

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»**

ПРОГРАММА
вступительного испытания по специальной дисциплине по программе
подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Научная специальность	1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ
Направленность (профиль) программы аспирантуры	Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ
Выпускающая кафедра:	Информационные технологии и автоматизированные системы (ИТАС) Прикладная математика (ПМ) Прикладная физика (ПФ) Конструирование и технологии в электротехнике (КТЭ)

Руководитель программы: Файзрахманов Р.А., зав. каф. ИТАС

Пермь 2022

Для поступающих на кафедру
«ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ»

1.1 Вопросы по дисциплине Математические методы теории систем

1. Динамические системы, системы, описываемые линейными дифференциальными уравнениями
2. Временной анализ линейных систем.
3. Модели пространства состояний.
4. Управляемость и обзримость систем.
5. Ограничения, связанные с наличием скрытых переменных и представление пространства состояний.
6. Теория устойчивости, области времени и частоты характеристик линейных изменяющихся во времени систем
7. Области состояний, динамическая компенсация в системах.
8. Интерактивные системы, теория игр.
9. Реакция систем на воздействие, системы с диффузией.
10. Методы машинного обучения в задачах управления динамическими системами.
11. Модель управления на основе линейного дифференциального уравнения
12. Модель управления на основе задачи линейного программирования
13. Модель жертва-хищник на основе уравнения Лотка-Вольтера
14. Управление сервисом мойки машин в различных условиях

1.2 Вопросы по дисциплине Статистические методы анализа данных и технологии DataMining

1. Классификация методов Data Mining по различным признакам.
2. Этапы интеллектуального анализа данных: анализ предметной области, постановка задачи, подготовка данных.
3. Этапы процесса Data Mining, связанные с построением, проверкой, оценкой, выбором и коррекцией моделей.
4. Анализ взаимосвязей (корреляций) между переменными – коэффициенты корреляции Пирсона, Спирмена и Кендалла.
5. Сравнение групп – критерии Стьюдента, Манна – Уитни и дисперсионный анализ (ANOVA).
6. Методы, применяемые для решения задач классификации: индукция деревьев решений; байесовские сети (Bayesian Networks); нейронные сети (neural networks); статистические методы, в частности, линейная регрессия.
7. Метод "ближайшего соседа". Регрессионный анализ.
8. Классические методы регрессионного анализа: множественная и логистическая регрессии, выбор переменных для анализа.
9. Задачи кластеризации: постановка задачи, ключевые понятия и определения, метод k-средних и EM-алгоритм.
10. Иерархический кластерный анализ в SPSS. Алгоритм k-средних (kmeans).
11. Классические методы кластеризации – Метод иерархической кластеризации (tree clustering).
12. Нейронные сети (Neural networks): элементы нейронных сетей, обучение нейронных сетей, модели нейронных сетей, программное обеспечение для работы с нейронными сетями.
13. Способы представления информации в одно-, двух-, трехмерном измерениях и более.

14. Визуализация Data Mining моделей.
15. OLAP-технологии, архитектуры OLAP-серверов, интеграции DataMining и OLAP.
16. Технология хранилищ данных и преимущества их использования для процесса DataMining.

1.3 Структуры и алгоритмы обработки данных и знаний

1. Понятие алгоритма. Способы записи алгоритмов. Основные алгоритмические конструкции. Эффективность алгоритма.
2. Понятие структуры данных. Абстрактные типы данных. Массивы.
3. Однопроходные алгоритмы работы с массивами.
4. Алгоритмы поиска элемента в массиве.
5. Основные структуры данных и способы их реализации: списки (однонаправленные, двунаправленные), стек, очередь, дек.
6. Динамическое программирование. Жадные алгоритмы.
7. Алгоритмы сортировки: сортировка выбором, сортировка вставками, сортировка пузырьком, пирамидальная сортировка, сортировка слиянием, быстрая сортировка.
8. Сравнение алгоритмов сортировки Хеш-функция. Хеш-таблица. Дерево. Виды деревьев. Обход дерева.
9. Программная реализация однопроходных алгоритмов работы с массивами.
10. Программная реализация алгоритмов поиска элемента в массиве.
11. Программная реализация алгоритмов сортировки: сортировка выбором, вставками, пузырьком.
12. Программная реализация алгоритмов сортировки: пирамидальная сортировка, сортировка слиянием, быстрая сортировка.
13. Программная реализация жадных алгоритмов.

