

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования**

**«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)**

Цифровая обработка радиолокационной информации

Учебно-методическое пособие по практическим занятиям
для аспирантов, обучающихся по направлению подготовки:
11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи
(профиль: Радиолокация и радионавигация)

Е.П. Великанова

Томск – 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Введение.....	3
2. Общие требования.....	3
2.1 Техническое обеспечение практических работ.....	3
2.2 Цели и задачи дисциплины.....	3
2.3 Требования к результатам освоения дисциплины.....	4
2.4 Прием результатов выполнения практических заданий.....	4
3. Задания для практических занятий	6
Библиографический список.....	6
Приложение 1. Вопросы зачета	8
Приложение 2. Вопросы дифференцированного зачёта	10
Приложение 3. Тестовые задания	12

1. Введение

Практические занятия предназначены для закрепления материала, полученного в лекционном курсе и формирования практических навыков математического описания сигналов, их дискретизации и обработки (методы обнаружения сигнала, согласованной фильтрации, траекторного сопровождения, селекции движущихся целей, синтеза апертуры антенны). Полученные навыки и знания могут быть полезны при проектировании и разработке блоков первичной и вторичной обработки радиолокационных сигналов.

2. Общие требования

Практические занятия проводятся согласно учебному расписанию отдельно для каждой группы аспирантов очной формы обучения. В ходе практических занятий аспирант выполняет практическое задание, полученное от преподавателя. Практические задания выполняются аспирантами очной формы обучения индивидуально под контролем со стороны преподавателя.

Все консультации осуществляются преподавателем. Для успешного выполнения практических заданий целесообразно в учебном расписании для практических занятий выделять 4 академических часа подряд, без больших перерывов.

2.1 Техническое обеспечение практических работ

Для выполнения практического задания аспиранту предоставляется индивидуальное рабочее место, в состав которого входят:

- персональный компьютер с операционной системой Windows 7;

- программное обеспечение MATLAB/SciLAB.

Размещение и освещенность рабочих мест в учебной аудитории (лаборатории) должно удовлетворять действующим требованиям СанПиН.

2.2 Цели и задачи дисциплины

Целью является ознакомление аспирантов с

вопросами цифровой обработки радиолокационной информации, включающими в себя первичную и вторичную (траекторную) обработку.

Задачи дисциплины включают следующее: об обработке сигналов в приемном тракте; преобразовании сигналов в передающем тракте; цифровом диаграммообразовании; обнаружении сигналов; траекторной обработке; селекции движущихся целей; синтезировании апертуры антенны.

2.3 Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– *ПК-4 способность к разработке и внедрению научно обоснованных методик эксплуатации и применения в народном хозяйстве систем и устройств радиолокации и радионавигации;*

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** методы обнаружения сигнала, согласованной фильтрации, траекторной обработки, селекции движущихся целей, синтеза апертуры антенны.

– **уметь** рассчитать требования к цифровым устройствам формирования и обработки сигналов, реализовать алгоритмы первичной и вторичной обработки.

– **владеть** алгоритмами селекции движущихся целей, адаптивной фильтрации и синтезированием апертуры антенны.

2.4 Прием результатов выполнения практических заданий

Результаты выполнения практических заданий оформляются в виде отчета. За выполнение каждого задания преподаватель выставляет аспиранту оценку по пятибалльной системе. Оценка выполнения задания складывается с весовыми коэффициентами из 5-балльных оценок по следующим критериям:

1. Время выполнения задания. Фиксируется с момента получения задания до момента сдачи отчета. Измеряется в астрономических часах. Сравнивается с нормативным временем выполнения. Весовой коэффициент оценки - 30%

2. Полнота и правильность реализации алгоритмов, предусмотренных заданием. Экспертная оценка преподавателя. Вклад в итоговую оценку аспиранта – 50%.

3. Аккуратность при составлении отчета. Вклад в итоговую оценку аспиранта – 20%.

Во время приема выполненной работы преподаватель вправе:

- Требовать у аспиранта демонстрации выполнения алгоритмов.

- Самостоятельно производить манипуляции с программным обеспечением, не изменяя его конфигурацию.

- Требовать у аспиранта реализации алгоритмов.

Преподаватель должен объявить аспиранту поставленную ему оценку за выполнение задания, а в случае возникновения непонимания, объяснить причины ее выставления. В случае, если оценка ниже 4 баллов, аспирант имеет право повторно предъявить исправленный отчет, но не более двух раз.

При этом для вычисления оценки время, затраченное на исправление, прибавляется к общему времени выполнения задания.

Отчеты о выполнении практических заданий сохраняются преподавателем до конца учебного года.

Выставленная оценка влияет на оценку аспиранта при выставлении итоговой оценки за практические занятия.

До конца семестра аспирант должен получить оценку по всем заданиям, предусмотренным настоящими указаниями. За работы, результаты выполнения которых не были предъявлены преподавателю для оценивания, выставляется оценка 0 (нуль) баллов. Аспиранты, имеющие итоговую оценку за практические занятия ниже 3 баллов, к

сдаче зачета по предмету не допускаются.

