

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
радиотехники и компьютерных
технологий**

А.В. Дворкович

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Теория информационных систем
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Радиотехника и компьютерные технологии Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра информационных систем
курс:	4
квалификация:	бакалавр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

7 (осенний) - Дифференцированный зачет

8 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 60 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 45 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составил: А.Е. Колесса, канд. физ.-мат. наук, доцент

Программа обсуждена на заседании кафедры информационных систем 04.06.2020

Аннотация

В курсе рассматриваются ключевые постановки и методы решения стохастических задач обработки данных и принятия решений в информационных системах. Прежде всего, для обеспечения замкнутости изложения материала сообщаются необходимые сведения из математической статистики. Формулируется класс задач, рассматриваемый в курсе с позиций теории статистических решений. Приводятся решения базовых задач принятия статистических решений: оценивания, обнаружения, совместного обнаружения и оценивания, проверки двух и многоальтернативных гипотез без оценивания и совместно с оцениванием параметров, характеризующих эти гипотезы. Выводятся замкнутые алгоритмы решения базовых задач принятия статистических решений для линейного гауссовского случая. Рассматриваются линейные задачи оценивания и фильтрации, выводятся оптимальные алгоритмы их решения. Рассматриваются методы приближенного решения нелинейных негауссовских задач оценивания и фильтрации. Приводится точное решение этих задач для нелинейностей кусочно-линейного вида.

Курс содержит примеры применения рассматриваемых теоретических методов к практическим задачам обработки данных и принятия решений в оптических информационных системах мониторинга околоземных космических объектов. Для успешного освоения курса слушателю желательно знать курсы «Теория вероятностей», «Теория случайных процессов», «Математические методы оптимизации» и владеть основами математического анализа, линейной алгебры.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- ☐ освоение студентами фундаментальных знаний в области синтеза, анализа и практического применения алгоритмов обработки данных и принятия решений в информационных системах.

Задачи дисциплины

- ☐ Изучение статистических методов обработки данных и принятия решений в информационных системах.
- ☐ Обучение технологии применения методов математической статистики для построения алгоритмов обработки данных и принятия решений (обнаружения, оценивания, идентификации, классификации, управления) в информационных системах.
- ☐ Обучение технологии решения практических стохастических задач обработки данных и принятия решений при проектировании и создании информационных систем.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
	УК-1.4 Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки
	УК-1.5 Определяет и оценивает практические последствия возможных вариантов решения задачи
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов

ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- классические и современные методы решения задач принятия статистических решений;
- технологию решения прикладных задач обнаружения, оценивания, отождествления, классификации;
- вычислительные процедуры решения алгоритмов принятия статистических решений.

уметь:

- формулировать практические задачи из предметной области в виде канонических задач принятия статистических решений;
- численно реализовывать алгоритмы решения канонических задач принятия статистических решений.

владеть:

- методами решения задач принятия статистических решений;
- численными процедурами, необходимыми для реализации оптимальных алгоритмов принятия статистических решений.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Используемые плотности вероятности, их характеристики и преобразования.	6			3
2	Байесовский подход к принятию статистических решений	6			3
3	Алгоритмы принятия решений в базовых линейных гауссовских задачах обработки данных в информационных системах	6			3
4	Алгоритмы решения линейных задач оценивания и последовательной фильтрации	6			3
5	Классические методы решения нелинейной задачи оценивания параметра	6			3
6	Кусочно-линейная задача оценивания параметра (статическая постановка)	7			7
7	Методы нелинейной фильтрации	7			7

8	Приложение к задачам обработки изображений в оптических системах мониторинга околоземных космических объектов	8			8
9	Приложение к задачам идентификации измерений в оптических системах мониторинга околоземных космических объектов и оценивания параметров их движения	8			8
Итого часов		60			45
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		135 час., 3 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 7 (Осенний)

1. Используемые плотности вероятности, их характеристики и преобразования.

