Приложение 5.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина»

Институт математики, физики и информационных технологий

Кафедра математического моделирования и информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института математики, физики и информационных технологий

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Королева Н.Л.

«19» марта 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине

**«Методы анализа и обработки данных в научных исследованиях»**

Научная специальность:

2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика

Уровень высшего образования

подготовка кадров высшей квалификации

по программам подготовки научных и

научно-педагогических кадров в аспирантуре

Форма обучения

очная

Год набора

2024

Тамбов 2024

**Автор программы:** Ковалева Ольга Александровна, доктор технических наук, доцент

Рабочая программа составлена в соответствии с федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов) (приказ Минобрнауки России от 20 октября 2021 г. № 951).

Рабочая программа принята на заседании кафедры математического моделирования и информационных технологий «28» февраля 2024 года Протокол № 7

**СОДЕРЖАНИЕ**

|  |
| --- |
| 1. Цели и задачи дисциплины |
| 2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры |
| 3. Объем и содержание дисциплины |
| 4. Контроль знаний обучающихся |
| 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины |
| 6. Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы |
|  |

**1. Цели и задачи дисциплины**

**1.1 Цель дисциплины** – приобретение аспирантами теоретических и практических знаний, умений и навыков в области анализа и обработки экспериментальных данных, подготовка к выбору основных факторов эксперимента, подбору эмпирических зависимостей для экспериментальных данных, оценке коэффициентов регрессионной модели эксперимента, построению оптимальных планов для научно-технических экспериментов.

**1.2 Задачи дисциплины:**

- получение теоретических знаний и практических навыков по планированию эксперимента, приемов, навыков по выполнению научных и промышленных экспериментальных исследований с помощью методов обработки экспериментальных данных;

- формирование умения демонстрировать базовые знания планирования эксперимента и приобретать новые научные и профессиональные знания по дисциплине;

**-** формирование навыков применения программных продуктов и информационно-коммуникационных технологий для анализа результатов экспериментальных научных исследований.

**1.3 Требования к результатам освоения дисциплины**

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

**Знать:**

- современные методы обработки экспериментальных данных;

- сущность задачи аппроксимации экспериментальных данных;

- методы анализа результатов научного эксперимента;

- основные математические пакеты для анализа данных;

- теоретические основы применения статистических методов.

**Уметь:**

- подбирать конкретный метод анализа экспериментальных данных;

- анализировать процессы в соответствующей профессиональной области;

- получать нужную информацию из результатов научных исследований;

- использовать современное программное обеспечение для ПК с целью анализа процессов в профессиональной деятельности;

- использовать статистические методы обработки и анализа массовых экспериментальных данных в научных исследованиях различной направленности;

- делать точечные оценки параметров регрессионной модели и анализировать их свойства.

**Владеть:**

- навыками обработки и анализа информации по теме исследования;

- навыками работы в современных математических пакетах для интерполяции и аппроксимации;

- навыками работы в математических пакетах для приближенного поиска минимума ошибки модели с целью определения ее параметров;

- методами подбора эмпирических зависимостей для экспериментальных данных;

- навыками вычисления коэффициентов корреляции и детерминации для оценки применимости рассматриваемой модели процесса;

- методами оценки коэффициентов регрессионной модели эксперимента.

**2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры:**

Дисциплина «Методы анализа и обработки данных в научных исследованиях» относится к образовательному компоненту «Дисциплины (модули)» программы аспирантуры по научной специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика. Дисциплина является элективной.

Дисциплина «Методы анализа и обработки данных в научных исследованиях» изучается во 2 семестре.

**3. Объём и содержание дисциплины**

**3.1 Объем дисциплины**

Очная форма обучения: 2 з.е.

| Вид учебной работы | Очная форма обучения  (всего часов) |
| --- | --- |
| **Общая трудоёмкость дисциплины** | **72** |
| *Контактная работа (по учебным занятиям)* | *22* |
| Лекции (Л) | 10 |
| Практические (семинарские) занятия (ПЗ) | 12 |
| Лабораторные занятия (ЛЗ) | - |
| *Самостоятельная работа (СР)* | *50* |
| *Зачет* |  |

**3.2 Содержание дисциплины:**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № темы | Название  раздела/темы | Вид учебной работы, час.  (очная форма) | | | | Формы текущего  контроля |
| Л | ПЗ | ЛЗ | СР |
|  | Тема 1. Основные понятия | 2 | 2 | - | 10 | опрос |
|  | Тема 2. Методы интерполяции данных. Примеры программ в математических пакетах | 2 | 4 | - | 15 | опрос |
| 3. | Тема 3. Методы построения аппроксимирующих функций по экспериментальным данным. Использование математических пакетов | 4 | 4 | - | 15 | опрос |
| 4. | Тема 4. Генераторы случайных процессов | 2 | 2 | - | 10 | опрос |

**Тема 1. Основные понятия**

**Лекция.**

Понятия интерполяции и экстраполяции данных. Место анализа данных в различных областях человеческой деятельности.