3. Задания для практических занятий

Задания выполняются последовательно. Приступать к следующему занятию аспирант имеет право, только предъявив для оценивания результат выполнения предыдущего задания.

Наименование практических занятий (семинаров) приведено ниже:

3 семестр

1. Обработка сигналов в приемном тракте. Расчет многолучевой ДН с цифровым формированием. Цифровое сканирование лучом – трудоемкость 5 часов.

2. Выбор уровня квантования и разрядности АЦП. Децимация и интерполяция сигнала – трудоемкость 4 часа.

3. Расчет КИХ и БИХ фильтров с заданными частотными характеристиками – трудоемкость 5 часов.

4. Спектральный анализ дискретных периодических и непериодических сигналов – трудоемкость 4 часа.

4 семестр

1. Моделирование обработки ЛЧМ сигналов – трудоемкость 5 часов.

2. Расчёт уровня порога для различных критериев обнаружения сигналов – трудоемкость 5 часов.

3. Моделирование линейного фильтра Калмана – трудоемкость 4 часа.

4. Моделирование алгоритма череспериодной компенсации и расчёт слепых скоростей – трудоемкость 4 часа.

Библиографический список

Основная литература

1. Радиотехнические системы [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Денисов В. П., Дудко Б. П. - 2012. 334 с. - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/1664> (дата обращения: 11.07.2018).

2. Бакулев, Петр Александрович. Радиолокационные системы: Учебник для вузов. - М.: Радиотехника, 2004. - 319[1] с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 21 экз.)

Дополнительная литература

1. Теоретические основы радиолокации и радионавигации: Учебное пособие для вузов / Юрий Георгиевич Сосулин. - М.: Радио и связь, 1992. (наличие в библиотеке ТУСУР - 43 экз.)

2. Справочник по радиолокации: Пер. с англ.: В 4 т. / Ред. М. И. Скольник, Ред. пер. К. Н. Трофимов. Т. 1: Основы радиолокации: справочное издание. - М.: Советское радио, 1976. - 454[2] с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 27 экз.)

3. Справочник по радиолокации: Пер. с англ.: В 4 т. / Ред. М. И. Скольник, Ред. пер. К. Н. Трофимов. Т. 3: Радиолокационные устройства и системы: справочное издание. - М.: Советское радио, 1979. - 528 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 33 экз.)

4. Справочник по радиолокации: Пер. с англ.: В 4 т. / Ред. М. И. Скольник, Ред. пер. К. Н. Трофимов. Т. 4: Радиолокационные станции и системы: справочное издание. - М.: Советское радио, 1978. - 374[2] с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 20 экз.).

Приложение 1

Вопросы зачета

1. Энергетические характеристики сигналов
 2. Обобщенное спектральное представление сигналов
 3. Периодические сигналы и их свойства.
- Гармонические колебания
4. Разложение периодического сигнала по гармоникам
 5. Спектральные характеристики периодического сигнала.
 6. Спектральные характеристики непериодических сигналов.
 7. Примеры спектрального представления непериодических сигналов
 8. Теоремы о спектрах
 9. Аналоговые, дискретные и цифровые сигналы.
- Обобщенная структурная схема системы цифровой обработки сигналов.
10. Спектр дискретного сигнала. Влияние формы дискретизирующих импульсов на характеристики дискретного сигнала
 11. Разложение сигналов в ряд Котельникова.
 12. Прямое и обратное ДПФ. Связь ДПФ и спектра дискретного сигнала
 13. Свойства ДПФ
 14. Цифровые фильтры. Основные структуры.
- Характеристики цифровых фильтров
15. Системная функция цифрового фильтра.
- Устойчивость дискретных систем
16. Синтез цифровых фильтров (метод билинейного Z-преобразования, метод инвариантной импульсной характеристики)

17. Методы расчета отклика на выходе цифровых фильтров
18. Проблемы дискретизации и квантования сигналов
19. Цифровое формирование многолучевой ДНА
20. Общие сведения о структуре РЛС; параметры, измеряемые радиолокатором
21. Цифровой повышающий преобразователь частоты

Приложение 2

Вопросы дифференцированного зачета

1. Структура согласованного фильтра, принцип его работы и способы реализации
2. Сжатие ЛЧМ импульса
3. Пороговый метод обнаружения сигнала, виды пороговых решений
4. Алгоритмы завязки и сброса траектории радиолокационной цели
5. Алгоритмы сопровождения радиолокационной цели
6. Альфа-бетта фильтр
7. Линейный фильтр Калмана
8. Расширенный фильтр Калмана
9. Сопровождение целей при наличии ложных отметок
10. Методы селекции движущихся целей при неподвижной платформе радара
11. Методы селекции движущихся целей при подвижной платформе радара
12. Алгоритм череспериодной компенсации (преимущества и недостатки)
13. Алгоритм остановленного фазового центра (преимущества и недостатки)
14. РЛС бокового обзора и РЛС с синтезированной апертурой антенны. Принцип работы, основные характеристики (разрешающая способность, дальность действия).
15. Задача обнаружения целей в РСА (обнаружение на слабоотражающем фоне, режим картографирования, обнаружение на сильноотражающем фоне, обнаружение цели с отрицательным контрастом).

