

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
Д.С. Гуц / Д.С. Гуц /
«10» марта 2023 г.

ПРОГРАММА
кандидатского экзамена по научной специальности
2.3.1 Системный анализ, управление и обработка информации,
статистика

Красноярск 2023

ПРОГРАММА-МИНИМУМ
кандидатского экзамена по специальности
**2.3.1 «Системный анализ, управление
и обработка информации, статистика»**
по физико-математическим и техническим наукам

Введение

В основу настоящей программы положены следующие дисциплины: системный анализ, исследование операций, теория и методы принятия решений, теория управления, математическое программирование, дискретная оптимизация, методы искусственного интеллекта и экспертные системы, основы информатики, информационные системы и технологии, теория вероятностей и математическая статистика.

1. Основные понятия и задачи системного анализа

Понятия о системном подходе, системном анализе. Выделение системы из среды, определение системы. Системы и закономерности их функционирования и развития. Управляемость, достижимость, устойчивость. Свойства системы: целостность, связность, структура, организация, интегрированные качества.

Модели систем: статические, динамические, концептуальные, топологические, формализованные (процедуры формализации моделей систем), информационные, логико-лингвистические, семантические, теоретико-множественные и др.

Классификация систем. Естественные, концептуальные и искусственные, простые и сложные, целенаправленные, целеполагающие, активные и пассивные, стабильные и развивающиеся системы.

Основные методологические принципы анализа систем. Задачи системного анализа. Роль человека в решении задач, системного анализа.

2. Модели и методы принятия решений

Постановка задач принятия решений. Классификация задач принятия решений. Этапы решения задач.

Экспертные процедуры. Задачи оценивания. Алгоритм экспертизы. Методы получения экспертной информации. Шкалы измерений, методы экспертных измерений. Методы опроса экспертов, характеристики экспертов. Методы обработки экспертной информации, оценка компетентности экспертов, оценка согласованности мнений экспертов.

Методы формирования исходного множества альтернатив. Морфологический анализ.

Методы многокритериальной оценки альтернатив. Классификация методов. Множества компромиссов и согласия, построение множеств. Функция полезности. Аксиоматические методы многокритериальной оценки. Прямые методы многокритериальной оценки альтернатив. Методы нормализации критериев. Характеристики приоритета критериев. Постулируемые принципы опти-

мальности (равномерности, справедливой уступки, главного критерия, лексико-графический). Методы аппроксимации функции полезности. Деревья решений. Методы компенсации. Методы аналитической иерархии. Методы порогов не-сравнимости. Диалоговые методы принятия решений. Качественные методы принятия решений (вербальный анализ).

Принятие решений в условиях неопределенности. Статистические модели принятия решений. Методы глобального критерия. Критерии Байеса-Лапласа, Гермейера, Бернулли-Лапласа, максиминный (Вальда), минимаксного риска Сэвиджа, Гурвица, Ходжеса-Лемана и др.

Принятие коллективных решений. Теорема Эрроу и ее анализ. Правила большинства, Кондорсе, Борда. Парадокс Кондорсе. Расстояние в пространстве отношений. Современные концепции группового выбора.

Модели и методы принятия решений при нечеткой информации. Нечеткие множества. Основные определения и операции над нечеткими множествами. Нечеткое моделирование. Задачи математического программирования при нечетких исходных условиях. Задача оптимизации на нечетком множестве допустимых условий. Задача достижения нечетко определенной цели. Нечеткое математическое программирование с нечетким отображением. Постановки задач на основе различных принципов оптимальности. Нечеткие отношения, операции над отношениями, свойства отношений. Принятие решений при нечетком отношении предпочтений на множестве альтернатив. Принятие решений при нескольких отношениях предпочтения.

Игра как модель конфликтной ситуации. Классификация игр. Матричные, кооперативные и дифференциальные игры. Цены и оптимальные стратегии. Чистые и смешанные стратегии. Функция потерь при смешанных стратегиях. Геометрическое представление игры. Нижняя и верхняя цены игр, седловая точка. Принцип минимакса. Решение игр. Доминирующие и полезные стратегии. Нахождение оптимальных стратегий. Сведение игры к задаче линейного программирования.

