

Акционерное общество
«Концерн «Центральный научно-исследовательский институт
«Электроприбор»

ПРОГРАММА

кандидатского экзамена по научной специальности

2.3.1 «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика»

технические науки

Санкт-Петербург
2024 г.

Содержание программы

1. Методы описания и общие свойства систем обработки информации и управления и их характеристики

Определение и классификация динамических систем. Общее определение динамических систем, описание в форме Коши. Линейные и нелинейные. Стационарные и нестационарные. Стохастические и детерминированные.

Линейные стационарные системы. Методы описания систем во временной области с помощью дифференциальных уравнений. Пространство состояний. Фундаментальная матрица. Переходная и импульсная характеристики. Методы описания систем в частотной области. Преобразования Лапласа и Фурье. Передаточная функция. Амплитудно-частотная и фазо-частотная характеристики. Логарифмические частотные характеристики. Методы описания систем (разомкнутых и замкнутых) с использованием структурных схем. Описания типовых звеньев. Дифференцирующие, интегрирующие, апериодические и колебательные звенья. Взаимосвязь между основными функциями, используемыми при описании линейных систем. Примеры.

Нелинейные и нестационарные системы. Определение нелинейных систем и методов их описания. Типовые нелинейности. Линеаризация на основе разложения в ряд Тейлора. Гармоническая и статистическая линеаризации. Примеры. Определение нестационарных систем и методов их описания. Примеры.

Устойчивость систем. Устойчивость линейных систем. Определение устойчивости. Асимптотическая устойчивость. Корневые методы исследования устойчивости. Алгебраические методы исследования устойчивости. Частотные методы исследования устойчивости. Устойчивость нелинейных систем. Автоколебательные режимы.

Основные понятия о первом и втором методах Ляпунова.

Качество и свойства динамических систем. Свободное и вынужденное движение. Установившийся режим. Переходные процессы. Статические и динамические точностные показатели качества. Статизм и астатизм. Управляемость. Наблюдаемость.

Инвариантность. Чувствительность. Робастность.

Дискретные системы. Способы описания дискретных систем. Методы дискретизации непрерывных систем. Разностные уравнения. Z-преобразование. Теорема Котельникова, наложение частот.

Компьютерное моделирование систем. Моделирование систем с использованием MatLab/Simulink. Общие возможности. Описание и моделирование линейных стационарных непрерывных и дискретных систем в Matlab с использованием Control System Toolbox. Преобразование моделей в MatLab.

Компьютерное моделирование систем управления и оценивания с помощью Python.

2. Методы синтеза и анализа систем обработки информации

Элементы теории вероятностей и случайных процессов. Случайные величины и векторы, методы описания и основные характеристики. Гауссовские случайные величины и векторы. Правило определения параметров условного гауссовского распределения. Выборочные характеристики, гистограмма. Моделирование случайных величин и векторов с использованием средств MatLab. Случайные процессы и последовательности, методы описания. Стационарные случайные процессы, корреляционная функция и спектральная плотность. Гауссовские случайные процессы и последовательности и их свойства. Марковские процессы и последовательности и их свойства.

Формирующий фильтр, порождающий шум. Прохождение белого шума через линейную систему, анализ во временной и частотной областях. Простейшие марковские процессы, используемые при решении задач обработки информации: квазидетерминированные процессы, белый шум, экспоненциально-коррелированный и винеровский процессы и их свойства. Процессы с дробно-рациональной спектральной плотностью. Узкополосые марковские процессы второго порядка. Временная дискретизация

марковских процессов. Моделирование процессов с заданными статистическими свойствами.

Основы теории оценивания постоянных параметров. Примеры линейных и нелинейных задач оценивания постоянных параметров, связанных с обработкой навигационной информации. Общая постановка задачи оценивания. Методы синтеза алгоритмов оценивания на основе детерминированного подхода. Метод наименьших квадратов и его модификации. Общее решение линейной задачи. Ошибки оценивания. Анализ точности алгоритмов. Методы решения задач оценивания на основе небайесовского подхода. Метод максимума правдоподобия. Решение задачи синтеза алгоритмов для линейной гауссовской задачи. Методы решения задач оценивания на основе байесовского подхода. Свойства оценок. Общее решение задачи синтеза алгоритмов и анализа точности для линейной задачи. Линейный оптимальный алгоритм. Случай гауссовских ошибок измерения.