- ☐ Многомерная гауссовская плотность вероятности (ПВ) и её характеристическая функция. Воспроизводимость формы при линейных преобразованиях. Линейная комбинация независимых гауссовских векторов. Независимость некоррелированных гауссовских векторов. Теорема о нормальной корреляции. Выделение полного квадрата в показателе экспоненты при произведении гауссовских плотностей. Приведение гауссовской плотности к нормированному виду. Алгоритм генерации нормального вектора с заданными средним и ковариационной матрицей.
- ☐ Тождественные преобразования и предельный вид (при бесконечно большой ковариационной матрице априорной ПВ) квадратичной невязки, функции правдоподобия и апостериорной ПВ.
- ☐ Доверительная область гауссовского вектора в одномерном, двумерном, трёхмерном и многомерном случаях.
- ☐ Полигауссовская плотность, её среднее, ковариационная матрица и доверительная область.
- ☐ Кусочно-гауссовская плотность вероятности, её среднее, ковариационная матрица и доверительная область.
- ☐ Кусочно-равномерная плотность вероятности.
- ☐ Преобразования случайных векторов. Линейное преобразование гауссовского вектора. Линейное преобразование полигауссовского вектора. Линейное преобразование вектора с кусочно-гауссовской плотностью. Кусочно-линейное преобразование гауссовского вектора. Кусочно-линейное преобразование вектора с кусочно-гауссовской плотностью. Полигауссовская аппроксимация для нелинейного преобразования вектора с произвольной плотностью вероятности.
- ☐ Пересечение прямой с эллипсоидом в многомерном пространстве.
- ☐ Область пересечения гиперплоскости с эллипсоидом
- ☐ Проекция гауссовской плотности на гиперплоскость
- ☐ Визуализация двумерного эллипсоида
- ☐ Аппроксимация для нелинейного преобразования вектора с произвольной плотностью вероятности.
- ☐ Совместная плотность вероятности ненаблюдаемого и наблюдаемого случайных векторов. Функция правдоподобия. Априорная плотность вероятности. Апостериорная плотность вероятности. Тождество Байеса.

2. Байесовский подход к принятию статистических решений

- ☐ Рассматриваемый класс задач

- ☐ Решение. Функция потерь. Решающее правило (рандомизированное и нерандомизированное). Средний и апостериорный риски. Теорема об оптимальном (байесовском) решающем правиле. Простая и квадратичная функции потерь.
- ☐ Байесовское решение задачи оценивания случайного параметра для простой и квадратичной функциях потерь.
- ☐ Байесовское решение задачи проверки двух альтернатив без штрафа за ошибки оценивания параметров.
- ☐ Решение задачи обнаружения с использованием критерия Неймана-Пирсона. Вероятности ложной тревоги, правильного обнаружения, пропуска. Оптимальное решающее правило. Выбор порога принятия решения.
- ☐ Задача совместного обнаружения и оценивания случайного параметра при простой и квадратичной функциях потерь. Выбор констант в оптимальном решающем правиле.
- ☐ Задача проверки двух альтернатив совместно с оцениванием параметров при простой и квадратичной функциях потерь. Выбор констант в оптимальном решающем правиле.
- ☐ Задача проверки многоальтернативных гипотез без штрафа за ошибки оценивания параметров.
- ☐ Задача проверки многих альтернатив совместно с оцениванием параметров при простой и квадратичной функциях потерь.
- ☐ Пример. Оценивание константы, измеряемой с некоррелированными нормальными ошибками. Случай равномерного априорного распределения.
- ☐ Пример. Оценивание константы, измеряемой с некоррелированными нормальными ошибками. Случай нормального априорного распределения.
- ☐ Пример. Обнаружение полезного сигнала в шуме.
- ☐ Пример. Линейная задача совместного обнаружения и оценивания параметра при его равномерной априорной ПВ.
- ☐ Пример. Линейная задача обнаружения-оценивания с полигауссовской априорной ПВ параметра.
- ☐ Пример. Задача совместного обнаружения-оценивания с кусочно-постоянным уравнением наблюдения.