Постановка задачи интерполяции и аппроксимации. Применение на практике.

Языки программирования для анализа данных: Python, математические пакеты Mathcad и MATLAB.

**Практическое занятие.**

Обработка экспериментальных данных в среде MathCAD (интерполяция)

**Задания для самостоятельной работы:**

По основной литературе [1] ознакомиться с постановкой задачи интерполяции и аппроксимации.

**Тема 2. Методы интерполяции данных. Примеры программ в математических пакетах**

**Лекция.**

Кусочно-линейная и квадратичная интерполяция. Интерполяционный многочлен Лагранжа. Интерполяционная формула Ньютона. Недостатки и достоинства интерполяционных формул.

Использование сплайнов. Квадратичные и кубические сплайны. Построение интерполяционных многочленов в аналитическом виде в пакете Mathcad. Анализ результатов для разных видов интерполяционных формул.

**Практическое занятие.**

Построение интерполяционных многочленов в аналитическом виде в пакете Mathcad.

**Задания для самостоятельной работы:**

1. По основной литературе [1] изучить основные методы интерполяции.

2. В математическом пакете Mathcad или MATLAB произвести построение разных видов интерполяционных формул для данных в исследуемой области, построить графики в одной системе координат и сравнить результаты.

**Тема 3. Методы построения аппроксимирующих функций по экспериментальным данным. Использование математических пакетов**

**Лекция.**

Понятие математической модели процесса.

Характер экспериментальных данных и подбор эмпирических функций. Переопределенные системы уравнений. Сущность задачи аппроксимации экспериментальных данных.

Минимизация сумм модулей и квадратов остатков модели. Построение функции ошибки для заданного вида функции-модели, описывающей процесс в исследуемой области. Метод наименьших квадратов (МНК): историческая справка, реализация в математических пакетах MATLAB и Mathcad, нахождение параметров модели исследуемого процесса.

Вывод системы нормальных уравнений. Решение в простейшем случае для линейной регрессии *y*(*x*) = a*x*+b. Коэффициенты корреляции и детерминации. Вычисление коэффициентов корреляции и детерминации в пакете Mathcad.

Нелинейная регрессия. Линеаризация. Примеры моделей, не сводящихся к линейным. Обзор численных методов решения экстремальных задач применительно к минимизации суммы квадратов остатков модели. Примеры использования численных методов в пакетах Mathcad и MATLAB для приближенного поиска минимума ошибки модели с целью определения ее параметров. Взвешенный МНК.

Основные понятия теории искусственных нейронных сетей: уравнение нейрона, функция активации, однослойные и многослойные сети. Формирование архитектуры сети в пакете MATLAB. Функция ошибки, характеризующая качество обучения (МНК). Обучение нейронных сетей для аппроксимации экспериментальных данных. Примеры в пакете MATLAB.

**Практическое занятие.**

Решение задач анализа данных в случае линейной регрессии.

Вычисление коэффициентов корреляции и детерминации в пакете Mathcad.

Примеры использования численных методов в пакетах Mathcad и MATLAB для приближенного поиска минимума ошибки модели с целью определения ее параметров.

Формирование архитектуры искусственной нейронной сети в пакете MATLAB.

Обучение нейронных сетей для аппроксимации экспериментальных данных. Примеры в пакете MATLAB.

**Задания для самостоятельной работы:**

1. По основной литературе [1, 2] освоить метод наименьших квадратов (МНК), решить задачи о построении уравнений линейной регрессии.

2. В математическом пакете Mathcad найти численные решения задачи определения параметров нелинейных моделей процессов в исследуемой области по экспериментальным данным, используя реализацию МНК в пакете, а также сведя к решению экстремальной задачи на минимум суммы квадратов остатков модели.

3. По основной литературе [3] ознакомиться с основными понятиями теории искусственных нейронных сетей.