16. Функция неопределённости зондирующего сигнала в РСА без учёта ДН и с учётом ДН. Неоднозначность измерений.

17. Обработка траекторного сигнала в РСА (этапы обработки, согласованная фильтрация).

18. Система компенсации траекторных нестабильностей в РСА землеобзора (влияние амплитудных и фазовых искажений).

19. Алгоритмы автофокусировки изображения в РСА

20. Алгоритмы селекции движущихся целей в РСА.

Приложение 3

Тестовые задания

1. Если сигнал может быть описан непрерывной функцией во времени, то такой сигнал называют:

- цифровым
- дискретным
- аналоговым
- спектром сигнала

2. Интерфейс между аналоговым сигналом и цифровым процессором

- цифро-аналоговый преобразователь
- аналогово-цифровой преобразователь
- модулятор
- демодулятор

3. Дискретное преобразование Фурье позволяет

- избавиться от наложения спектра
- понизить шум квантования
- повысить отношение сигнал/шум
- оценить форму спектра сигнала

4. Децимация - это процесс, в котором частота дискретизации

- повышается
- остается постоянной
- уменьшается
- непредсказуема

5. Результат ДПФ аperiodического сигнала?

- Непрерывный и периодический
- Дискретный и аperiodический
- Непрерывный и аperiodический
- Дискретный и периодический

6. Частота дискретизации по теореме Котельникова должна быть

- больше чем максимальная частота сигнала
- более чем в 10 раз больше максимальной частоты сигнала

- равна максимальной частоте сигнала
- не менее чем удвоенная максимальная частота сигнала

7. Оконные функции используются для

- сглаживания резких скачков в сигнале
- снижения требований к фильтру нижних частот при децимации

- повышения разрешающей способности АЦП
- подавления боковых лепестков в спектре ограниченного во времени сигнала

8. Интерполяция в цифровой обработке сигналов – это

- процесс аналого-цифрового преобразования сигнала
- процесс цифро-аналогового преобразования сигнала
- процесс понижения частоты дискретизации
- процесс повышения частоты дискретизации

9. Если полоса частот сигнала лежит в диапазоне 10-15 кГц и сигнал дискретизирован без наложения, минимально возможная в теории частота дискретизации будет равна

- 10 кГц
- 15 кГц
- 20 кГц
- 30 кГц

10. Цифровая фильтрация – это

- разложение сигнала на гармонические составляющие

- защита от наложения спектра
- подавление помех после дискретного преобразования Фурье

- свертка сигнала с импульсной характеристикой фильтра

11. Фильтр антиалайзинговый – это

- фильтр нижних частот, предотвращающий наложение спектров после дискретизации сигнала

- аналоговый прототип КИХ фильтра
- аналоговый прототип БИХ фильтра
- другое название полифазного фильтра

12. Какую характеристику улучшает РЛС с синтезированием апертуры?

- разрешение по дальности;
- разрешение по углу;
- разрешение по скорости.
- разрешение по времени;

13. Линейное угловое разрешение в РСА зависит от:

- дальности
- габаритов антенной системы
- скорости
- температуры

14. Улучшение какого параметра обеспечивает использование широкополосных сигналов?

- разрешение по углу
- разрешение по дальности
- разрешение по скорости
- разрешение по времени

15. При увеличении размеров антенной системы:

- падает дальность действия;
- улучшается разрешающая способность по углу
- уменьшается диапазон однозначного определения

дальности

- улучшается разрешающая способность по скорости

16. Как меняется ОСШ РЛС с синтезированием апертуры при увеличении мощности шума

приемника:

- увеличивается
- не меняется
- падает
- становится равным нулю

17. Как изменится объем функции неопределённости

импульсного сигнала, если ввести в

него линейную частотную модуляцию?

- увеличится пропорционально полосе ЛЧМ
- уменьшится пропорционально полосе ЛЧМ
- не изменится
- увеличится в 2 раза

18. Что произойдет с разрешением по скорости, если увеличить длительность пачки импульсов?

- не изменится
- улучшится
- ухудшится
- пропадет (возникнет неоднозначность оценки скорости)

19. Что произойдет с линейным разрешением по углу в РСА, если увеличить дальность до цели?

- не изменится;
- улучшится
- ухудшится
- станет равной нулю

20. Как меняется ОСШ РЛС с синтезированием апертуры при увеличении коэффициента направленного действия антенны:

- увеличивается
- не меняется
- падает
- становится равным нулю