2 Рекомендуемая литература, информационные ресурсы

1. Интеллектуальный анализ данных в управлении производственными системами (подходы и методы): монография / Л. А. Мыльников [и др.]. - Москва: БИБЛИОГЛОБУС, 2017.
2. Берикашвили В. Ш. Статистическая обработка данных, планирование эксперимента и случайные процессы: учебное пособие для бакалавриата и магистратуры / В. Ш. Берикашвили, С. П. Оськин. - Москва: Юрайт, 2019.
3. Методы и модели анализа данных: OLAP и Data Mining: учебное пособие / А. А. Барсегян [и др.]. - Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2004.
4. Дубнов П. Ю. Обработка статистической информации с помощью SPSS / П. Ю. Дубнов. - Москва: АСТ, NT Press, 2004.
5. Хусаинов Б. С. Структуры и алгоритмы обработки данных. Примеры на языке Си: учебное пособие для вузов / Б. С. Хусаинов. - М.: Финансы и статистика, 2004.
6. Алексеев В. Е. Графы и алгоритмы. Структуры данных. Модели вычислений: учебник для вузов / В. Е. Алексеев, В. А. Таланов. - Москва: ИНТУИТ, БИНОМ. Лаб. знаний, 2006.
7. Математическая теория систем / Н. А. Бобылев [и др.]. - Москва: Наука, 1986.
9. Репин С. В. Математические методы обработки статистической информации с помощью ЭВМ: пособие для исследователей гуманитарных специальностей / С. В. Репин, С. А. Шеин. - Минск: Университетское, 1990.

Интернет-ресурсы ПНИПУ

<http://lib.pstu.ru/>

Для поступающих на кафедру
«ПРИКЛАДНАЯ ФИЗИКА»

1.1 Вопросы по дисциплине Численные методы исследования в механике жидкости

1. Общая характеристика явных методов интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений. Особенности метода Эйлера. Метод с «перешагиванием», явный двухшаговый метод.
2. Общая характеристика неявных методов интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод Рунге-Кутты. Методы высоких порядков точности.
3. Решение алгебраических уравнений и систем уравнений. Метод Ньютона. Метод Гаусса. Метод прогонки для уравнения с трехдиагональной матрицей.
4. Элементы метода конечных разностей. Аппроксимация конечными разностями производных по пространству и по времени. Свойства разностных схем: точность, сходимость, устойчивость, консервативность.
5. Численные методы решения уравнений в частных производных параболического типа. Уравнение диффузии и уравнение переноса: явная схема интегрирования первого порядка точности.
6. Численные методы решения уравнений в частных производных параболического типа: неявный метод Кранка-Николсона. Аппроксимация граничных условий. Условие Куранта.
7. Численные методы решения уравнений в частных производных гиперболического типа: схема Лакса, схема с разностями против потока. Аппроксимация граничных условий.
8. Метод конечных разностей в механике жидкости: двухполевой метод (завихренность, функция тока). Граничные условия для вихря скорости. Аппроксимация уравнений и граничных условий.
9. Использование пакетов для численного решения задач гидромеханики. Общая характеристика пакетов ANSYS CFX (Fluent), FlexPDE, Comsol. Особенности и специализация пакетов.

