

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе БГУ



А.Л. Толстик
(И.О.Фамилия)

(подпись)

13.01.2015г

(дата утверждения)

Регистрационный № УД- 1758 /баз.

**БЫСТРЫЕ НЕПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ АЛГОРИТМЫ
ОБНАРУЖЕНИЯ СЛАБЫХ ОПТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ**

**Учебная программа учреждения высшего образования по учебной
дисциплине для специальностей**

1-31 04 02 Радиофизика

(код специальности)

(наименование специальности)

**1-31 04 04 Аэрокосмические радиоэлектронные и
информационные системы и технологии**

(код специальности)

(наименование специальности)

2014 г.

СОСТАВИТЕЛИ:

В.И. Никитенок, доцент кафедры физики и аэрокосмических технологий Белорусского государственного университета, кандидат технических наук, доцент

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Ю.С. Харин, директор Учреждения Белорусского государственного университета «НИИ прикладных проблем информатики и математики», чл.-корр. НАН Беларуси;

С.С. Ветохин, заведующий кафедрой физико-математических методов сертификации БГТУ, кандидат физико-математических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой физики и аэрокосмических технологий Белорусского государственного университета
(протокол № 4 от 27 ноября 2014 г.);

Методической комиссией факультета радиофизики и компьютерных технологий
(протокол № 4 от 23 декабря 2014 г.);

Пояснительная записка

Цели и задачи дисциплины

Ознакомить студентов с базовыми понятиями и методологией быстрых непараметрических алгоритмов обнаружения слабых оптических сигналов.

Дать представление о сущности проблем оптимального обнаружения слабых оптических сигналов и о наиболее распространенных способах их решения.

Изучить основы теории и применения быстрых непараметрических алгоритмов обнаружения слабых оптических сигналов, включая свойства порядковых статистик, выборочных интервалов и стационарного пуассоновского потока, формирование общего вариационного ряда и рангового вектора, непараметрические тесты обнаружения сигналов, быстрые двухканальные непараметрические, в том числе ранговые, алгоритмы обнаружения, их показатели качества и рабочие характеристики. Обсудить вопросы компьютерного моделирования быстрых непараметрических алгоритмов обнаружения слабых оптических сигналов.

Сформировать у студентов навыки, необходимые для разработки и анализа быстрых непараметрических алгоритмов обнаружения слабых оптических сигналов

Принципы подачи материала, методики организации лабораторных занятий

Теоретический материал увязывается с типовыми задачами, возникающими в области обнаружения слабых оптических сигналов, а также с получением навыков его практического применения при разработке и анализе быстрых непараметрических алгоритмов обнаружения. Все алгоритмы, исследуемые в процессе выполнения лабораторного практикума, анализируются на лекциях. Лабораторный практикум проводится в компьютерном классе и предполагает решение конкретных задач в области быстрого непараметрического обнаружения слабых оптических сигналов.

Контролируемая самостоятельная работа проводится в компьютерном классе и предполагает самостоятельное изучение теоретического материала, исследование быстрых непараметрических алгоритмов обнаружения слабых оптических сигналов.

Взаимосвязь с другими дисциплинами

Предполагается комплексное использование знаний, полученных студентами при изучении базовых дисциплин информатики и высшей математики в объеме первых курсов. Студенты должны знать основы математического анализа, общей физики, теории вероятностей и математической статистики.

В результате изучения дисциплины обучаемый должен

- знать проблематику обнаружения слабых оптических сигналов; основные термины, базовые понятия и методологию непараметрического обнаружения слабых оптических сигналов;

- уметь применять полученные знания при разработке и анализе быстрых непараметрических алгоритмов обнаружения слабых оптических сигналов.

Настоящая учебная программа предусматривает следующее количество часов для изучения дисциплины: всего 64 часа, 56 аудиторных часов, в том числе лекционных 32 часа, лабораторных 24 часа.

Примерный тематический план

1. Введение. Методика решения задачи оптимального обнаружения (2/-).
2. Оптимальное обнаружение слабых оптических сигналов (2/6).
3. Анализ качественных показателей адаптивного обнаружения слабых оптических сигналов (2/-).
4. Основы теории быстрых непараметрических алгоритмов обнаружения пуассоновских сигналов (2/-).
5. Формирование общего вариационного ряда и рангового вектора (2/-).
6. Непараметрические тесты обнаружения сигналов (2/-).
7. Быстрая непараметрическая проверка простой гипотезы относительно параметра экспоненциального распределения (2/-).
8. Непараметрическое обнаружение слабых оптических сигналов (6/18).
9. Сравнительный анализ эффективности непараметрических обнаружителей слабых оптических сигналов. Многоканальные ранговые алгоритмы обнаружения (2/-).
10. Компьютерное моделирование быстрых непараметрических алгоритмов обнаружения слабых оптических сигналов. Заключение (2/-).