3. Оптимизация и математическое программирование

Оптимизационный подход к проблемам управления и принятия решений. Допустимое множество и целевая функция. Формы записи задач математического программирования. Классификация задач математического программирования.

Постановка задачи линейного программирования. Стандартная и каноническая формы записи. Гиперплоскости и полупространства. Допустимые множества и оптимальные решения задач линейного программирования. Выпуклые множества. Крайние точки и крайние лучи выпуклых множеств. Теоремы об отделяющей, опорной и разделяющей гиперплоскости. Представление точек допустимого множества задачи линейного программирования через крайние точки и крайние лучи. Условия существования и свойства оптимальных решений задачи линейного программирования. Опорные решения системы линейных уравнений и крайние точки множества допустимых решений. Сведение задачи

линейного программирования к дискретной оптимизации. Симплекс-метод. Многокритериальные задачи линейного программирования.

Двойственные задачи. Критерии оптимальности, доказательство достаточности. Теорема равновесия, ее следствия и применения. Теоремы об альтернативах и лемма Фаркаша в теории линейных неравенств. Геометрическая интерпретация двойственных переменных и доказательство необходимости в основных теоремах теории двойственности. Зависимость оптимальных решений задачи линейного программирования от параметров.

Локальный и глобальный экстремум. Необходимые условия безусловного экстремума дифференцируемых функций. Теорема о седловой точке. Необходимые условия экстремума дифференцируемой функции на выпуклом множестве. Задачи об условном экстремуме и метод множителей Лагранжа.

Выпуклые функции и их свойства. Задание выпуклого множества с помощью выпуклых функций. Постановка задачи выпуклого программирования и формы их записи. Простейшие свойства оптимальных решений. Необходимые и достаточные условия экстремума дифференцируемой выпуклой функции на выпуклом множестве и их применение. Теорема Куна-Таккера и ее геометрическая интерпретация. Основы теории двойственности в выпуклом программировании. Линейное программирование как частный случай выпуклого. Понятие о негладкой выпуклой оптимизации.

Классификация методов безусловной оптимизации. Скорости сходимости. Методы первого порядка. Градиентные методы. Методы второго порядка. Метод Ньютона и его модификации. Методы переменной метрики. Методы сопряженных градиентов. Конечно-разностная аппроксимация производных. Конечно-разностные методы. Методы нулевого порядка. Методы покоординатного спуска, Хука-Дживса, сопряженных направлений. Методы деформируемых конфигураций. Симплексные методы. Решение задач многокритериальной оптимизации методами прямого поиска.

Основные подходы к решению задач с ограничениями. Классификация задач и методов. Методы проектирования. Метод проекции градиента. Метод условного градиента. Методы сведения задач с ограничениями к задачам безусловной оптимизации. Методы внешних и внутренних штрафных функций. Комбинированный метод проектирования и штрафных функций. Метод зеркальных построений. Метод скользящего допуска.

Задачи стохастического программирования. Стохастические квазиградиентные методы. Прямые и непрямые методы. Методы конечных разностей в стохастическом программировании. Методы стохастической аппроксимации. Методы с операцией усреднения. Методы случайного поиска. Стохастические задачи с ограничениями вероятностей природы. Прямые методы. Стохастические разностные методы. Методы с усреднением направлений спуска. Специальные приемы регулировки шага.

Методы и задачи дискретного программирования. Задачи целочисленного линейного программирования. Методы отсечения Гомори. Метод ветвей и границ. Задача о назначениях. Венгерский алгоритм. Задачи оптимизации на сетях и графах.

Метод динамического программирования для многошаговых задач принятия решений. Принцип оптимальности Беллмана. Вычислительная схема метода динамического программирования.

4. Основы теории управления

Основные понятия теории управления: цели и принципы управления, динамические системы. Математическое описание объектов управления: пространство состояний, передаточные функции, структурные схемы. Основные задачи теории управления: стабилизация, слежение, программное управление, оптимальное управление, экстремальное регулирование. Классификация систем управления.

