

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА»

Кафедра «Радиотехнические устройства»

«СОГЛАСОВАНО»
Директор ИМиА
 / Бодров О.А.
« 26 » 06 20 20 г

«УТВЕРЖДАЮ»
Проректор РОПиМД
 / Корячко А.В.
« 26 » 06 20 20 г

Руководитель ОПОП ВО
 / Кошелев В.И.
« 26 » 06 20 20 г



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ФТД.03 «МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ПРОСТРАНСТВЕННО ВРЕМЕННОЙ
ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ»

Направление
11.04.01 Радиотехника

Направленность (профиль) подготовки
Радиотехнические системы локации, навигации и радиоэлектронной борьбы

Уровень подготовки
Академическая магистратура

Квалификация выпускника – магистр

Формы обучения – очная, очно-заочная

Рязань 2020

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки (специальности) 11.04.01 «Радиотехника», утвержденного Приказом Минобрнауки России от 19.09.2017 № 925.

Разработчик
зав. кафедрой РТУ

Ю.Н. Паршин

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «__» _____ 2019 г., протокол № _____

Заведующий кафедрой РТУ

Ю.Н. Паршин

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является подготовка специалистов к разработке систем и устройств обработки сигналов различного происхождения на фоне помех.

Задачи:

- ознакомить студентов с различными аспектами оптимальной обработки сигналов: пространственной обработки, пространственному кодированию, обработки сигналов в условиях статистической априорной неопределенности,
- освоение обучающимися навыков разработки алгоритмов пространственно-временной обработки сигналов, применения языков программирования для реализации алгоритмов.

Перечень основных задач профессиональной деятельности выпускников (по типам)

Область профессиональной деятельности (по Реестру Минтруда)	Типы задач профессиональной деятельности	Задачи профессиональной деятельности	Объекты профессиональной деятельности (или области знания)
06 Связь, информационные и коммуникационные технологии	научно-исследовательский	Анализ научно-технической проблемы на основе подбора и изучения литературных и патентных источников; математическое и компьютерное моделирование радиоэлектронных устройств и систем с целью оптимизации (улучшения) их параметров; разработка методики и проведение исследований и измерений параметров и характеристик изделий электронной техники, анализ их результатов; разработка физических и математических моделей, компьютерное моделирование исследуемых физических процессов, приборов, схем и 9 устройств, относящихся к профессиональной сфере; подготовка научно-технических отчетов, обзоров, рефератов, публикаций по результатам выполненных исследований, подготовка	Радиолокация, радиосвязь, радиоуправление, радионавигация, лазерная техника, антенная техника, радиоэлектронные системы космических комплексов, бортовые радиоэлектронные системы ракетно-космической техники, гидроакустические системы и комплексы, эксплуатация авиационных радиоэлектронных систем и комплексов связи, проектирование и технология радиоэлектронных систем и комплексов

		и представление докладов на научные конференции и семинары; фиксация и защита объектов интеллектуальной собственности.	
проектный		Проведение технико-экономического обоснования проектов; сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения; расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования; разработка и согласование технических заданий на проектирование технических условий, 11 программ и методик испытаний радиоэлектронных устройств и систем; разработка структурных и функциональных схем радиоэлектронных систем и комплексов, принципиальных схем устройств с использованием средств компьютерного проектирования, проведением проектных расчетов и технико-экономическим обоснованием принимаемых решений; подготовка	Радиолокация, радиосвязь, радиоуправление, радионавигация, лазерная техника, антенная техника, радиоэлектронные системы космических комплексов, бортовые радиоэлектронные системы ракетно-космической техники, гидроакустические системы и комплексы, эксплуатация авиационных радиоэлектронных систем и комплексов связи, проектирование и технология радиоэлектронных систем и комплексов

		конструкторской и технической документации, включая инструкции по эксплуатации, программы испытаний и технические условия	
--	--	---	--

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина ФТД.03 «Методы и алгоритмы пространственно-временной обработки сигналов» относится к дисциплинам факультативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» основных профессиональных образовательных программ (далее – образовательной программы) магистратуры «Радиоэлектронные системы и устройства локации, навигации и управления», «Беспроводные технологии в радиотехнических системах и устройствах», «Радиоэлектронные системы передачи и обработки информации» направления 11.04.01 «Радиотехника».