1.2 Вопросы по дисциплине Нелинейная динамика и теория бифуркаций

1. Положения равновесия на фазовой плоскости. Их устойчивость и общая классификация.
2. Аттракторы динамических систем. Общая классификация. Примеры.
3. Определение фрактальной размерности Хаусдорфа. Элементарные фрактальные множества и их размерность. Примеры.
4. Детерминированный хаос. Странный аттрактор. Классификация, топология и характеристики странных аттракторов. Примеры.
5. Общая классификация бифуркаций аттракторов динамических систем. Медленное многообразие аттрактора и его геометрический смысл.
6. Тангенциальная бифуркация состояния равновесия. Нормальная форма бифуркации и ее анализ. Примеры в конкретных динамических системах.
7. Вилочная бифуркация состояния равновесия. Нормальная форма бифуркации. Примеры в конкретных динамических системах.
8. Бифуркация Андронова-Хопфа состояния равновесия. Нормальная форма бифуркации. Примеры в конкретных динамических системах.
9. Общая характеристика сценариев перехода к хаосу.
10. Пример качественного анализа динамической системы: математический маятник с сильным трением.

11. Пример качественного анализа динамической системы: модель Лотка-Вольтера.

1.3 Вопросы по дисциплине Основы геномики и биоинформатики

1. Механизм работы флуоресцентного маркера в процессах генной регуляции.
2. Структура ДНК и РНК. Общая схема и механизмы генной регуляции. Процессы транскрипции и трансляции. Генная регуляция как сложная система взаимодействующих генов.
3. Динамика оператор-сайта: модель активации и репрессии гена. Кооперативное и некооперативное связывание.
4. Модели авторегуляции гена с положительной и отрицательной обратной связью.
5. Методология синтетической биологии. Конструктор синтетической биологии.
6. Структура и динамика репрессилатора Эловица. Минимальная математическая модель репрессилатора.
7. Природа шума в генной регуляции. Детерминистское и стохастическое описание процессов генной регуляции.
8. Алгоритм Гиллепси и его модификация на случай не Марковских систем.
9. Секвенирование биологических последовательностей по Сэнгеру. Высокопроизводительное секвенирование NGS.
10. Методы анализа последовательностей и структуры белков. Протеомика. Программное обеспечение, интернет – ресурсы и сервисы. Биологические базы данных.
11. Филогенетический анализ. BLAST и его использование. Визуализация и моделирование пространственных структур макромолекул.
12. Анализ NGS данных. Биоинформатические подходы к анализу РНК. Генная экспрессия.

2 Рекомендуемая литература, информационные ресурсы

1. Юмагулов М. Г. Введение в теорию динамических систем : учебное пособие для вузов / М. Г. Юмагулов. - Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2015.
2. Новые алгоритмы вычислительной гидродинамики для многопроцессорных вычислительных комплексов : учебное пособие для вузов / В. М. Головизнин [и др.]. - Москва: Изд-во МГУ, 2013
3. Павлов А. Н. Биоинформатика / А. Н. Павлов, Ю. М. Ермолаев. - Москва: Грин-лайт+, 2010.
4. Баутин Н., Леонтович Е. Методы и приемы качественного исследования динамических систем на плоскости. – М.: Наука, 1990. – 486 с.

Интернет-ресурсы ПНИПУ

<http://lib.pstu.ru/>

Для поступающих на кафедру
«ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА»

1.1 Вопросы по дисциплине Вариационное исчисление и оптимальное управление

1. Основные понятия вариационного исчисления: функционал, непрерывность, дифференцируемость, первая вариация, экстремум.
2. Необходимое условие экстремума функционала.
3. Вариационные задачи с подвижными концами и подвижными границами.
4. Задачи на условный экстремум.
5. Необходимые условия в задаче Лагранжа.

6. Достаточное условие экстремума.
7. Принцип максимума Понтрягина для автономных систем.
8. Принцип максимума для оптимальности по быстродействию.
9. Принцип оптимальности Беллмана.
10. Уравнение Беллмана.
11. Основные определения выпуклого анализа.
12. Теорема о существовании минимума функционала.
13. Критерий существования минимизирующего элемента.
14. Эллиптические и параболические системы. Начальные и граничные условия.
15. Оптимальное управление эллиптическими системами. Виды управлений и наблюдений.
16. Оптимальное управление параболическими системами. Виды управлений и наблюдений.