3. Алгоритмы принятия решений в базовых линейных гауссовских задачах обработки данных в информационных системах

Линейная гауссовская задача совместного обнаружения и оценивания параметров полезного сигнала в шуме

- ☐ Постановка задачи.
- ☐ Байесовское решающее правило для случая равномерной априорной ПВ.
- ☐ Байесовское решающее правило для случая нормальной априорной ПВ.
- ☐ Решение с помощью метода обобщённого отношения правдоподобия.
- ☐ Определение порога принятия решения.

Идентификация и объединение двух независимых оценок и ковариационных матриц ошибок оценивания случайного векторного параметра

- ☐ Постановка задачи.
- ☐ Байесовское решающее правило для случая равномерной априорной ПВ.
- ☐ Решение с помощью метода обобщённого отношения правдоподобия.
- ☐ Определение порога принятия решения.

Линейная гауссовская задача проверки многих альтернативных гипотез совместно с оцениванием их параметров

- ☐ Постановка задачи
- ☐ Байесовское решающее правило
- ☐ Определение порога принятия решения

4. Алгоритмы решения линейных задач оценивания и последовательной фильтрации

Алгоритмы оценивания параметра

- ☐ Гауссовско-марковская оценка (метод наименьших квадратов).

- ☐ Рекуррентный вариант метода наименьших квадратов.
- ☐ Наихудшая ошибка измерения с ограниченной энергией для гауссовско-марковской оценки.
- ☐ Гауссовско-марковская оценка с ограничением типа равенства на оцениваемый параметр.
- ☐ Оптимальная оценка для регуляризованного критерия Гаусса-Маркова
- ☐ Оптимальная в среднеквадратическом смысле оценка. Эквивалентное представление оптимальной в среднеквадратическом смысле оценки. Предельный вид оптимальной в среднеквадратическом смысле оценки для бесконечно большой ковариационной матрицы априорной ПВ.
- ☐ Рекуррентное вычисление оптимальной в среднеквадратическом смысле оценки параметра.
- ☐ Сведение последовательной задачи оценивания параметра к статической. Гауссовско-марковская оценка. Оптимальная в среднеквадратическом смысле оценка. Оценка вектора состояния процесса с полиномиальной динамикой

Линейная задача фильтрации

- ☐ Постановка задачи.
- ☐ Байесовское рекурсивное соотношение для апостериорной плотности вероятности.
- ☐ Фильтр Калмана.
- ☐ Фильтр Калмана для процесса с полиномиальной динамикой.
- ☐ Дуальность линейно-квадратичной детерминированной задачи управления и задачи фильтрации.

5. Классические методы решения нелинейной задачи оценивания параметра

- ☐ Метод линеаризации.
- ☐ Метод наименьших квадратов для линеаризованной задачи.
- ☐ Оптимальная в среднеквадратическом смысле оценка для линеаризованной задачи.
- ☐ Итерационный метод наименьших квадратов.
- ☐ Итерационный метод наименьших квадратов при ограничении типа равенства на оцениваемый параметр
- ☐ Итерационный алгоритм построения оптимальной в среднеквадратическом смысле оценки
- ☐ Сведение последовательной задачи оценивания параметра к статической. Итеративная гауссовско-марковская оценка. Итеративная регуляризованная гауссовско-марковская оценка.
- ☐ Оценка параметра на основе полигауссовской аппроксимации апостериорной плотности вероятности.
- ☐ Эффективные оценки неизвестного параметра. Неравенство Крамера-Рао. Метод максимального правдоподобия

Семестр: 8 (Весенний)

6. Кусочно-линейная задача оценивания параметра (статическая постановка)