Структуры систем управления: разомкнутые системы, системы с обратной связью, комбинированные системы. Динамические и статические характеристики систем управления: переходная и весовая функции и их взаимосвязь, частотные характеристики. Типовые динамические звенья и их характеристики.

Понятие об устойчивости систем управления. Устойчивость по Ляпунову, асимптотическая, экспоненциальная устойчивость. Функции Ляпунова. Теоремы об устойчивости и неустойчивости.

Устойчивость линейных стационарных систем. Критерии Ляпунова, Лье-нара-Шипара, Гурвица, Михайлова, Найквиста. Устойчивость линейных нестационарных систем.

Методы синтеза обратной связи. Управляемость, наблюдаемость, стабилизируемость. Дуальность управляемости и наблюдаемости. Стабилизация по состоянию, по выходу. Наблюдатели состояния. Дифференциаторы.

Качество процессов управления в линейных динамических системах. Показатели качества переходных процессов. Методы оценки качества. Коррекция систем управления.

Управление при действии возмущений. Различные типы возмущений: операторные, координатные. Инвариантные системы. Следящие системы.

Релейная обратная связь: алгебраические и частотные методы исследования.

Стабилизация регулятором переменной структуры: скалярные и векторные скольльзящие режимы.

Абсолютная устойчивость. Геометрические и частотные критерии абсолютной устойчивости. Абсолютная стабилизация. Адаптивные системы стабилизации: метод скоростного градиента, метод целевых неравенств.

Управление в условиях неопределенности. Позитивные динамические системы: основные определения и свойства, стабилизация позитивных систем при неопределенности.

Аналитическое конструирование оптимальных регуляторов. Идентификация динамических систем. Экстремальные регуляторы.

Классификация дискретных систем автоматического управления. Уравнения импульсных систем во временной области. Разомкнутые системы. Описание импульсного элемента. Импульсная характеристика приведенной непре-

рывной части. Замкнутые системы. Уравнения разомкнутых и замкнутых импульсных систем относительно решетчатых функций. Дискретные системы. Z-преобразование решетчатых функций и его свойства.

Передаточная, переходная и весовая функции импульсной системы. Многомерные импульсные системы. Описание многомерных импульсных систем с помощью пространства состояний.

Устойчивость дискретных систем. Исследование устойчивости по первому приближению, метод функций Ляпунова, метод сравнения. Теоремы об устойчивости: критерий Шора—Куна. Синтез дискретного регулятора по состоянию и по выходу, при наличии возмущений.

Основные виды нелинейностей в системах управления. Методы исследования поведения нелинейных систем. Автоколебания нелинейных систем.

Гладкие нелинейные динамические системы на плоскости: анализ управляемости, наблюдаемости, стабилизируемости и синтез обратной связи.

Управление системами с последействием.

Классификация оптимальных систем. Задачи оптимизации. Принцип максимума Понтрягина. Динамическое программирование.

Управление сингулярно-возмущенными системами.

Эвристические методы стабилизации: нейросети, нечеткие множества, интеллектуальное управление.

5. Компьютерные технологии обработки информации

Определение и общая классификация видов информационных технологий. Модели, методы и средства сбора, хранения, коммуникации и обработки информации.

Программно-технические средства реализации современных офисных технологий. Стандарты пользовательских интерфейсов.

Создание и обработка текстовых файлов и документов с использованием текстовых редакторов и процессоров. Программные средства создания и обработки электронных таблиц.

Программные средства создания графических объектов, графические процессоры (векторная и растровая графика).

Понятие информационной системы, банки и базы данных. Логическая и физическая организация баз данных. Модели представления данных, архитектура и основные функции СУБД. Распределенные БД. Принципиальные особенности и сравнительные характеристики файл-серверной, клиент-серверной и интранет технологий распределенной обработки данных.

Реляционный подход к организации БД. Базисные средства манипулирования реляционными данными. Методы проектирования реляционных баз данных (нормализация, семантическое моделирование данных, ER-диаграммы).

Языки программирования в СУБД, их классификация и особенности. Стандартный язык баз данных SQL.

Перспективные концепции построения СУБД (ненормализованные реляционные БД, объектно-ориентированные базы данных и др.).