4. Используя многослойные нейронные сети, в пакете MATLAB построить аппроксимацию экспериментальных данных в исследуемой области.

**Тема 4. Генераторы случайных процессов**

**Лекция.**

Генераторы псевдослучайных чисел на ЭВМ: основные алгоритмы. Генерация случайных процессов с заданными характеристиками.

**Практическое занятие.**

Генерация случайных процессов с заданными характеристиками.

**Задания для самостоятельной работы:**

По дополнительной литературе [1] изучить моделирование непрерывных случайных величин с заданным законом распределения в MATLAB.

**4. Контроль знаний обучающихся**

**4.1 Формы текущего контроля работы аспирантов:** опрос.

**4.2 Задания текущего контроля**

Вопросы для опроса

1. Постановка задачи аппроксимации функций.
2. Когда применяется интерполяция функций?
3. Постановка задачи интерполяции.
4. Что является исходными данными в задаче аппроксимации функций?
5. Что такое линейная интерполяция и как она реализуется в системе MathCAD?
6. Получить формулу интерполяционного полинома Лагранжа.
7. Реализация вычислений значений интерполяционного полинома
8. Лагранжа в системе MathCAD.
9. Что такое сплайн-интерполяция и как она реализуется в системе
10. MathCAD?
11. Когда применяется линейная интерполяция, интерполяция полиномом
12. Лагранжа, сплайн-интерполяция?
13. Как влияет число узлов на абсолютную погрешность интерполяции?
14. Постановка задачи аппроксимации функции методом наименьших
15. квадратов.
16. Когда применяется метод наименьших квадратов?
17. Получить решение задачи о вычислении коэффициентов
18. аппроксимирующего полинома в методе наименьших квадратов.
19. Сущность аппроксимации методом наименьших квадратов;
20. Принципиальное отличие метода интерполирования от метода
21. наименьших квадратов.
22. Какие группы функций пакета Neural Networks Toolbox вы знаете?
23. Назовите функции, с помощью которых можно создать сеть.
24. Как получить справочную информацию по интересующей функции?
25. Опишите «соревновательную» функцию NNT. Какие параметры можно задавать в соответствующем запросе?
26. Назовите различия использования функций hardlim(X) и hardlims(X).
27. Что может быть задано в качестве параметра X? Привести примеры.
28. Охарактеризуйте аргументы net, Pd, Tl, Ai, Q, TS, VV, TV функции trainbfg().
29. Как можно задать максимальное количество циклов обучения сети и начальные входные условия?
30. Какую информацию возвращает функция learncon(code)?
31. Назовите функции, выполняющие одномерную оптимизацию НС.

**4.3 Промежуточная аттестация по дисциплине** проводится в форме зачета.

Вопросы зачета

1. Понятия интерполяции и экстраполяции данных.
2. Место анализа данных в различных областях человеческой деятельности.
3. Постановка задачи интерполяции и аппроксимации. Применение на практике.
4. Языки программирования для анализа данных: Python, математические пакеты Mathcad и MATLAB.
5. Кусочно-линейная и квадратичная интерполяция.
6. Интерполяционный многочлен Лагранжа.
7. Интерполяционная формула Ньютона.
8. Использование сплайнов. Квадратичные и кубические сплайны.
9. Анализ результатов для разных видов интерполяционных формул.
10. Понятие математической модели процесса.
11. Характер экспериментальных данных и подбор эмпирических функций.
12. Сущность задачи аппроксимации экспериментальных данных.
13. Минимизация сумм модулей и квадратов остатков модели.
14. Построение функции ошибки для заданного вида функции-модели, описывающей процесс в исследуемой области.
15. Метод наименьших квадратов (МНК): историческая справка, реализация в математических пакетах MATLAB и Mathcad, нахождение параметров модели исследуемого процесса.
16. Вывод системы нормальных уравнений. Решение в простейшем случае для линейной регрессии *y*(*x*) = a*x*+b.
17. Коэффициенты корреляции и детерминации. Вычисление коэффициентов корреляции и детерминации в пакете Mathcad.
18. Нелинейная регрессия. Линеаризация. Примеры моделей, не сводящихся к линейным.
19. Обзор численных методов решения экстремальных задач применительно к минимизации суммы квадратов остатков модели.
20. Примеры использования численных методов в пакетах Mathcad и MATLAB для приближенного поиска минимума ошибки модели с целью определения ее параметров. Взвешенный МНК.
21. Основные понятия теории искусственных нейронных сетей: уравнение нейрона, функция активации, однослойные и многослойные сети.
22. Формирование архитектуры сети в пакете MATLAB. Функция ошибки, характеризующая качество обучения (МНК).
23. Обучение нейронных сетей для аппроксимации экспериментальных данных. Примеры в пакете MATLAB.
24. Генераторы псевдослучайных чисел на ЭВМ: основные алгоритмы. Генерация случайных процессов с заданными характеристиками.