Содержание учебного материала

1. Введение. Методика решения задачи оптимального обнаружения

Введение. О статистической теории обнаружения. Историческая справка. Постановка задачи оптимального обнаружения. Качественные показатели обнаружения. Критерий Неймана-Пирсона. Пример оптимизации обнаружения. Отношение правдоподобия.

2. Оптимальное обнаружение слабых оптических сигналов

Модели сигнала и помех. Счетчик фотонов. Об оптимальных алгоритмах обнаружения слабых оптических сигналов. Показатели качества оптимального обнаружения. Оценка зависимости показателей качества обнаружения от увеличения интенсивности шума.

3. Анализ качественных показателей адаптивного обнаружения слабых оптических сигналов

Направления преодоления априорной неопределенности при обнаружении сигналов. Адаптивный алгоритм обнаружения слабых оптических сигналов. Сопоставительный анализ оптимального и адаптивного обнаружителей.

4. Основы теории быстрых непараметрических алгоритмов обнаружения пуассоновских сигналов

Распределение порядковых статистик. Выборочные блоки и их покрытия. Распределение покрытий и их сумм. Распределение выборочных

интервалов. Пуассоновский процесс. Простейший поток однородных событий.

5. Формирование общего вариационного ряда и рангового вектора

Формирование общего вариационного ряда и рангового вектора. Условие применения быстрых непараметрических алгоритмов обнаружения пуассоновских сигналов. Пример практической реализации вычисления рангового вектора без операции упорядочения. Предварительная оценка эффективности быстрых непараметрических алгоритмов обнаружения пуассоновских сигналов.

6. Непараметрические тесты обнаружения сигналов

Выбор непараметрических тестов. О статистической связи между наблюдением и его рангом. Двухвыборочные ранговые тесты Манна – Уитни и Сэвиджа, непараметрический тест Вальда – Вольфовица и знаковые тесты.

7. Быстрая непараметрическая проверка простой гипотезы относительно параметра экспоненциального распределения

Постановка задачи. Быстрый двухканальный ранговый алгоритм Манна – Уитни. Быстрый двухканальный ранговый алгоритм Сэвиджа. Быстрый двухканальный непараметрический алгоритм Вальда – Вольфовица. Двухканальный алгоритм модифицированного знакового теста. Пороги решения. Показатели качества правил принятия решения.

8. Непараметрическое обнаружение слабых оптических сигналов

Двухканальные ранговые обнаружители Манна – Уитни и Сэвиджа, непараметрический обнаружитель Вальда – Вольфовица, модифицированный знаковый обнаружитель. Пороги обнаружения. Структурные схемы обнаружителей. Принцип работы. Показатели качества обнаружения. Рабочие характеристики.

9. Сравнительный анализ эффективности непараметрических обнаружителей слабых оптических сигналов. Многоканальные непараметрические обнаружители

Сравнительный анализ эффективности непараметрических обнаружителей слабых оптических сигналов. Многоканальные непараметрические алгоритмы обнаружения.

10. Компьютерное моделирование быстрых непараметрических алгоритмов обнаружения слабых оптических сигналов. Заключение

О компьютерной программе быстрых непараметрических алгоритмов обнаружения. Ранговые двухканальные обнаружители Манна – Уитни и Сэвиджа. Непараметрический двухканальный обнаружитель Вальда – Вольфовица. Заключение.

Информационно-методическая часть

Рекомендуемые темы лабораторных занятий

Лабораторный практикум выполняется в контексте теоретической части курса. Основной упор делается на варианты реализации быстрых непараметрических алгоритмов обнаружения слабых оптических сигналов, анализ показателей качества и рабочие характеристики. Контролируемая самостоятельная работа ведется в компьютерном классе и предполагает

самостоятельное изучение теоретического материала, исследование алгоритмов обнаружения и подготовку ответов на контрольные вопросы и задания.

Тема 2.2. Исследование устойчивости вероятности ложной тревоги оптимального обнаружителя слабых оптических сигналов.

Рассмотреть два основных алгоритма оптимального обнаружения слабых оптических сигналов. Изучить показатели качества и рабочие характеристики обнаружителя, основанного на статистическом анализе интервалов между импульсами стационарного пуассоновского потока. Исследовать устойчивость вероятности ложной тревоги оптимального обнаружителя слабых оптических сигналов при увеличении интенсивности шума.

Тема 8.2. Исследование двухканального рангового обнаружителя Манна – Уитни.

Изучить статистику двухвыборочного рангового теста Манна – Уитни: вид статистики, закон распределения и его параметры. Разработать структурную схему быстрого двухканального рангового обнаружителя Манна – Уитни. Получить показатели качества алгоритма обнаружения. Построить рабочие характеристики обнаружителя и провести их анализ на предмет практической реализации. Выполнить компьютерное моделирование алгоритма обнаружения, получить рабочие характеристики и сравнить их с теоретическими.