1.2 Вопросы по дисциплине Многомерный статистический анализ и моделирование

1. Многомерный случайный вектор, функции распределения, числовые характеристики, условные распределения.
2. Зависимость компонент, матрицы ковариаций и коэффициентов корреляции.
3. Предпосылки и основные этапы многомерного статистического анализа.
4. Многомерный регрессионно-корреляционный анализ.
5. Факторный анализ многомерной статистической совокупности.
6. Кластерный анализ многомерной статистической совокупности
7. Статистическое моделирование дискретных случайных величин.
8. Статистическое моделирование непрерывных распределений.
9. Методы моделирования нормального распределения
10. Моделирование k- мерного нормального распределения

1.3 Вопросы по дисциплине Численные методы

1. Интерполяция и аппроксимация функциональных зависимостей.
- 2 Численное дифференцирование и интегрирование.
3. Численные методы поиска экстремума.
4. Вычислительные методы линейной алгебры.
5. Численные методы решения систем дифференциальных уравнений.
6. Сплайн аппроксимация, интерполяция.
7. Метод конечных элементов.
8. Преобразования Фурье, Лапласа, Хаара и др.
9. Численные методы вейвлет-анализа
10. Вычислительный эксперимент.
11. Принципы проведения вычислительного эксперимента.
15. Модель, алгоритм, программа.

2 Рекомендуемая литература, информационные ресурсы

1. Оптимальное управление: учебник для вузов / В.М.Алексеев, В.М.Тихомиров, С.В.Фомин.- 3-е изд., испр. и доп.— Москва : Физматлит, 2007 .— 407 с.
2. Вариационное исчисление и оптимальное управление: учеб. для вузов / Ванько В.И., Ермошина О.В., Кувыркин Г.Н - 3-е изд., испр. - Москва: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. - 488 с.
3. Фурсиков А. В. Оптимальное управление распределенными системами. Теория и приложения. - Новосибирск: Научная книга, 1999. - 350 с.

4. Г. А. Михайлов, А. В. Войтишек. . Численное статистическое моделирование. Методы Монте-Карло. – Москва: Академия, 2006. – 368 с.
5. А.М. Дубров, В.С. Мхитарян, Л.Н. Трошин Многомерные статистические методы для экономистов и менеджеров. Москва: Финансы и статистика, 2011. – 350 с.
6. Методы эконометрики и многомерного статистического анализа : учебник для вузов / Н. П. Тихомиров, Т. М. Тихомирова, О. С. Ушмаев .— Москва : Экономика, 2011 .— 637 с.,
7. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П, Кобельков Г.М. Численные методы. Физматлит, 2005 г.
8. Лебедев В.И. Функциональный анализ и вычислительная математика. 4-е изд. М.: Физматлит, 2000.
- Калиткин Н.Н. Численные методы. М.: Наука, 1978.
9. Баутин Н., Леонтович Е. Методы и приемы качественного исследования динамических систем на плоскости. – М.: Наука, 1990. – 486 с.

Интернет-ресурсы ПНИПУ

<http://lib.pstu.ru/>

Для поступающих на кафедру «КОНСТРУИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ В ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ»

1.1 Вопросы по дисциплине Основы математического моделирования

1. Понятие математического моделирования, математической модели.
2. Принципы построения математических моделей.
3. Классификация математических моделей.
4. Свойства математических моделей, допущения, гипотезы.
5. Методы реализации математических моделей, классификация методов.
6. Схема численного эксперимента.
7. Точность вычислений. Классификация погрешностей.
8. Характеристика математических моделей в различных областях исследования.
9. Задачи математической физики. Классификация уравнений математической физики.
10. Дифференциальные уравнения гиперболического типа.
11. Дифференциальные уравнения параболического типа.
12. Дифференциальные уравнения эллиптического типа.

1.2 Вопросы по дисциплине Численные методы

1. Суть метода конечных разностей.
2. Этапы построения разностных схем.
3. Сетки и сеточные функции. Классификация сеток.
4. Пространственные и пространственно-временные сетки.
5. Геометрическая интерпретация производных и их аналогов.
6. Методы аппроксимации производных.
7. Аппроксимация производных, порядок аппроксимации.
8. Понятие разностных схем. Понятие шаблонов.
9. Методы построения разностных схем.
10. Явная разностная схема. Достоинства и недостатки.
11. Неявная разностная схема. Достоинства и недостатки.
12. Схема Кранка-Никольсона. Точность аппроксимаций разностных схем.