Задания для зачета

1. Построить интерполяционный многочлен Лагранжа, произвести кусочно-линейную и сплайн-интерполяцию в аналитическом виде в пакете Mathcad для данных по заданию преподавателя. Построить графики в одной системе координат и сравнить результаты.

2. В математическом пакете Mathcad найти численные решения задачи определения параметров нелинейных моделей процессов в исследуемой области по заданию преподавателя, используя реализацию МНК в пакете, а также сведя к решению экстремальной задачи на минимум суммы квадратов остатков модели.

3. Используя многослойные нейронные сети, в пакете MATLAB построить аппроксимацию данных в исследуемой области по заданию преподавателя.

**4.4 Шкала оценивания промежуточной аттестации**

|  |  |
| --- | --- |
| **Оценка** | **Основные показатели достижения результата** |
| «зачтено» | Демонстрирует высокий уровень знаний современных методов обработки экспериментальных данных; сущности задачи аппроксимации экспериментальных данных; методов анализа результатов научного эксперимента; основных математических пакетов для анализа данных; теоретических основных применения статистических методов. |
| Свободно ориентируется в методах анализа экспериментальных данных. Анализирует процессы в соответствующей профессиональной области. Получает нужную информацию из результатов научных исследований. Использует современное программное обеспечение для ПК с целью анализа процессов в профессиональной деятельности;  Уверенно использует статистические методы обработки и анализа массовых экспериментальных данных в научных исследованиях различной направленности; делать точечные оценки параметров регрессионной модели и анализировать их свойства. |
| В полном объеме владеет навыками обработки и анализа информации по теме исследования; навыками работы в современных математических пакетах для интерполяции и аппроксимации; навыками работы в математических пакетах для приближенного поиска минимума ошибки модели с целью определения ее параметров; методами подбора эмпирических зависимостей для экспериментальных данных; навыками вычисления коэффициентов корреляции и детерминации для оценки применимости рассматриваемой модели процесса; методами оценки коэффициентов регрессионной модели эксперимента.  На вопросы отвечает кратко, аргументировано, уверенно,  по существу |
| «не зачтено» | Демонстрирует слабый уровень знаний современных методов обработки экспериментальных данных; сущности задачи аппроксимации экспериментальных данных; методов анализа результатов научного эксперимента; основных математических пакетов для анализа данных; теоретических основных применения статистических методов. |
| Не может анализировать процессы в соответствующей профессиональной области  Не ориентируется в методах анализа экспериментальных данных.  Не может получить нужную информацию из результатов научных исследований. Не может использовать современное программное обеспечение для ПК с целью анализа процессов в профессиональной деятельности;  Не может использовать статистические методы обработки и анализа массовых экспериментальных данных в научных исследованиях различной направленности; делать точечные оценки параметров регрессионной модели и анализировать их свойства. |
| Не владеет навыками обработки и анализа информации по теме исследования; навыками работы в современных математических пакетах для интерполяции и аппроксимации; навыками работы в математических пакетах для приближенного поиска минимума ошибки модели с целью определения ее параметров; методами подбора эмпирических зависимостей для экспериментальных данных; навыками вычисления коэффициентов корреляции и детерминации для оценки применимости рассматриваемой модели процесса; методами оценки коэффициентов регрессионной модели эксперимента.  Неуверенно и логически непоследовательно излагает материал.  Неправильно отвечает на поставленные вопросы или затрудняется с ответом. |

**5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

**5.1 Основная литература:**

1. Петров, И.Б. Введение в вычислительную математику: учебное пособие [Электронный ресурс] / И.Б. Петров, А.И. Лобанов. — Электрон. дан. — М.: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2020. — 352 c. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/94848.html — Загл. с экрана.

2. Бояршинов, М.Г. Прикладные задачи вычислительной математики и механики: учебное пособие [Электронный ресурс] / М. Г. Бояршинов. — Электрон. дан. — Саратов: Вузовское образование, 2020. — 344 c. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/93067.html — Загл. с экрана.