- ☐ Кусочное представление байесовской формулы для апостериорной плотности вероятности.
- ☐ Апостериорная ПВ для функции правдоподобия и априорной ПВ кусочного вида
- ☐ Точное решение задачи оценивания для кусочно-постоянного по оцениваемому параметру уравнения наблюдения. Случай кусочно-равномерной априорной ПВ. Случай кусочно-гауссовской априорной ПВ
- ☐ Пример: дискриминатор релейного типа.
- ☐ Точное решение задачи оценивания для кусочно-линейного по оцениваемому параметру уравнения наблюдения. Случай кусочно-равномерной априорной ПВ. Случай кусочно-гауссовской априорной ПВ. Предельный случай бесконечно большой ковариационной матрицы априорного распределения.
- ☐ Апостериорная доверительная область оцениваемого параметра.
- ☐ Приближенное вычисление интегралов P, S, Q с помощью дополнительного разбиения пространства. Редукция интегралов для случая нелинейности по части компонент оцениваемого параметра. Вычисление интегралов P, S, Q в одномерном случае. Вычисление интегралов P, S, Q для двумерного случая.
- ☐ Пример. Одномерный кусочно-линейный дискриминатор

☐ Точная формула для ковариационной матрицы ошибок оценивания параметра методом наименьших квадратов для линеаризованной кусочно-линейной задачи. Одномерный пример.

7. Методы нелинейной фильтрации

☐ Фильтр Калмана для линеаризованной задачи.

☐ Нелинейная фильтрация с использованием полигауссовской аппроксимация апостериорной ПВ.

☐ Кусочная задача последовательного оценивания случайного параметра. Байесовское рекурсивное соотношение для кусочной апостериорной плотности вероятности. Последовательный алгоритм оценивания.

8. Приложение к задачам обработки изображений в оптических системах мониторинга околоземных космических объектов

☐ Корреляционные методы определения взаимного смещения изображений.

☐ Пространственно-временные методы фильтрации фона наблюдения.

☐ Выделение и классификация разрешенных точечных объектов в цифровом изображении.

☐ Выделение и классификация неразрешенных групповых объектов в цифровом изображении.

☐ Выделение изолированного протяженного (перемещающегося в кадре за время экспозиции) объекта во фрагменте кадра изображения.

☐ Выделение следов группы объектов во фрагменте кадра изображения

☐ Выделение малоконтрастных протяженных следов объектов в цифровом изображении.

☐ Алгоритм совместной обработки последовательных изображений для компенсации искажений полезных сигналов на этапе традиционной внутрикадровой пороговой обработки.

☐ Алгоритм сверхразрешения в цифровом изображении и определения индивидуальных параметров близких космических объектов.

9. Приложение к задачам идентификации измерений в оптических системах мониторинга околоземных космических объектов и оценивания параметров их движения

☐ Модели измерения и движения

☐ Численный метод определения якобианов преобразования.

☐ Оценивание параметров движения объектов, одновременно наблюдаемых системой оптических сенсоров.

☐ Первоначальное определение неизвестной орбиты.

☐ Уточнение орбиты пассивного КО по новому оптическому треку.

☐ Идентификация измерений с известными орбитами пассивных космических объектов.

☐ Идентификация двух разнесенных по времени треков.

☐ Оценка и контроль характеристик текущей и прогнозируемой точности параметров орбит пассивных КО.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

- учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная мультимедийным оборудованием.

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Теория информационных систем [Текст]/Г. П. Тартаковский, -М., Физматкнига, 2005

Дополнительная литература

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Не используются

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Не предусмотрено.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения, понятия.

Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала (по конспектам лекций, учебной и научной литературе);
- подготовку к дифференцированному зачету и экзамену.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к преподавателю.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Радиотехника и компьютерные технологии Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра информационных систем
курс:	4
квалификация:	бакалавр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

7 (осенний) - Дифференцированный зачет
8 (весенний) - Экзамен

Разработчик: А.Е. Колесса, канд. физ.-мат. наук, доцент

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
	УК-1.4 Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки
	УК-1.5 Определяет и оценивает практические последствия возможных вариантов решения задачи
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Теория информационных систем» обучающийся должен:

знать:

- классические и современные методы решения задач принятия статистических решений;
- технологию решения прикладных задач обнаружения, оценивания, отождествления, классификации;
- вычислительные процедуры решения алгоритмов принятия статистических решений.

уметь:

- формулировать практические задачи из предметной области в виде канонических задач принятия статистических решений;
- численно реализовывать алгоритмы решения канонических задач принятия статистических решений.