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: математика, изучаемых в средней школе.

Для освоения дисциплины обучающийся должен:

знать:

– основные методы статистической радиотехники, теории радиотехнических сигналов и цепей, антенн и устройств СВЧ, информатики, изучаемых при получении высшего образования - бакалавриат;

уметь:

– производить расчеты, пользуясь методами и средствами математики, радиотехники и анализировать полученные результаты;

владеть:

– навыками, методами и приемами математики, радиотехники, информатики.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при изучении следующих дисциплин: «Адаптивная пространственная обработка сигналов», «Обработка сигналов и изображений в РЛС с синтезированной апертурой», и при выполнении выпускной квалификационной работы.

Предметом изучения дисциплины являются методы и алгоритмы пространственной обработки сигналов в условиях помех при широком использовании антенных решеток и многоантенных систем.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ПООП (при наличии) по данному направлению подготовки, а также компетенций (при наличии), установленных университетом.

Общепрофессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Категория (группа) общепрофессиональных компетенций	Код и наименование общепрофессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции
	ОПК3 - способен приобретать и использовать новую информацию в	<u>Знать:</u> методы и алгоритмы пространственно-временной обработки сигналов. <u>Уметь:</u> использовать результаты изучения

	своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач	методов и алгоритмов пространственно-временной обработки сигналов в радиотехнике. <u>Владеть:</u> навыками применения методов и алгоритмов пространственно-временной обработки сигналов в радиотехнике при решении инженерных задач.
--	--	---

**Обязательные профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения
(при наличии)**

Задача ПД	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Обоснование (ПС, анализ опыта)
Проведение технико-экономического обоснования проектов; сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения; расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования; разработка и согласование технических заданий на проектирование технических условий, программ и методик испытаний радиоэлектронных устройств и систем;		ПКЗ - способен разрабатывать и обеспечивать программную реализацию эффективных алгоритмов решения сформулированных задач с использованием современных языков	<u>Знать:</u> методы создания алгоритмов пространственно-временной обработки сигналов. <u>Уметь:</u> самостоятельно применять методы и алгоритмы пространственно-временной обработки сигналов в практической деятельности. <u>Владеть:</u> навыками самостоятельного практического использования методов и алгоритмов пространственно-временной обработки сигналов в радиотехнике с использованием современных языков.	06.005 Инженер-радиоэлектронщик

разработка структурных и функциональных схем радиоэлектронных систем и комплексов, принципиальных схем устройств с использованием средств компьютерного проектирования, проведением проектных расчетов и технико-экономическим обоснованием принимаемых решений; подготовка конструкторской и технической документации, включая инструкции по эксплуатации, программы испытаний и технические условия				
---	--	--	--	--

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Объем дисциплины по семестрам (курсам) и видам занятий в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единиц (ЗЕ).

Вид учебной работы	Всего часов
Общая трудоемкость дисциплины, в том числе:	72
Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего), в том числе:	48
Лекции	16
Лабораторные работы	16
Практические занятия	16
Самостоятельная работа обучающихся (всего), в том числе:	24
Консультации в семестре	6
Самостоятельные занятия	18
Вид промежуточной аттестации обучающихся – зачет	

Общая трудоемкость (объем) дисциплины (модуля) составляет 3 зачетные единицы (ЗЕ), 72 часа. Данная дисциплина относится к факультативной части блока № 1. Дисциплина изучается на 1 курсе в 2 семестре.

4.2. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

В структурном отношении программа представлена следующими модулями:

1 модуль. Оптимальная обработка сигналов.

2 модуль. Пространственная обработка сигналов.

3 модуль. Пространственное кодирование и декодирование.