13. Устойчивость и сходимости разностных схем.
14. Консервативные разностные схемы.
15. Экономичные схемы.
16. Основные понятия метода конечных элементов.
17. Конечно-элементная аппроксимация.
18. Типы конечных элементов.
19. Применение естественной системы координат.
20. Применение метода Галёркина.
21. Решение одномерных стационарных задач.
22. Применение метода конечных элементов для двумерных стационарных задач.
23. Электромагнитные задачи с гармонически изменяющимся по времени полем.
24. Применение метода конечных элементов для векторных стационарных задач.
25. Решение нестационарных задач методом конечных элементов.
26. Итерационные методы решения системы линейных алгебраических уравнений.
27. Прямые методы решения системы линейных алгебраических уравнений.

1.3 Вопросы по дисциплине Статистические методы

1. Задачи математической статистики.
2. Статистические оценки параметров распределения.
3. Доверительные интервалы для оценки среднего квадратического отклонения нормального распределения.
4. Методы расчёта сводных характеристик выборки.
5. Эмпирические и выравнивающие частоты. Построение нормальной кривой по опытным данным.
6. Элементы теории корреляции. Регрессионный анализ.
7. Проверка гипотезы о значимости выборочного коэффициента корреляции.
8. Проверка гипотезы о нормальном распределении генеральной совокупности.
9. Критерий согласия Пирсона.
10. Случайные процессы. Основные понятия и определения.
11. Производная случайной функции и её характеристики.
12. Гауссовские процессы. Марковские процессы. Пуассоновский процесс.

2 Рекомендуемая литература, информационные ресурсы

1. Барботько А.И. Основы теории математического моделирования : учебное пособие для вузов / А. И. Барботько, А. О. Гладышкин. – Старый Оскол: ТНТ, 2015.
2. Бахвалов Н. С. Численные методы в задачах и упражнениях : учебное пособие для вузов / Н. С. Бахвалов, А. В. Лапин, Е. В. Чижонков. – Москва: БИНОМ. Лаб. знаний, 2013.
3. Рашиков В.И. Численные методы решения физических задач : учебное пособие / В.И. Рашиков, А.С. Рошаль. - СПб М. Краснодар, 2005.
4. Самарский А.А. Введение в численные методы : учебное пособие для вузов / А. А. Самарский. - Санкт-Петербург: Лань, 2005.
5. Соловейчик Ю.Г. Метод конечных элементов для решения скалярных и векторных задач : учебное пособие / Ю.Г. Соловейчик, М.Э. Рояк, М.Г. Персова. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2007.
6. Балдин К. В. Основы теории вероятностей и математической статистики : учебник для вузов / К. В. Балдин, В. Н. Башлыков, А. В. Рукосуев. – Москва: Флинта, Изд-во НОУ ВПО МПСУ, 2013.

7. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика : учебник для прикладного бакалавриата / В. Е. Гмурман. - Москва: Юрайт, 2019.
8. Бордовский Г. А. Физические основы математического моделирования : учебное пособие для вузов / Г. А. Бордовский, А. С. Кондратьев, А. Д. Чоудери. - М.: Академия, 2005.
9. Зарубин В. С. Математическое моделирование в технике : учебник для вузов / В. С. Зарубин. - Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010

Интернет-ресурсы ПНИПУ

<http://lib.pstu.ru/>

3 Пример экзаменационного билета

ПЕРМСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ПОЛИ- ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ	Вступительные испытания по специальной дисциплине, соответствующей группе научных специальностей «Информационные технологии и телекоммуникации» (наименование группы научных специальностей) 1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (шифр и наименование научной специальности)
---	--

УТВЕРЖДАЮ:

Заведующий кафедрой информационных технологий и автоматизированных систем

_____ Файзрахманов Р.А.

« __ » _____ 202__ г.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Модели пространства состояний.
2. Визуализация Data Mining моделей.
3. Однопроходные алгоритмы работы с массивами.