владеть:

- методами решения задач принятия статистических решений;
- численными процедурами, необходимыми для реализации оптимальных алгоритмов принятия статистических решений.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю
 - 1) Многомерная гауссовская плотность вероятности (ПВ) и её характеристическая функция.
 - 2) Теорема о нормальной корреляции/

- 3) Доверительная область гауссовского вектора в одномерном и многомерном случаях.
- 4) Полигауссовская плотность, ее среднее, ковариационная матрица и доверительная область.
- 5) Кусочно-гауссовская плотность вероятности.
- 6) Линейное и кусочно-линейное преобразования гауссовского вектора.
- 7) Линейное преобразование полигауссовского вектора.
- 8) Кусочно-линейное преобразование вектора с кусочно-гауссовской плотностью.
- 9) Полигауссовская аппроксимация для нелинейного преобразования вектора с произвольной плотностью вероятности.
- 10) Теорема об оптимальном (байесовском) решающем правиле. Средний и апостериорный риски. Простая и квадратичная функции потерь.
- 11) Байесовское решение задачи оценивания случайного параметра для простой и квадратичной функций потерь.
- 12) Байесовское решение задачи проверки двух альтернатив без штрафа за ошибки оценивания параметров.
- 13) Решение задачи обнаружения с использованием критерия Неймана-Пирсона. Выбор порога принятия решения.
- 14) Задача совместного обнаружения и оценивания случайного параметра при простой и квадратичной функциях потерь.
- 15) Задача проверки двух альтернатив совместно с оцениванием параметров при простой и квадратичной функциях потерь.
- 16) Задача проверки многоальтернативных гипотез без штрафа за ошибки оценивания параметров.
- 17) Задача проверки многих альтернатив совместно с оцениванием параметров при простой и квадратичной функциях потерь.
- 18) Линейная гауссовская задача совместного обнаружения и оценивания параметров полезного сигнала в шуме для равномерной и нормальной априорной ПВ. Определение порога принятия решения.
- 19) Идентификация и объединение двух независимых оценок и ковариационных матриц ошибок оценивания случайного векторного параметра для случая равномерной априорной ПВ. Определение порога принятия решения.
- 21) Линейная гауссовская задача проверки многих альтернативных гипотез совместно с оцениванием их параметров. Определение порога принятия решения.
- 22) Гауссовско-марковская оценка (метод наименьших квадратов). Статический и рекуррентный алгоритмы.
- 23) Гауссовско-марковская оценка с ограничением типа равенства на оцениваемый параметр.
- 24) Оптимальная оценка для регуляризованного критерия Гаусса-Маркова
- 25) Оптимальная в среднеквадратическом смысле оценка. Статический и рекуррентный алгоритмы.
- 26) Байесовское рекурсивное соотношение для апостериорной плотности вероятности.
- 27) Фильтр Калмана.
- 28) Дуальность линейно-квадратичной детерминированной задачи управления и задачи фильтрации.
- 29) Метод наименьших квадратов для линеаризованной задачи.
- 30) Оптимальная в среднеквадратическом смысле оценка для линеаризованной задачи.
- 31) Итерационный метод наименьших квадратов.
- 32) Итерационный алгоритм построения оптимальной в среднеквадратическом смысле оценки
- 33) Оценка параметра на основе полигауссовской аппроксимации апостериорной плотности вероятности.
- 34) Эффективные оценки неизвестного параметра. Неравенство Крамера-Рао. Метод максимального правдоподобия
- 35) Точное решение задачи оценивания для кусочно-линейного по оцениваемому параметру уравнения наблюдения. Случай кусочно-равномерной априорной ПВ. Случай кусочно-гауссовской априорной ПВ.
- 36) Фильтр Калмана для линеаризованной задачи.
- 37) Нелинейная фильтрация с использованием полигауссовской аппроксимации апостериорной ПВ.
- 38) Кусочная задача последовательного оценивания случайного параметра.