№ п/п	Тема	Общая трудоемкость, всего часов	Контактная работа обучающихся с преподавателем				Самостоятельная работа обучающихся
			всего	лекции	лабораторные работы	практические занятия	
1	2	3	4	5	6	7	8
	2-й семестр	72	48	16	16	16	24
	1-й модуль Оптимальная пространственная обработка сигналов	16	12	4	4	4	4
1.1	Основные задачи обработки сигналов. Модели сигналов и помех	3	1	1	0	0	1
1.2	Пространственная и временная структуры сигналов. Цифровая обработка пространственно-временных сигналов	5	3	1	0	2	1
1.3	Методы цифровой обработки пространственно-временных сигналов	10	8	2	4	2	2
	2-й модуль Пространственная обработка сигналов	20	12	4	4	4	8
2.1	Аналоговая обработка сигналов. Оценочно-корреляционная и оценочно-корреляционно-компенсационная обработка сигналов	4	2	2	0	0	2
2.2	Оптимальная фильтрация случайных сигналов. Оптимальная нелинейная фильтрация. Искажения сигналов в компенсаторах помех	7	5	1	2	2	2
2.3	Пространственная обработка сигналов. Квазиоптимальная пространственная обработка сигналов.	9	5	1	2	2	4
	3-й модуль Пространственное кодирование и декодирование	36	24	8	8	8	12
3.1	Пространственная обработка при частично заданной структуре. Оценочно-корреляционно-	9	5	3	0	2	4

	компенсационная обработка многомерных сигналов						
3.2	Методы преодоления статистической априорной неопределенности. Адаптивные алгоритмы обработки сигналов	13	9	3	4	2	4
3.3	Пространственное кодирование и декодирование сигналов	14	10	2	4	4	4
	Зачет						

4.3 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Раздел дисциплины (модуля)	Содержание раздела
Модуль 1. Оптимальная обработка сигналов	
1.1. Основные задачи обработки сигналов. Модели сигналов и помех	Место обработки сигналов в общей структуре информационной радиосистемы. Формулировка основных задач обработки сигналов: обнаружение, различение сигналов, оценивание параметров, фильтрация случайных сигналов, разрешение сигналов, Распознавание образов. Модели сигналов и помех. Узкополосные в радиотехническом смысле радиосигналы.
1.2. Пространственная и временная структуры сигналов. Цифровая обработка пространственно-временных сигналов	Свойства раскрытов. Функция раскрыва. Виды направленности антенн. Временная структуры сигналов. Комплексная огибающая, формирование квадратурных составляющих. Дискретное представление сигналов. Корреляционные свойства временных сигналов. Структура импульсных сигналов. Пространственно-временная структура сигналов. Узкополосность в пространственном смысле. Активные шумовые помехи. Пассивные помехи. Статистические характеристики гауссовских сигналов и помех. Дискретная обработка пространственно-временных сигналов. Преобразование сигналов в цифровую форму. Дискретные во времени сигналы.
1.3. Методы цифровой обработки пространственно-временных сигналов	Отношение правдоподобия для гауссовской помехи и детерминированного полезного сигнала. Отношение правдоподобия для гауссовских сигнала и помехи. Отношение правдоподобия в спектральном базисе. Примеры. Методы оптимальной обработки дискретных сигналов. Метод выбеливания. Метод ортогональных преобразований.
2-й модуль. Пространственная обработка сигналов	
2.1. Аналоговая обработка сигналов. Оценочно-корреляционная и оценочно-корреляционно-компенсационная обработка сигналов	Аналоговая обработка сигналов. Метод выбеливания. Метод разложения Карунена-Лоэва. Оценочно-корреляционная (ОК) и оценочно-корреляционно-компенсационная (ОКК) обработка сигналов. Варианты реализации ОК алгоритма обработки.