Тема 8.3. Исследование двухканального рангового обнаружителя Сэвиджа.

Изучить статистику двухвыборочного рангового теста Сэвиджа: вид статистики, закон распределения и его параметры. Разработать структурную схему быстрого двухканального рангового обнаружителя Сэвиджа. Получить показатели качества алгоритма обнаружения. Построить рабочие характеристики обнаружителя и провести их анализ на предмет практической реализации. Выполнить компьютерное моделирование алгоритма обнаружения, получить рабочие характеристики и сравнить их с теоретическими.

Тема 8.4. Исследование двухканального непараметрического обнаружителя Вальда – Вольфовица.

Изучить статистику двухвыборочного непараметрического теста Вальда – Вольфовица: вид статистики, закон распределения и его параметры. Разработать структурную схему быстрого двухканального непараметрического обнаружителя Вальда – Вольфовица. Получить показатели качества алгоритма обнаружения. Построить рабочие характеристики обнаружителя и провести их анализ на предмет практической реализации. Выполнить компьютерное моделирование алгоритма обнаружения, получить рабочие характеристики и сравнить их с теоретическими.

Рекомендуемая литература.

Основная

1. Никитенок, В. И. Быстрые непараметрические алгоритмы обнаружения сигналов / В. И. Никитенок. – Минск : БГУ, 2010.
2. Тарасенко, Ф.П. Непараметрическая статистика. – Изд. ТГУ – Томск: 1976.
3. Гаек, Я., Шидак, З. Теория ранговых критериев // пер. с англ. под ред. Л.Н. Большева. – М.: Наука, 1971.
4. Левин, Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. 3-е изд. – М.: Радио и связь, 1989.
5. Шереметьев, А.Г. Статистическая теория лазерной связи. Изд. «Связь», М., 1971.
6. Сигналы и помехи в лазерной локации. Под ред. В.Е. Зуева. «Радио и связь». М., 1985
7. Дементьев, Г.П., Захаров, А.Г., Казаров, ЮК. Физико-технические основы создания и применения космических аппаратов - М.: Машиностроение, 1987. - 263 с.
8. Манин, А.П. Основы теории оптических систем траекторных и навигационных комплексов / Учебное пособие – МО СССР. – 1989.
9. Лазерная локация / И.Н. Матвеев, В.В. Протопопов, И.Н. Троицкий, Н.Д. Устинов // под ред. чл.-кор. АН СССР Н.Д. Устинова. — М.: Машиностроение, 1984.
10. Трищенко, М.А. Фотоприемные устройства и ПЗС. Обнаружение слабых оптических сигналов. – М.: Радио и связь, 1992.
11. Никитенок, В.И. Быстрый двухканальный ранговый обнаружитель Сэвиджа. Ч. 1. / В.И. Никитенок // Вестник военной академии Республики Беларусь. – 2012. – № 1. – С. 92...99.
12. Никитенок, В.И. Быстрый двухканальный ранговый обнаружитель Сэвиджа. Ч. 2. / В.И. Никитенок // Вестник военной академии Республики Беларусь. – 2012. – № 3. – С. 96...102.
13. Никитенок, В.И. Модифицированный быстрый двухканальный непараметрический обнаружитель Вальда – Вольфовица / Вестник военной академии Республики Беларусь. – 2012. – № 4 (декабрь). – С. 101...106.
14. Никитенок, В.И. Быстрые непараметрические алгоритмы обнаружения слабых оптических сигналов / В.И. Никитенок, С.С. Ветохин // Вестник **Томского** государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2013. – № 1(22), (март) – С. 104...113.
15. Никитенок, В.И. Компьютерное моделирование быстрых непараметрических алгоритмов обнаружения слабых оптических сигналов // Вестник военной академии Республики Беларусь. – 2013. – № 3 (сентябрь). – С. 75...83.
16. Никитенок, В.И. Сверхбыстрый непараметрический двухканальный обнаружитель слабых оптических сигналов / В.И. Никитенок, С.С. Ветохин // Труды БГТУ. – 2014. – № 6: Физ.-мат. науки и информатика. – С. 50...52.

17. Патент № 16598 от 30.12.2012. Способ формирования ранговой последовательности стационарного пуассоновского потока импульсов. 3-ка № а 20101031 от 07.07.2010.

18. Патент № 17152 от 30.06.2013. Двухканальный ранговый обнаружитель сигналов. 3-ка № а 20110949 от 08.07.2011.

19. Решение от 25.08.2014 о выдаче патента на изобретение. Непараметрический двухканальный обнаружитель локационных сигналов. 3-ка № а 20120969 от 27.06.2012.