- 39) Корреляционные методы определения взаимного смещения изображений.
 - 40) Пространственно-временные методы фильтрации фона наблюдения.
 - 41) Выделение и классификация разрешенных точечных объектов в цифровом изображении.
 - 42) Выделение изолированного протяженного (перемещающегося в кадре за время экспозиции) объекта во фрагменте кадра изображения.
 - 43) Оценивание параметров движения объектов, одновременно наблюдаемых системой оптических сенсоров.
 - 44) Идентификация измерений с известными орбитами пассивных космических объектов.
- За каждое задание студент получает оценку в соответствии с таблицей критерия оценивания.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Перечень контрольных вопросов для сдачи дифференцированного зачета:

- 1) Кусочная плотность вероятности. Среднее и ковариационная матрица вектора с кусочной плотностью. Доверительная область вектора с кусочной плотностью.
- 2) Выпуклая линейная комбинация плотностей вероятности. Среднее и ковариационная матрица выпуклой линейной комбинации плотностей вероятности. Доверительная область вектора, плотность вероятности которого является выпуклой линейной комбинацией плотностей вероятности.
- 3) Гауссовская плотность вероятности. Воспроизводимость формы при линейных преобразованиях. Линейная комбинация независимых гауссовских векторов. Независимость некоррелированных гауссовских векторов. Теорема о нормальной корреляции. Тождество для произведения гауссовских плотностей. Некоторые тождества для гауссовской плотности вероятности. Приведение гауссовской плотности к нормированному виду. Доверительная область положения гауссовского вектора. Визуализация доверительной области двумерного гауссовского вектора.
- 4) Неопределенная гауссовская плотность. Полигауссовская плотность. Среднее и ковариационная матрица полигауссовского вектора. Доверительная область полигауссовского вектора.
- 5) Кусочно-гауссовская плотность вероятности. Среднее и ковариационная матрица вектора с кусочно-гауссовской плотностью. Доверительная область кусочно-гауссовского вектора. Гауссовская плотность кусочная по части компонент. Редукция кратности интегралов от гауссовской плотности. Кусочно-гауссовская плотность с переключением частью компонент, распределенных кусочно-равномерно
- 6) Кусочно-равномерная плотность вероятности. Кусочная плотность общего вида с переключением частью компонент, распределенных кусочно-равномерно.
- 7) Преобразования случайных векторов. Линейное преобразование гауссовского вектора. Линейное преобразование полигауссовского вектора. Кусочно-линейное преобразование гауссовского вектора. Кусочно-линейное (по части компонент) преобразование гауссовского вектора. Линейное преобразование вектора с кусочно-гауссовской плотностью. Кусочно-линейное преобразование вектора с кусочно-гауссовской плотностью. Полигауссовская аппроксимация для нелинейного преобразования вектора с произвольной плотностью вероятности.
- 8) Вычисление интегралов от многомерной гауссовской плотности по области пространства. Одномерное пространство. Приближенное вычисление многомерных интегралов P, S, Q .
- 9) Совместная плотность вероятности ненаблюдаемого и наблюдаемого случайных векторов, функция правдоподобия, априорная плотность вероятности, апостериорная плотность вероятности. Тождество Байеса.
- 10) Функция потерь. Средний и апостериорный риски и их связь. Байесовское решающее правило. Рандомизированное и нерандомизированное байесовское правило принятия решения
- 11) Задача оценивания случайного параметра. Байесовский синтез оптимального алгоритма оценивания при простой и квадратичной функции потерь
- 12) Задача проверки двух альтернатив без штрафа за ошибки оценивания параметров. Определение порога.