Основные сетевые концепции. Глобальные, территориальные и локальные сети. Проблемы стандартизации. Сетевая модель OSI. Модели взаимодействия компьютеров в сети.

Среда передачи данных. Преобразование сообщений в электрические сигналы, их виды и параметры. Проводные и беспроводные каналы передачи данных.

Локальные сети. Протоколы, базовые схемы пакетов сообщений и топологии локальных сетей. Сетевое оборудование ЛВС.

Глобальные сети. Основные понятия и определения. Сети с коммутацией пакетов и ячеек, схемотехника и протоколы. Принципы межсетевого взаимодействия и организации пользовательского доступа. Методы и средства защиты информации в сетях. Базовые технологии безопасности.

Сетевые операционные системы. Архитектура сетевой операционной системы: сетевые оболочки и встроенные средства. Обзор и сравнительный анализ популярных семейств сетевых ОС.

Принципы функционирования Internet, типовые информационные объекты и ресурсы. Ключевые аспекты WWW-технологии.

Адресация в сети Internet. Методы и средства поиска информации в Internet, информационно-поисковые системы.

Языки и средства программирования Internet приложений. Язык гипертекстовой разметки HTML5. Организация сценариев отображения и просмотра HTML документов с использованием объектно-ориентированных языков программирования и технологий взаимодействия с СУБД. Web-приложения с сервис-ориентированной архитектурой. Протоколы HTTP, HTTPS, POP, SMTP, FTP, SOAP.

Представление звука и изображения в компьютерных системах. Устройства ввода, обработки и вывода мультимедиа информации. Форматы представления звуковых и видеофайлов. Оцифровка и компрессия. Программные средства записи, обработки и воспроизведения звуковых и видеофайлов. Мультимедиа в вычислительных сетях.

Основные разделы теории и приложений искусственного интеллекта. Описание и постановка задачи. Задачи в пространстве состояний, в пространстве целей. Классификация задач по степени сложности. Линейные алгоритмы. Полиномиальные алгоритмы. Экспоненциальные алгоритмы.

Виды и уровни знаний. Знания и данные. Факты и правила. Принципы организации знаний. Требования, предъявляемые к системам представления и обработки знаний. Формализмы, основанные на классической и математической логиках. Современные логики. Фреймы. Семантические сети и графы. Модели, основанные на прецедентах. Приобретение и формализация знаний. Пополнение знаний. Обобщение и классификация знаний. Логический вывод и умозаключение на знаниях. Проблемы и перспективы представления знаний.

Назначение и принципы построения экспертных систем. Классификация экспертных систем. Методология разработки экспертных систем. Этапы разработки экспертных систем. Проблемы и перспективы построения экспертных систем.

6. Статистика

Теоретическая и эмпирическая функции распределения. Предельное поведение эмпирической функции распределения. Теорема Гливенко-Кантелли. Начальные и центральные эмпирические моменты, теоремы о близости эмпирических моментов к соответствующим теоретическим.

Основные распределения математической статистики. Параметры распределений. Оценка неизвестного параметра. Точечное оценивание, несмещенность и состоятельность оценки. Метод моментов. Асимптотическая нормальность оценок, полученных методом моментов. Метод максимального правдоподобия. Асимптотические свойства оценок максимального правдоподобия.

Интервальное оценивание. Доверительный интервал. Уровень доверия. Точность и надежность оценивания дисперсии нормальной случайной величины. Точность и надежность оценивания для негауссовских распределений. Понятие эффективности оценки. Несмещенные оценки с минимальной дисперсией. Неравенство Рао-Крамера.

Статистическая проверка гипотез. Критерий проверки гипотезы, уровень значимости критерия, мощность критерия. Параметрические гипотезы. Принцип отношения правдоподобия Неймана – Пирсона. Непараметрические гипотезы. Критерии согласия. Критерий Колмогорова-Смирнова.

Статистическое исследование зависимостей. Случайные переменные в эксперименте. Нелинейные зависимости. Корреляционные связи. Значимость коэффициента корреляции. Множественная регрессия. Метод наименьших квадратов. Неслучайные переменные. Линейные по параметрам регрессионные модели. Оценивание коэффициентов регрессии методом наименьших квадратов. Свойства оценок коэффициентов регрессии.

