional Heteroskedastic (ARCH) модель. Определение GARCH. Симулирование GARCH(1,1). Прогнозирование с помощью GARCH.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

Электронные курсы, созданные в системе электронного обучения ННГУ:

Анализ и прогнозирование временных рядов в естествознании (Гришин В.А.); Информационные технологии анализа временных рядов (Гришин В.А.), <https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=11090>; <https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=11091>.

Иные учебно-методические материалы:

Методы обработки данных и моделирование на языке R : учебно-методическое пособие / Гришин В. А., Тихов М. С. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2019. - 54 с. - Рекомендовано Объединенной методической комиссией Института открытого образования и филиалов университета для студентов филиалов ННГУ, обучающихся по направлению подготовки 09.03.03 «Прикладная информатика». - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Информатика.(<https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=709331&idb=0>)

Основы программирования на языке R : учебно-методическое пособие / Гришин В. А. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2021. - 67 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Информатика. (<https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=783152&idb=0>)

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенций ПК-11:

Задание 1. Выбрать оптимальное уравнение тренда ниже приведённого экономического показателя полиномиальной функцией.

Год	Валовой внутренний продукт всего, млрд. руб.	Среднегодовая численность занятых, тыс. человек	Численность безработных (по методологии МОТ), тыс. человек	Численность безработных, зарегистрированных в органах службы занятости населения (на	Среднедушевые денежные доходы населения в месяц, руб.	Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников организаций,	Доходы консолидированного бюджета, млн. руб.
-----	--	---	--	--	---	---	--

				конец года), тыс. человек		руб.	
2000	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
2001	Номер варианта соответствует номеру фамилии студента в группе. Если номер фамилии - 12, то вариант-B1,н должно соответствовать шаблону: "Фамилия_№ варианта.Rmd ". Данные за период с 2000 года по 2021 год мо Росстат: "Россия в цифрах".						

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-4:

Задание №6

«Построение моделей Бокса – Дженкинса. Прогнозирование на основе выбранной модели.»

Объект исследования – методы анализа и моделирования стационарных временных рядов.

Предмет исследования–модели Бокса-Дженкинса и прогнозирование с помощью языка программирования R.

Цель работы – использование языка программирования R для построения моделей ARIMA

Задачи:

1. Построить график временного ряда ежегодных наблюдений экономического показателя, согласно заданного варианта;
2. Определить модель;
3. Если модель мультипликативная, то для устранения мультипликативности эффектов подвергнуть ряд логарифмированию;
4. Привести ряд к стационарному путем взятия разностей;
5. По графикам автокорреляционной и частной автокорреляционной

функции принять решение о порядках 3-х конкурирующих ARIMA моделей.

1. Выполнить оценки выбранных ARIMA моделей. Определить наилучшую модель.
2. Для наилучшей модели выполнить прогноз на четыре года вперед и построить график прогнозов с предиктивными интервалами.

Программная реализация од должна осуществлять:

- Импорт подготовленных данных из табличного процессора Excel;
- Построение графиков функциями пакета ggplot2();
- Проверку стационарности тестом Дики-Фуллера;
- Сравнение конкурирующих ARIMA моделей с использованием критериев значения корней AR и MA части, AIC, BIC и RMSE;
- Оценку адекватности конкурирующих ARIMA моделей с исследованием остатков на автокорреляцию, нормальность, равенства нулю среднего и автокорреляционной функции;
- Автоматизацию выбора наилучшей модели;

Форма отчетности. Представить преподавателю подробное описание выполнения проекта R Markdown (Word-документ), листинг программной реализации в R и файл Excel с исходными данными. В Word-документе указать ссылку на источник откуда были взяты данные.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	
не зачтено	

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие	При решении	Имеется	Продemonс	Продemonс	Продemonс	Продemonс

	базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	трированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	трированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	трированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	ирован творческий подход к решению нестандартных задач
--	---	---	---	--	---	---	--