- 13) Критерий Неймана-Пирсона. Ложная тревога, вероятность ложной тревоги. Правильное обнаружение, вероятность правильного обнаружения. Пропуск, вероятность пропуска. Правильное необнаружения.
- 14) Одновременное обнаружение и оценивание случайного параметра. Решение при простой и квадратичной функции потерь.
- 15) Проверка двух альтернатив с оцениванием параметров. Решение при простой и квадратичной функции потерь. Выбор порогов решения. Различение в некоррелированном шуме двух сигналов с оценкой их параметров.
- 16) Проверка многоальтернативных гипотез без штрафа за ошибки оценивания параметров.
- 17) Линейное уравнение наблюдения. Гауссовско-марковская оценка (метод наименьших квадратов). Точная верхняя грань ошибки метода наименьших квадратов при ограничении на сумму квадратов ошибок измерения.
- 18) Регуляризованный критерий Гаусса-Маркова. Оптимальная в среднеквадратическом смысле оценка. Классическое и эквивалентное представление. Сведение последовательной задачи оценивания к статической. Гауссовско-марковская оценка. Оптимальная в среднеквадратическом смысле оценка. Связь гауссовско-марковской и оптимальной в среднеквадратическом смысле оценок.
- 19) Нелинейное уравнение наблюдения. Метод линеаризации. Гауссовско-марковская оценка для линеаризованной задачи. Регуляризованная гауссовско-марковская оценка для линеаризованной задачи. Итерационная гауссовско-марковская оценка. Итерационная регуляризованная гауссовско-марковская оценка. Сведение последовательной задачи к статической. Итеративная гауссовско-марковская оценка. Итеративная регуляризованная гауссовско-марковская оценка.
- 20) Оценка на основе полигауссовской аппроксимации апостериорной плотности вероятности
Эффективные оценки
- 21) Несмещенная с минимальной дисперсией оценка неизвестного неслучайного параметра. - Эффективные оценки. Неравенство Крамера-Рао. Максимально правдоподобные оценки.
- 22) Кусочное представление байесовской формулы для апостериорной плотности вероятности. Общий случай. Нелинейность по части компонент оцениваемого параметра. Разделение компонент: переключатель и линейная часть. Равномерное распределение переключающей компоненты
- 23) Оценивание параметра при кусочно-постоянном уравнении наблюдения. Кусочно-равномерная априорная плотность. Кусочно-гауссовская априорная плотность. Одномерная задача оценивания с кусочно-постоянной нелинейностью.
- 24) Оценивание параметра при кусочно-линейном уравнении наблюдения. Кусочно-равномерная априорная плотность. Кусочно-гауссовская априорная плотность. Нелинейность по части компонент оцениваемого параметра. Одномерная кусочно-линейная задача оценивания. - Предельный вид функции гауссовской функции правдоподобия при бесконечной ковариационной матрице априорного распределения параметра. Неопределенная гауссовская парциальная априорная плотность.
- 25) Постановка задачи. Байесовское рекурсивное соотношение для кусочной апостериорной плотности вероятности. Общий случай. Кусочная зависимость по части компонент вектора состояния. Равномерное априорное распределение переключающей компоненты вектора состояния. Разбиение пространства на гиперпараллелепипеды. -

Перечень экзаменационных вопросов:

- 1) Многомерная гауссовская плотность вероятности (ПВ) и её характеристическая функция.
- 2) Теорема о нормальной корреляции/
- 3) Доверительная область гауссовского вектора в одномерном и многомерном случаях.
- 4) Полигауссовская плотность, ее среднее, ковариационная матрица и доверительная область.
- 5) Кусочно-гауссовская плотность вероятности.
- 6) Линейное и кусочно-линейное преобразования гауссовского вектора.
- 7) Линейное преобразование полигауссовского вектора.
- 8) Кусочно-линейное преобразование вектора с кусочно-гауссовской плотностью.
- 9) Полигауссовская аппроксимация для нелинейного преобразования вектора с произвольной плотностью вероятности.
- 10) Теорема об оптимальном (байесовском) решающем правиле. Средний и апостериорный риски. Простая и квадратичная функции потерь.