Гипотеза об адекватности модели. Оценка близости остаточной ошибки модели к ошибке эксперимента. Прогнозирование результатов эксперимента. Точность и надежность прогноза.

Понятия робастности по распределению, качественной и количественной робастности. Робастные процедуры, робастные оценки. Вычисление робастных оценок. Робастный вариант метода наименьших квадратов.

Рекомендуемая основная литература

1. Вентцель Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология. М.: Наука, 1988.
2. Мендель А.В. Модели принятия решений. М.: Юнити-Дана, 2010. - 464 с.
3. Петровский А.Б. Теория принятия решений. М.: Академия, 2009. - 400 с.
4. Черноруцкий И.Г. Методы оптимизации и принятия решений. М.: Лань, 2001. - 384 с.
5. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. М.: Логос, 2000.
6. Теория автоматического управления. Ч. 1 и 2 / Под ред. А.А. Воронова. М.: Высшая школа, 1986.
7. Методы классической и современной теории автоматического управления:

Учебник. В 3-х т. М.: Изд-во МГТУ, 2000.

8. Базы данных: Уч. для высших и средних специальных заведений / Под ред. А.Д.
9. Хомоненко. СПб.: Корона принт-2000, 2000.
10. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Г. Базы знаний интеллектуальных систем.
11. СПб.: Питер, 2000.
12. Саати Т., Керис К. Аналитическое планирование. Организация систем. М.: Радио и связь, 1991.
13. Воронов А.А. Введение в динамику сложных управляемых систем. М.: Наука, 1985.
14. Орлов А.И. Теория принятия решений. М.: Экзамен, 2006. - 576 с.
15. Реклейтис Г., Рейвиндран А., Регсдел К. Оптимизация в технике. Т. 1, 2. М.: Мир, 1986.
16. Боровков А.А. Математическая статистика: учебник для вузов / А.А. Боровков. – 5-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2021.
17. Бочаров П.П. Теория вероятностей и математическая статистика: учебное пособие / П.П. Бочаров, А.В. Печинкин. – 2-е изд. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005.

Дополнительная литература

1. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Г. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб.: Питер, 2000.
2. Ларичев О.И., Мошкович Е.М. Качественные методы принятия решений. М.: Наука, 1996.
3. Саати Т., Керис К. Аналитическое планирование. Организация систем. М.: Радио и связь, 1991.
4. Воронов А.А. Введение в динамику сложных управляемых систем. М.: Наука, 1985.
5. Цыпкин Я.З. Основы теории автоматических систем. М.: Наука, 1977.
6. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход, 2-е изд. – М.: Вильямс, 2006.

Электронные ресурсы

1. www.biblioclub.ru Карманов В. Г. Математическое программирование. - Изд.: М., Физматлит, 2008 - 262 с.
2. www.biblioclub.ru Юденков А. М., Дли М. И., Круглов В. В. Математическое программирование в экономике. - Изд.: М., Финансы и статистика, 2010 - 117 с.
3. www.biblioclub.ru Шапкин А. С. Шапкин В. А. Задачи с решениями по высшей математике, теории вероятностей, математической статистике, математическому программированию. - Изд.: М., Дашков и Ко, 2010 - 432 с.
4. www.biblioclub.ru Минько Э. В. Минько А. Э. Методы прогнозирования и исследования операций: Учеб, пособие. - Изд.: М., Финансы и статистика, 2010 - 244 с.
5. www.biblioclub.ru Макоха А. Н., Сахнюк П. А., Червяков Н. И. Дискретная математика. - Издательство: Москва, Физматлит, 2005 - 184 с.

6. www.biblioclub.ru Тюрин С. Ф. Аляев Ю. А. Дискретная математика: Практическая дискретная математика и математическая логика. - Изд.: Москва, Финансы и статистика, 2010 - 385 с.

Составители программы:

д-р. техн. наук, профессор,
профессор кафедры систем автоматики,
автоматизированного управления и
проектирования

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized, flowing letters that appear to be 'С.В. Ченцов'.

С.В. Ченцов