2.2. Оптимальная фильтрация случайных сигналов. Оптимальная нелинейная фильтрация. Искажения сигналов в компенсаторах помех	Оптимальная фильтрация случайных сигналов. Винеровская фильтрация: синтез нереализуемого и реализуемого фильтров. Оптимальная линейная фильтрация марковских процессов. Примеры. Оптимальная нелинейная фильтрация марковских процессов. Примеры нелинейной фильтрации. Искажения сигналов в компенсаторе фазомодулированной помехи. Энергетическое подавление сигнала. Метод эквивалентного фильтра.
2.3. Пространственная обработка сигналов. Квазиоптимальная пространственная обработка сигналов.	Пространственная обработка сигналов. Отношение правдоподобия для пространственной обработке. Разделение обработки на пространственную и временную. Структуры пространственно-временной обработки. Эффективность пространственной обработки. Примеры пространственной обработки. Пространственная обработка при частично заданной пространственной структуре.
3-й модуль. Пространственное кодирование и декодирование	
3.1. Пространственная обработка при частично заданной структуре. Оценочно-корреляционно-компенсационная обработка многомерных сигналов	Оценочно-корреляционно-компенсационная обработка многомерных сигналов. Модели многомерных сигналов. Отношение правдоподобия для многомерных сигналов. Пространственно-временная фильтрация пространственно сосредоточенной помехи. Пространственно-временная компенсация помех с разделением обработки на пространственную и временную.
3.2. Методы преодоления статистической априорной неопределенности. Адаптивные алгоритмы обработки сигналов	Методы преодоления статистической априорной неопределенности. Виды априорной неопределенности. Метод адаптации. Метод подобия и инвариантности. Метод непараметрических статистик. Робастные методы обработки сигналов. Адаптивные алгоритмы обработки сигналов. Примеры алгоритмов адаптивной обработки. Оценочно-корреляционная адаптивная обработка. Адаптивная фильтрация случайных сигналов и помех. Примеры адаптивных ОК алгоритмов.
3.3. Пространственное кодирование и декодирование сигналов	Пространственное кодирование сигналов. Модель ММО канала. Пропускная способность ММО канала. Эргодическая пропускная способность. Пространственное кодирование и декодирование методом BLAST. Пространственно-временное блочное кодирование (Alamouti). Формирование каналов в пространстве собственных лучей. Распределение мощности при передаче в пространстве лучей.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

1. Сосулин Ю.Г. Теоретические основы радиолокации и радионавигации: Учеб. пособие для вузов. - М.: Радио и связь, 1992. - 304 с.
2. Обработка сигналов в многоканальных РЛС / А.П.Лукошкин, С.С. Каринский, А.А. Ша-

талов и др.; Под ред. А.П.Лукошкина. - М.: Радио и связь, 1983. - 328 с.

3. Уидроу Б., Стирнз С. Адаптивная обработка сигналов: Пер. с англ. - М.: Радио и связь, 1989. - 440 с.

4. Монзинго Р.А, Миллер Т.У. Адаптивные антенные решетки: Введение в теорию: пер. с англ. - М.: Радио и связь, 1986. - 448 с.

5. Многопозиционные радиотехнические системы / В.С. Кондратьев, А.Ф. Котов, Л.Н. Марков; Под ред. В.В. Цветнова. - М.: Радио и связь, 1986. - 264 с.

6. Тихонов В.И. Оптимальный прием сигналов. - М.: Радио и связь, 1983. - 320 с.

7. Введение в теорию адаптивных антенн / А.А. Пистолькорс, О.С. Литвинов. - М.: Наука, 1991. - 200 с.

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

6.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине (модулю)

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции (или её части)	Наименование оценочного средства
1	2	3	4
	1-й модуль Оптимальная обработка сигналов		
1.1	Основные задачи обработки сигналов. Модели сигналов и помех	ОПК-3	Зачет
1.2	Пространственная и временная структуры сигналов. Цифровая обработка пространственно-временных сигналов	ПК-3	Зачет
1.3	Методы цифровой обработки пространственно-временных сигналов	ПК-3	Зачет
	2-й модуль Пространственная обработка сигналов		
2.1	Аналоговая обработка сигналов. Оценочно-корреляционная и оценочно-корреляционно-компенсационная обработка сигналов	ОПК-3	Зачет
2.2	Оптимальная фильтрация случайных сигналов. Оптимальная нелинейная фильтрация. Искажения сигналов в компенсаторах помех	ПК-3	
2.3	Пространственная обработка сигналов. Квазиоптимальная пространственная обработка сигналов.	ПК-5	Зачет
	3-й модуль Пространственное кодирование и декодирование		
3.1	Пространственная обработка при частично заданной структуре. Оценочно-корреляционно-компенсационная обработка многомерных сигналов	ОПК-3	Зачет
3.2	Методы преодоления статистической априорной неопределенности. Адаптивные алгоритмы обработки сигналов	ПК-3	Зачет
3.3	Пространственное кодирование и декодирование сигналов	ПК-3	Зачет

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы

6.2.1. Типовые задания для самостоятельной работы

Чтение и анализ научной литературы по темам и проблемам курса.