Дополнительная

1. Абламейко, С. В. Малые космические аппараты : пособие для студентов факультетов радиофизики и компьют. технологий, мех.-мат. и геогр. / С. В. Абламейко, В. А. Саечников, А. А. Спиридонов. – Минск : БГУ, 2012.

2. Айвазян, С.А., Мхитарян, В.С. Теория вероятностей и прикладная статистика. 2-е изд., испр. Т. 1. – Юнити-Дана. 2001.

3. Акимов, П.С. Непараметрическое обнаружение сигналов. – М.: Изд. МВТУ им. Н.Э. Баумана, 1980.

4. Боярский, Э.А. Порядковые статистики. – М.: Статистика. 1972.

5. Будко, В.Н., Клементьев, Ф.М., Новикова, Н.М. Непараметрическая модель обнаружения сигналов, наблюдаемых человеком-оператором на экране ЭЛТ на фоне шумов. // Радиотехника и электроника АН СССР – XXIII. – II – 1979. – С.2439–2442.

6. Венцель, Е.С. Теория вероятностей: Учеб для вузов.– 7-е изд. стер.– М.: Высш. шк., 2001.

7. Ветохин, С. С. Диссекторы – счетчики фотонов / С. С. Ветохин, И. В. Резников // Опτικο-механическая пром-сть. – 1980. – № 8. – С. 46–50.

8. Одноэлектронные фотоприемники // С. С. Ветохин [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1986.

9. Исследование лавинных МДП-фотоприемников в режиме счета фотонов / С.С. Ветохин [и др.] // Доклады АН БССР. – 1987. – Т. 31, № 5. – С. 141–144.

10. Вольф, Э., Мандель, А. Когерентные свойства оптических полей. – Успехи физических наук, Наука, т.87, в.3, 1965; т.88, в.2, 4, 1966.

11. Градштейн, И.С., Рыжик И.М., Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений. Изд. «Наука», Гл. ред. физ.-мат. лит, М., 1971.

12. Гуткин, Л.С. Теория оптимальных методов радиоприема при флуктуационных помехах.– М.: Сов. радио. 1972.

13. Дэйвид, Г. Порядковые статистики. – М: Наука – 1979.

14. Иванов, В.И., Малевич, И.А., Чайковский, А.П. Многофункциональные лидарные системы. – Мн.: Университетское, 1986.

15. Кендалл, М., Стьюарт, А. Статистические выводы и связи. – М.: Наука, 1973.

16. Коваленко, И.Н., Филиппова, А.А. Теория вероятностей и математическая статистика / Учеб. пособие для втузов. – М.: Высшая школа, 1973.

17. Кокс Д.П., Льюис, П.. *Статистический анализ последовательностей событий.* / Пер. с англ. под ред. А.П. Бусленко. – М.: Мир, 1969.
18. Кокс, Д., Хинкли, Д. *Теоретическая статистика.* – М.: Мир. 1978
19. *Лазерный локатор высокой точности.* Радиоэлектроника за рубежом, в.28 (674), М., 1972.
20. Левин, Г.А., Бонч-Бруевич, Л.М. *Пути построения обнаружителей самооптимизирующихся пороговым уровнем в приемных устройствах систем радиосвязи.* «Электросвязь». №5, 1965.
21. Марова, С.Н. *Обнаружение слабых сигналов в оптическом диапазоне волн.* // Сб. статей. Теория и техника радиолокации. Тр. МАИ, в.207. Машиностроение. – М., 1972.
22. *Математическая и прикладная статистика. Учеб. Пособие* / Ю.С. Харин, Е.Е. Жук. – Мн.: БГУ, 2005
23. Охрименко А.Е. *Основы радиолокации и радиолокационная борьба.* Ч. 1. Основы радиолокации / Учебник для ВУ ПВО – Воениздат. – М. – 1983.
24. Сархан, А. Е., Гринберг, Б.Г. *Введение в теорию порядковых статистик* // Пер с англ. под ред. А.Я. Боярского – М.: Статистика, 1970.
25. Тамм, Ю.А., Гомозова, Т.М. *К аппроксимации интеграла вероятности.* «Электросвязь», №9, 1970.
26. Уилкс С. *Математическая статистика.* // пер. с англ. под ред. Ю.В. Линника – М.: Наука, 1967.
27. Ходара. *Статистика теплового и лазерного излучения.* // ТИИЭР, 53, №7, 1965.
28. Шор, Я.Б. *Таблицы для анализа и контроля надежности.* / Я.Б. Шор, Ф.И. Кузьмин. – М.: Сов. радио, 1968.
29. Kassam, S.A. *A bibliography on nonparametric detection* // IEEE Trans. 1980 – V. IT 26. – № 5. – P. 595 – 692.