3. Далингер, В. А. Теория вероятностей и математическая статистика с применением Mathcad : учебник и практикум для вузов / В. А. Далингер, С. Д. Симонженков, Б. С. Галюкшов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020 — 145 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-10080-8. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/452017.

**5.2** **Дополнительная литература:**

1. Афонин, В.В. Моделирование систем: учебное пособие [Электронный ресурс] / В.В. Афонин, С.А. Федосин. — Электрон. дан. — М.: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2020. — 269 c. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/52179.html — Загл. с экрана.

3. Маккинли, У. Python и анализ данных [Электронный ресурс] / У. Маккинли. — Электрон. дан. — Саратов: Профобразование, 2019. — 482 c. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/64058.html — Загл. с экрана.

4. Барский, А.Б. Введение в нейронные сети: учебное пособие [Электронный ресурс] / А.Б. Барский. — Электрон. дан. — М.: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2020. — 357 c. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/52144.html — Загл. с экрана.

**6. Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Для проведения занятий по дисциплине необходимо следующее материально-техническое обеспечение: помещения для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, помещения для самостоятельной работы.

Помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования, обеспечивающие тематические иллюстрации (проектор, ноутбук, экран/ интерактивная доска).

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

**Электронная информационно-образовательная среда**

<http://moodle.tsutmb.ru>

Взаимодействие преподавателя и аспиранта в процессе освоения дисциплины осуществляется посредством мультимедийных, гипертекстовых, сетевых, телекоммуникационных технологий, используемых в электронной информационно-образовательной среде университета.

**Лицензионное программное обеспечение:**

Операционная система Microsoft Windows 10 Home x64

Microsoft Office Профессиональный плюс 2007 12

Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition. 1500-2499 Node 1 year Educational Renewal Licence

**Информационные справочные системы и профессиональные базы данных:**

|  |  |
| --- | --- |
| Электронный каталог Фундаментальной библиотеки  ТГУ | <https://elib.tsutmb.ru/pwb/> |
| Электронная библиотека ТГУ | [https://elibrary.tsutmb.ru](https://elibrary.tsutmb.ru/) |
| ЭБС «Университетская библиотека онлайн» | [http://www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru/) |
| ЭБС «IPRbooks» | [http://iprbookshop.ru](http://iprbookshop.ru/) |
| ЭБС «Юрайт»: (ВО и СПО) | [http://www.urait.ru](http://www.urait.ru/) |
| Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU | [http://elibrary.ru](http://elibrary.ru/) |
| Государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» | [https://нэб.рф](https://xn--90ax2c.xn--p1ai/) |
| Президентская библиотека имени Б.Н. Ельцина | [http://www.prlib.ru](http://www.prlib.ru/) |
| Электронный справочник «Информио» | [www.informio.ru](http://www.informio.ru/) |
| Электронный архив публикаций информагентств Polpred.com Обзор СМИ | <http://polpred.com/> |
| Справочная правовая система «Консультант Плюс» | [http://www.consultant.ru](http://www.consultant.ru/) |
| Коллекции журналов Wiley:   * Wiley Journals Database Collection * Wiley Journal Backfiles | [https://onlinelibrary.wiley.com](https://onlinelibrary.wiley.com/)  <https://podpiska.rfbr.ru/news/396/> |
| БД AIPP E-Book Collection I + Collection II | <https://www.scitation.org/ebooks>  <https://podpiska.rfbr.ru/news/396/> |
| БД Springer Nature 2023 eBook Collections | <https://link.springer.com/>  <https://podpiska.rfbr.ru/news/396/> |
| Коллекции журналов:   * Life Sciences Package и БД Springer Nature, * Social Sciences Package и БД Springer Nature, * Physical Sciences & Engineering Package | [www.nature.com](http://www.nature.com)  https://podpiska.rfbr.ru/news/396 |
| Журналы Российской академии наук – | <https://journals.rcsi.science/>  https://podpiska.rfbr.ru/news/396 |
| Журнал Успехи физических наук | <https://ufn.ru/>  <https://podpiska.rfbr.ru/news/396/> |
| Математические журналы МИАН | [http://www.mathnet.ru](http://www.mathnet.ru/)  <https://podpiska.rfbr.ru/news/396/> |
| Словари ABBYY Lingvo х3 Европейская версия | Установлены стационарно на ПК ТГУ |