Основы теории проверки статистических гипотез. Постановка задачи проверки статистических гипотез. Простая гипотеза. Проверка простой гипотезы методами Байеса. Отношение правдоподобия. Проверка гипотез методами максимума апостериорной вероятности, максимума правдоподобия, Неймана-Пирсона и минимаксным методом. Многошаговая проверка гипотез (последовательный анализ). Метод Байеса. Сложные гипотезы. Проверка сложной гипотезы методом Байеса. Постановка задачи обнаружения сигнала на фоне помех: когерентное и некогерентное.

Основы теории фильтрации случайных последовательностей и процессов. Постановка задачи рекуррентной линейной фильтрации для случайных последовательностей. Дискретный фильтр Калмана (ФК). Коэффициент усиления ФК и формулы его вычисления. Постановка задачи рекуррентной фильтрации для случайных процессов. Непрерывный ФК для линейных систем и его модификации, включая построение фильтра при отсутствии булшумных помех измерений. Методы дискретизации непрерывных стохастических систем. Стационарные фильтры. Фильтр Винера.

Применение логарифмических характеристик при построении фильтров Винера. Сопоставление фильтров Калмана и Винера. Задача нелинейной фильтрации. Алгоритмы калмановского типа, включая обобщенный, итерационный и ансамблевый ФК. Рекуррентные соотношения для апостериорной плотности.

Метод Монте-Карло и метод точечных масс. Методы многоальтернативной фильтрации. Примеры многоальтернативных задач. Использование неравенства Рао-Крамера для анализа точности нелинейного оценивания. Решение задачи фильтрации стохастических сигналов в условиях неопределенных моделей. Примеры задач фильтрации, решаемых при обработке навигационной информации. Инвариантный и неинвариантный подходы. Примеры задач фильтрации, решаемых при определении координат и параметров движения целей.

Оценка свойств случайных процессов и последовательностей. Выборочное математическое ожидание, дисперсия и оценка корреляционной функции.

Параметрические и непараметрические алгоритмы оценки спектральной плотности. Спектрограмма. Оценка псевдоспектра сигнала с использованием разложения проекционной матрицы (методы Multiple Signal Classification и Eigenvectors, EV). Фильтрация пространственного случайного процесса. Пространственные фильтры. Согласованная со средой распространения сигнала обработка (классическое Match Field Processing (MFP) - согласованная обработка сигналов и MFP в условиях априорной неопределенности).

3. Методы синтеза и анализа систем управления

Основы классической теории управления. Показатели качества систем регулирования: точность, запас устойчивости, быстродействие. Типовые структурные схемы. Основные законы управления. П-ПИ-ПД-ПИД-регуляторы. Задача стабилизации.

Метод модального управления. Методы компенсации возмущающих воздействий. Коэффициенты ошибок. Астатическое управление. Комбинированное управление. Программное управление.

Основы теории оптимального управления. Понятие об оптимальных системах управления. Квадратичные функционалы качества. Детерминированная задача линейного оптимального управления. Стохастическая задача линейного оптимального управления. Принцип разделения. Учет ограничений на вектор состояния и управление.

4. Некоторые новые подходы к построению систем обработки информации и управления

Нейронные сети. Понятие и модель нейрона. Функция активации. Архитектура нейронных сетей. Многослойные сети. Методы обучения нейронных систем. Обучение методом обратного распространения ошибки. Сферы применения в задачах обработки информации и управления. Примеры.

Нечёткая логика. Понятие нечётких множеств. Функция принадлежности. Фазификация, дефазификация. Подходы к разработке нечётких систем принятия решений и управления. Сферы применения в задачах обработки информации и управления. Примеры.

Адаптивные системы. Понятие адаптивности в задачах обработки информации и управления. Постановка задачи адаптивного управления и основные подходы к ее решению. Постановка задачи адаптивного оценивания и основные подходы к ее решению. Идентификация объектов и систем: постановка задачи и пути решения.