- 11) Байесовское решение задачи оценивания случайного параметра для простой и квадратичной функциях потерь.
- 12) Байесовское решение задачи проверки двух альтернатив без штрафа за ошибки оценивания параметров.
- 13) Решение задачи обнаружения с использованием критерия Неймана-Пирсона. Выбор порога принятия решения.
- 14) Задача совместного обнаружения и оценивания случайного параметра при простой и квадратичной функциях потерь.
- 15) Задача проверки двух альтернатив совместно с оцениванием параметров при простой и квадратичной функциях потерь.
- 16) Задача проверки многоальтернативных гипотез без штрафа за ошибки оценивания параметров.
- 17) Задача проверки многих альтернатив совместно с оцениванием параметров при простой и квадратичной функциях потерь.
- 18) Линейная гауссовская задача совместного обнаружения и оценивания параметров полезного сигнала в шуме для равномерной и нормальной априорной ПВ. Определение порога принятия решения.
- 19) Идентификация и объединение двух независимых оценок и ковариационных матриц ошибок оценивания случайного векторного параметра для случая равномерной априорной ПВ. Определение порога принятия решения.
- 21) Линейная гауссовская задача проверки многих альтернативных гипотез совместно с оцениванием их параметров. Определение порога принятия решения.
- 22) Гауссовско-марковская оценка (метод наименьших квадратов). Статический и рекуррентный алгоритмы.
- 23) Гауссовско-марковская оценка с ограничением типа равенства на оцениваемый параметр.
- 24) Оптимальная оценка для регуляризованного критерия Гаусса-Маркова
- 25) Оптимальная в среднеквадратическом смысле оценка. Статический и рекуррентный алгоритмы.
- 26) Байесовское рекурсивное соотношение для апостериорной плотности вероятности.
- 27) Фильтр Калмана.
- 28) Дуальность линейно-квадратичной детерминированной задачи управления и задачи фильтрации.
- 29) Метод наименьших квадратов для линеаризованной задачи.
- 30) Оптимальная в среднеквадратическом смысле оценка для линеаризованной задачи.
- 31) Итерационный метод наименьших квадратов.
- 32) Итерационный алгоритм построения оптимальной в среднеквадратическом смысле оценки
- 33) Оценка параметра на основе полигауссовской аппроксимации апостериорной плотности вероятности.
- 34) Эффективные оценки неизвестного параметра. Неравенство Крамера-Рао. Метод максимального правдоподобия
- 35) Точное решение задачи оценивания для кусочно-линейного по оцениваемому параметру уравнения наблюдения. Случай кусочно-равномерной априорной ПВ. Случай кусочно-гауссовской априорной ПВ.
- 36) Фильтр Калмана для линеаризованной задачи.
- 37) Нелинейная фильтрация с использованием полигауссовской аппроксимации апостериорной ПВ.
- 38) Кусочная задача последовательного оценивания случайного параметра.
- 39) Корреляционные методы определения взаимного смещения изображений.
- 40) Пространственно-временные методы фильтрации фона наблюдения.
- 41) Выделение и классификация разрешенных точечных объектов в цифровом изображении.
- 42) Выделение изолированного протяженного (перемещающегося в кадре за время экспозиции) объекта во фрагменте кадра изображения.
- 43) Оценивание параметров движения объектов, одновременно наблюдаемых системой оптических сенсоров.
- 44) Идентификация измерений с известными орбитами пассивных космических объектов.

1. Многомерная гауссовская плотность вероятности (ПВ) и её характеристическая функция.
2. Идентификация измерений с известными орбитами пассивных космических объектов.

Билет 2.

1. Теорема о нормальной корреляции
2. Оценивание параметров движения объектов, одновременно наблюдаемых системой оптических сенсоров.

Критерии оценивания

Оценка отлично (10) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (9) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (8) выставляется студенту, показавшему систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо (7) выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо (6) выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо (5) выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно (4) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно (3) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно (2) выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно (1) выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Экзамен и дифференцированный зачет проводится в устной форме.

При проведении зачета обучающемуся предоставляется 20 минут на подготовку. Опрос обучающегося проводится в течение 30 минут.

При проведении устного экзамена обучающемуся предоставляется не менее 60 минут на подготовку. Опрос обучающегося на устном экзамене не должен превышать двух астрономических часов.

Во время проведения экзамена и зачета обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины.