

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Механико-математический факультет

УТВЕРЖДАЮ:
Декан ММФ ТГУ
Л. В. Гензе

Рабочая программа дисциплины

Статистическая идентификация стохастических динамических систем

по направлению подготовки

01.04.01 Математика

Направленности (профили) подготовки :
Математический анализ и моделирование (Mathematical Analysis and Modelling)
Фундаментальная математика

Форма обучения
Очная

Квалификация
Магистр

Год приема
2023, 2024

СОГЛАСОВАНО:
Руководители ОП
А.В. Старченко, П.А. Крылов

Председатель УМК
Е.А. Гарасов

Томск – 2023

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 Способен формулировать и решать актуальные и значимые проблемы математики.

ПК-1 Способен самостоятельно решать исследовательские задачи в рамках реализации научного (научно-технического, инновационного) проекта.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 1.1 Формулирует поставленную задачу, пользуется языком предметной области, обоснованно выбирает метод решения задачи.

ИПК 1.1 Проводит исследования, направленные на решение отдельных исследовательских задач

2. Задачи освоения дисциплины

– Получить навыки работы с профессиональной литературой. Уметь осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-методической информации по дисциплине (ИОПК 1.1, ИПК 1.1).

– Научиться применять различные статистические методы для описания и анализа моделей стохастических динамических систем при решении научных и практических задач профессиональной деятельности (ИОПК 1.1, ИПК 1.1).

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплина (модули)».

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор.

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Третий семестр, экзамен

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: функциональный анализ, дифференциальные уравнения, математическая статистика, стохастический анализ.

6. Язык реализации

Русский/английский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 часов, из которых:

-лекции: 32 ч.

-практические занятия: 32 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Статистическая идентификация параметрических моделей (ИОПК 1.1, ИПК 1.1)
Параметрические модели с дискретным временем. Параметрические модели с непрерывным временем.

Тема 2. Статистическая идентификация непараметрических моделей (ИОПК 1.1, ИПК 1.1)

Статистическая идентификация непараметрических моделей по полным данным.
Статистическая идентификация непараметрических моделей по неполным данным.
Улучшенные методы статистической идентификации стохастических моделей.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, выполнения домашних заданий и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Экзамен в третьем семестре проводится в письменной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из двух частей. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

Первая часть содержит один вопрос, проверяющий ИОПК-1.1, ИПК-1.1. Ответ на вопрос второй части дается в развернутой форме.

Вторая часть содержит 1 вопрос, проверяющий ИПК-1.1 и оформленный в виде практической задачи. Ответы на вопросы этой части предполагают решение научно-практических задач и краткую интерпретацию полученных результатов.

Примерный перечень теоретических вопросов

1. Методы идентификации модели множественной регрессии.
2. Ридж-регрессия. Робастные и бинарные параметрические модели.
3. Байесовский подход к статистической идентификации СДС.
4. Бутстрап-метод исследования качества статистической идентификации СДС.
5. Исследование эффективности методов статистического анализа моделей. Подходы Рао-Крамера, Гаека – Ле Кама, Ибрагимова-Хасьминского.
6. Методы последовательного анализа для статистической идентификации СДС.
7. Анализ качества диффузионных моделей СДС.
8. Эффективное непараметрическое оценивание в белом шуме по полным данным. Подход Пинскера.
9. Семимартингалы: определение, свойства, примеры.
10. Эффективное робастное оценивание в непараметрических моделях с цветным шумом по полным данным. Метод выбора моделей.
11. Эффективное адаптивное оценивание в непараметрических моделях по неполным данным. Подход Гальчука-Пергаменщикова.
12. Методы улучшенного оценивания в моделях СДС.

Пример задачи:

Найти данные (скачать из официальных источников или провести симмуляции). Определить зависимую переменную и факторы. Выявить среди факторов те, которые влияют на зависимую переменную. Определить зависимость, используя модель множественной линейной/нелинейной регрессии, то есть

- 1) произвести идентификацию модели (определить тип зависимости и оценить неизвестные параметры модели);
- 2) вычислить стандартные ошибки (дисперсии) параметров регрессии;
- 3) проверить значимость каждого параметра и произвести интервальное оценивание параметров регрессионной модели;
- 4) рассчитать общую, факторную и остаточную дисперсии;
- 5) вычислить коэффициент детерминации;

- 6) вычислить стандартную ошибку регрессии;
- 7) проверить общее качество модели при уровне значимости, равном 0,05;
- 8) проверить выполнение предположений регрессионного анализа;
- 9) по результатам анализа качества модели (в случае некачества) произвести ее усовершенствование;
- 10) в случае парной/двухфакторной регрессионной модели, изобразить ее графически (построить линию/поверхность). Дать интерпретацию.