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-11

1. В чем заключается метод последовательной идентификации составляющих ВР? Опишите этапы метода.	ПК-11
2. Какие методы используются для определения наличия трендовой составляющей в исследуемом ВР? Поясните на примере.	ПК-11
3. Какие методы используются для структурной идентификации трендовой составляющей ВР? Поясните на примере.	ПК-11

4. Приведите наиболее часто используемые модели тренда на примерах. Для описания каких процессов используются эти модели?	ПК-11
5. В чем заключается суть метода наименьших квадратов?	ПК-11
6. Как определить структуру периодической гармонической функции, описывающей сезонную составляющую временного ряда?	ПК-11
7. Известно, что в формировании значений временного ряда участвуют колебания двух периодов: 36 и 12. Напишите структурную модель периодической гармонической функции.	ПК-11
8. Какие виды моделей авторегрессии и скользящего среднего используются для описания ВР? В чем заключаются достоинства и недостатки подхода Бокса – Дженкинса?	ПК-11

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-4

9. В каких случаях выделяют авторегрессионную составляющую временного ряда? Как определить порядок модели авторегрессии и скользящего среднего, сезонной модели авторегрессии и скользящего среднего?	ПК-4
10. Приведите понятия стационарного и нестационарного ВР. Как привести ВР к стационарному виду?	ПК-4
11. Приведите правила интерпретации поведения автокорреляционной и частной автокорреляционной функции ВР на примерах.	ПК-4
12. Опишите методику построения моделей авторегрессии и скользящего среднего для исследования и прогнозирования ВР на примере.	ПК-4
13. Какие виды моделей экспоненциального сглаживания используются для описания ВР? В чем заключаются достоинства и недостатки метода экспоненциального сглаживания?	ПК-4
14. Опишите методику построения моделей экспоненциального сглаживания на примере.	ПК-4
15. Как выполнить проверку адекватности построенной идентификационной модели ВР данным наблюдения?	ПК-4
16. Как выполнить сравнительный анализ построенных моделей ВР и выбрать окончательный вид модели?	ПК-4

17. Какие библиотеки и функции языка R используются для построения и исследования моделей временных рядов?	ПК-4
--	------

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Выполнена основная часть задания, возможно с незначительными недочетами
не зачтено	Выполнено менее половины задания, есть существенные недочеты

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Бриллинджер Давид Р. Временные ряды : Обработка данных и теория / пер. с англ. А. В. Булинского ; под ред. А. Н. Колмогорова. - М. : Мир, 1980. - 536 с. : ил. - 2.40., 2 экз.
2. Кендэл М. Дж. Временные ряды / пер. с англ. и предисл. Ю. П. Лукашина. - М. : Финансы и статистика, 1981. - 199 с. : ил. - (Библиотечка иностранных книг для экономистов и статистиков). - 0.80., 2 экз.
3. Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов / пер. с англ. И. Г. Журбенко и В. П. Носко ; под ред. Ю. К. Беляева. - М. : Мир, 1976. - 765 с. - 3.52., 3 экз.

Дополнительная литература:

1. Бокс Д. Анализ временных рядов. Прогноз и управление. Вып. 1. / пер. с англ. А. Л. Левшина ; под ред. [и с предисл. В. Ф. Писаренко]. - М. : Мир, 1974. - 406 с. : черт. - 1.72., 3 экз.
2. Бокс Дж. Анализ временных рядов. Прогноз и управление. Вып. 2 / пер. с англ. А. Л. Левшина ; под ред. В. Ф. Писаренко. - М. : Мир, 1974. - 107 с. : черт. - 1.00., 4 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. Интернет-ресурсы электронного портала ИИТММ
<http://www.itmm.unn.ru/studentam/uchebno-metodicheskie-materialy/>
2. Фонд образовательных электронных ресурсов ННГУ им. Лобачевского
<http://www.unn.ru/books/resources.html>
3. Общероссийский математический интернет-портал <http://mathnet.ru>
4. Портал Планета Excel <https://www.planetaexcel.ru/>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную

информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 01.04.02 - Прикладная математика и информатика.

Автор(ы): Гришин Владимир Анатольевич, кандидат технических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Зорин Андрей Владимирович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 13.12.2023, протокол № 3.