Основная литература

1. ГЛОНАСС. Модернизация и перспективы развития. Монография. Под редакцией А.И.Перова. М. Радиотехника, 2020
2. Голован А.А. Математические основы навигационных систем в 3 ч. / А. А. Голован, Н. А. Парусников ; Московский гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. Москва, 2011. (3-е изд., испр. и доп.)
3. Ивановский Р.И. Теория вероятностей и математическая статистика. СПб.: 2008.— 528 с.
4. Красовский А. А. Справочник по теории автоматического управления. М.Наука.1987.
5. Льюнг Л. Идентификация систем. Теория для пользователя. Издательство: М.: Наука , 1991 – 432 с.
6. Матасов А.И. Основы теории фильтра Калмана : учебное пособие, М., МГУ, 2021 – 86,[1] с.
7. Мирошник И.В. Теория автоматического управления. Нелинейные системы. Питер 2006.
8. Мирошник И.В., Никифоров В.О., Фрадков А.Л. Нелинейное и адаптивное управление сложными динамическими системами СПб. Наука. 2000.
9. Мирошник И.В. Теория автоматического управления. Линейные системы. – СПб.: «Питер», 2005. – 333 с
10. Научные направления. Институт проблем управления им. В.А.Трапезникова Российской Академии наук. Под редакцией Д.А. Дмитриева - М. ИПУ РАН, 2024
11. Небылов А.В. Гарантирование точности управления. Москва 1998.
12. Никифоров В.О., Ушаков А.В. Управление в условиях неопределенности: чувствительность, адаптация, робастность С. Петербург, ИТМО, 2002 232с
13. Пантелеев А.В., Ботаковский А.С. Теория управления в примерах и задачах Москва Высшая школа. 2003, 584с.
14. Поляк Б.Т., Хлебников М.В., Рапопорт Л.Б. Математическая теория автоматического управления, М. URSS, 2019, 500с.

15. Поляк Б.Т., Щербаков П.С. Робастная устойчивость и управление Москва. Наука 2002, 303 с.
16. Прикладные разработки Институт проблем управления им. В.А.Трапезникова Российской Академии наук. М. ИПУ РАН, 2024
17. Степанов О.А. Основы теории оценивания с приложениями к задачам обработки навигационной информации. Санкт-Петербург, 2017. Ч. 1. Введение в теорию оценивания / Изд. 2-е, исправлен. и дополнен. – СПб.: ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2017. – 509 с.
18. Степанов О.А. Основы теории оценивания с приложениями к задачам обработки навигационной информации. Санкт-Петербург, 2017. Ч. 2. Введение в теорию фильтрации – СПб.: ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2017. – 417 с.
19. Степанов О.А. Применение теории нелинейной фильтрации в задачах обработки навигационной информации. СПб.: ГНЦ РФ - ЦНИИ "Электроприбор". 2003. - 370 с.
20. Теория управления (дополнительные главы), Под ред. члена-корреспондента РАН Д.А. Новикова, М. URSS, 2019, 546 с.
21. Хлебников М.В, М.В.Балашов, А.А.Тремба Оптимизация и управление. М. ИПУ РАН, 2024
22. Цыпкин Я.З. Информационная теория идентификации. Москва 1995.
23. Шахтарин, Б.И. Фильтры Винера и Калмана.- М.: Гелиос. АРВ, 2008.- 408 с.
24. Ярлыков, М.С. Марковская теория оценивания случайных процессов / М.С.Ярлыков, М.А.Миронов. - М.: Радио и связь, 1993.
25. Bar-Shalom, J., Willett, P.K, and Tian, X. (2011) Tracking and Data Fusion. A Handbook of Algorithms. YBS Publishing, 2011.
26. Gelb A. Editor. Applied Optimal Estimation. M.I.T. Press, Cambridge, MA, 1974. Principle authors Gelb A., Kasper J. F., Jr, Nash R.A. Jr, Price C.F., Satherland A.A. Jr 1994

Дополнительная литература

1. Бендат Дж., Пирсол А. Прикладной анализ случайных данных: пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 540 с., ил.
2. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. СПб: Профессия. 2003. – 752 с.
3. Брайсон А.Е., Хо Ю Ши, Прикладная теория оптимального управления М. Мир 1972, 544.
4. Г. Ван Трис, Теория обнаружения, оценок и модуляции, т. 1: Теория обнаружения оценок и линейной модуляции, М.: Советское радио, 1972 – 744 с.
5. Г. Ван Трис, Теория обнаружения, оценок и модуляции, т. 2: Теория нелинейной модуляции, М.: Советское радио, 1975 – 344 с.
6. Г. Ван Трис, Теория обнаружения, оценок и модуляции, т. 3: Обработка сигналов в радио- и гидролокации и приём случайных гауссовых сигналов на фоне помех, М.: Советское радио, 1977 – 664 с.
7. Деруссо П., Рой Р., Клоуз Ч. Пространство состояний в теории управления. М. Наука, 1970 – 622 с.
8. Дмитриев С.П. Высокоточная морская навигация. - Л.: Судостроение, 1991, 222 с.
9. Квакернаак Х., Сиван Р. Линейные оптимальные системы управления. М.Мир.1977.
10. Кудинов Ю.И., Келина А.Ю., Кудинов И.Ю. и др. Нечеткие модели и системы управления, М. Ленанд, 2017, 328 с.
11. Никифоров В.О. Адаптивное и робастное управление с компенсацией возмущений. С-Петербург. Наука. 2003, 284 с.

12. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. – 3-е изд., – М.: Радио и связь, 1989. – 656 с.
13. Леонов Г.А. Теория управления. Издательство Санкт-Петербургского университета 2006.
14. Лукомский Ю.А., Пешехонов В.Г., Скороходов Д.А. Навигация и управление движением судов. Элмор. Санкт-Петербург, 2002, 360 с.
15. Лурье Б.Я., Энрайт П.Дж. Классические методы автоматического управления. Учебное пособие. С.Петербург. БХВ 2004, 624с.
16. Малышкин Г.С. Оптимальные и адаптивные методы обработки гидроакустических сигналов. Т.1. Оптимальные методы. – С-Пб.: ОАО «Коцерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2011. – 400 с.
17. Малышкин Г.С. Оптимальные и адаптивные методы обработки гидроакустических сигналов. Т.2. Адаптивные методы. – С-Пб.: ОАО «Коцерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2011. – 374 с.
18. Малышкин Г.С., Мельканович В.С. Классические и быстрые проекционные адаптивные алгоритмы в гидроакустике - С-Пб.: ОАО «Коцерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2022. – 268 с.
19. Медич Дж. Статистически оптимальные линейные оценки и управление. М.Энергия. 1973, 440 с.
20. Методы классической и современной теории автоматического управления. Под общей редакцией Егупова Н.Д. Учебник в трех томах. Москва МГТУ, 2000.
21. Никулин Е.А. Основы автоматического управления. Частотные методы анализа и синтеза систем. Учебное пособие. БХВ. Петербург 2005.
22. Ощепков А.Ю. Системы автоматического управления: теория, применение, моделирование в MATLAB, СПб, Лань, 2013, 208 с.
23. Первозванский А.А. Курс теории автоматического управления. М. Наука 1986.
24. Перов А.И. Статистическая теория радиотехнических систем. Москва. Радиотехника 2003, 398с.
25. Репин В.Г., Тартаковский Г.П. Статистический синтез при априорной неопределённости и адаптация информационных систем. – М.: Советское радио, 1977, 432 с.
26. Решман Б.И.. Имитационное моделирование и системы управления, Вологда, Инфра-Инженерия, 2016, 74 с.
27. Ривкин С.С., Ивановский Р.И., Костров А.В. Статистическая оптимизация навигационных систем. Л.Судостроение.1976.
28. Свешников А.А. Прикладные методы теории случайных функций. М. Наука 1968, 463.
29. Сейдж Э., Меле Дж. Теория оценивания и ее применение в связи и управлении. Изд-во «Связь». М. 1976.
30. Современная прикладная теория управления. В трех частях под общей редакцией Колесникова А.А. Москва-Таганрог 2000.
31. Тихонов В.И., Харисов В.Н. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем. М. Радио и связь. 1991
32. Цыпкин Я.З. Основы теории автоматических систем. М. Наука 1977.
33. Челпанов И.Б. Оптимальная обработка сигналов в навигационных системах. Москва. Издательство Наука 1967.
34. Челпанов И.Б., Несенюк Л.П., Брагинский М.В. Расчет характеристик навигационных гироскопов Л. Судостроение 1978.
35. Gibbs, Bruce P. (2011) Advanced Kalman Filtering, Least-Squares and Modeling: A Practical Handbook, John Wiley&Sons, Inc
36. Grewall M., Weill L.R., and Andrews A.P. (2013) Global Navigation Satellite Systems, Inertial Navigation, and Integration. N.Y.: John Wiley & Sons. Third Edition.

37. Doucet, A. and Johansen, A.M. (2011) A tutorial on particle filtering and smoothing : fifteen years later. In: The Oxford handbook of nonlinear filtering. Oxford handbooks in mathematics. Oxford: Oxford University Press, pp. 656–705