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Итоговая оценка – средневзвешенное из оценок за домашние работы и экзамен. При ответах на вопросы оцениваются полнота и точность ответа, логичность и аргументированность изложения материала, умения использовать в ответе фактический материал, знания основной и дополнительной литературы.

Критерии оценивания индивидуальных работ

Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Работа не сдана или выполнены верно менее 25% заданий	Выполнены верно от 25% до 50% заданий	Выполнены верно от 21% до 80% заданий	Выполнены верно более 80% заданий

Критерии оценивания теоретических вопросов экзамена

Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Дан неправильный ответ, однозначно неправильная трактовка темы.	В целом дан правильный ответ на вопрос, но он изложен поверхностно и с нарушением логики изложения. Знание минимума литературы.	Дан правильный ответ на вопрос, но не все изложено развернуто и логически структурировано. Знание основной литературы.	Дан правильный и развернутый ответ на вопрос. Студент четко и логично изложил свой ответ на поставленный в билете вопрос. Знание основной и дополнительной литературы.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «IDo» - <https://lms.tsu.ru/course/view.php?id=6950>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине (<https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>)

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

1. Ибрагимов И.А., Хасьминский Р.З. Асимптотическая теория оценивания. М.: Наука, 1979, 528 с.
2. Жакод Ж., Ширяев А.Н. Предельные теоремы для случайных процессов. Том 1, М.: Издательская фирма «Физико-математическая литература», 1994, 544 с.

3. Kutoyants Yu. A., Parameter Estimation for Stochastic Processes, (Russian edition 1980), Heldermann, Berlin, 1984, 206p.
4. Kutoyants Yu. A., Identification of Dynamical Systems with Small Noise, Kluwer, Dordrecht, 1994, 298p.
5. Kutoyants Yu. A., Statistical Inference for Spatial Poisson Processes, Lect. Notes Statist. 134, Springer, New York, 1998, 276p.
6. Kutoyants Yu. A., Statistical Inference for Ergodic Diffusion Processes, Springer Series in Statistics, London, 2004, 496p.
7. Липцер Р.Ш., Ширяев, А.Н. Статистика случайных процессов. М.: Наука, 1974.
8. Липцер Р.Ш., Ширяев, А.Н. Теория Мартингалов. М.: ФИЗМАТЛИТ, 1986, 512 с.
9. Пчелинцев Е.А. Улучшенное оценивание параметров регрессии с импульсными помехами / диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук / Томский государственный университет. Томск, 2012.

б) дополнительная литература:

1. Pergamenschikov S.M., Pchelintsev E.A. Probabilistic tool for stochastic modeling. Part 1.- Tomsk State University Publish Edition, 2019, <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02365156>
2. Боровков А.А. Математическая статистика. СПб.: Лань, 2016, 703 с.
3. Васильев В.А., Пергаменщиков С.М., Пчелинцев Е.А. Неасимптотическое оценивание параметров процессов, описываемых стохастическими дифференциальными уравнениями по наблюдениям в дискретные моменты времени : учебно-методическое пособие. Томск: Том. гос. ун-т, 2010.
4. Ивченко Г.И., Медведев Ю.И. Введение в математическую статистику, М.: Изд-во ЛКИ, 2015, 599 с.
5. Конев В.В., Пергаменщиков С.М., Пчелинцев Е.А. Оценивание регрессии при семимартингаловых шумах. Улучшенные проекционные оценки : учебно-методическое пособие. Томск: Том. гос. ун-т, 2011.

в) ресурсы сети Интернет:

- Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики РФ - www.gsk.ru
 - Официальный сайт Всемирного банка - www.worldbank.org
 - <https://www.r-project.org>, <https://www.python.org>
 - РИНЦ
- https://www.elibrary.ru/author_items.asp?authorid=591044&show_refs=1&show_option=1

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

- Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);
- средства для статистической обработки данных (R, Python)
- средство для оформления результатов статистической идентификации (LaTeX)
- публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ –
<http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>
– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ –
<http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>

в) профессиональные базы данных:
– Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС) –
<https://www.fedstat.ru/>

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения практических занятий – компьютерные классы, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, включающие

Интерактивный набор (доска InterWrite, экран, 2 проектора EPSON)

16 Компьютеров

Свободное и лицензионное программное обеспечение:

- операционные системы: Microsoft Windows 10.
- офисные и издательские пакеты: Microsoft Office 2013, MikTeX+ TeXstudio, Libre Office.
- средства разработки приложений и СУБД: python3 (anaconda3), Visual Studio Code, R-lang, node.js, Pycharm.
- математические пакеты: Matlab R2015.
- утилиты 7zip, Adobe Acrobat Reader, DjVu Reader, Far manager, Mozilla Firefox, Notepad++.

15. Информация о разработчиках

Пчелинцев Евгений Анатольевич, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры математического анализа и теории функций ММФ ТГУ.