Ответы на контрольные вопросы и решение задач из учебника.

Конспектирование литературы, посвященной используемому математическому аппарату.

Конспектирование, аннотирование научных публикаций.

Анализ нормативных документов и научных отчетов.

6.2.2. Критерии оценивания компетенций (результатов)

1). Уровень усвоения материала, предусмотренного программой.

2). Умение анализировать материал, устанавливая причинно-следственные связи.

3). Ответы на вопросы: полнота, аргументированность, убежденность, умение

4). Качество ответа (его структура, логичность, убежденность, общая эрудиция)

5). Использование дополнительной литературы при подготовке ответов.

6.2.3. Типовые контрольные вопросы к экзамену по дисциплине

1. Матрица пространственной корреляции, ее связь с пространственными характеристиками помех и антенной решетки.

2. По какому критерию производится оптимизация пространственной обработки сигнала? Какие параметры алгоритма оптимизируются ?

3. Как изменяются свойства диаграммы направленности антенной решетки при оптимальной пространственной обработке на фоне помех?

4. От чего зависит количество эффективно подавляемых пространственно сосредоточенных помех?

5. Как влияет коэффициент пространственной корреляции сигнала и помехи на эффективность пространственной обработки? От чего зависит коэффициент пространственной корреляции?

6. Как влияет отношение помеха-шум на подавление помех и искажение главного максимума диаграммы направленности АР?

7. Проанализируйте влияние пространственной структуры АР и помех на эффективность пространственной обработки.

8. В чем состоит отличие оптимальной пространственной обработки и пространственно-временной обработки при действии гауссовских помех?

9. Покажите, в каких случаях возможно разделение пространственно-временной обработки на пространственную и временную обработку?

10. Какова область применения весового сумматора?

11. Проанализируйте влияние мощности помех на время адаптации и точность установки весовых коэффициентов.

12. Проанализируйте влияние коэффициента адаптации на время адаптации и точность установки весовых коэффициентов.

13. Проанализируйте влияние вида алгоритма адаптации на устойчивость при изменении мощности помех.

14. Проанализируйте влияние числа помех и числа элементов адаптивной АР на время адаптации и точность установки весовых коэффициентов.

15. Поясните связь адаптивного алгоритма и оптимального алгоритма при частично заданной пространственной структуре.

16. Приведите примеры адаптивных алгоритмов компенсации, обладающих повышенной устойчивостью к изменению мощности помехи.

17. Поясните принцип работы двухрежимного адаптивного компенсатора помехи.

18. Поясните принцип работы двухпроцессорного адаптивного компенсатора помехи.

19. Сравните достоинства и недостатки двухрежимного и двухпроцессорного компенсаторов помехи.

20. Обоснуйте принадлежность рассмотренных в работе адаптивных компенсаторов помехи к классу с замкнутой обратной связью или к классу с разомкнутой обратной связью.

21. Проанализируйте влияние числа элементов адаптивной АР на время фазовой адаптации и

точность установки весовых коэффициентов AP.

22. Проанализируйте влияние объема обучающей выборки на время фазовой адаптации и точность установки весовых коэффициентов AP.

23. Проанализируйте влияние числа источников помех на время фазовой адаптации и точность установки весовых коэффициентов AP.

24. Проанализируйте влияние числа элементов адаптивной AP с фазовой адаптацией на подавление заданного числа помех.

25. Объясните принцип работы алгоритма фазовой адаптации AP для подавления помех.

26. Сравните алгоритмы амплитудно-фазовой и фазовой адаптации с точки зрения числа эффективно подавляемых помех, числа необходимых элементов адаптивной AP, времени переходного процесса.

27. Объясните принцип работы двухрежимной AP с фазовой адаптацией, ее достоинства и недостатки.

28. Как влияет число циклов полной адаптации на эффективность подавления помех?

29. Изобразите графически временную диаграмму работы AP с фазовой адаптацией. Рассматриваемая AP используется для подавления помех.

30. Как влияет число отсчетов во времени при измерении мощности помех на эффективность адаптации с точки зрения точности вычисления оптимальных фаз, эффективности подавления помех?

31. Проанализируйте влияние числа элементов передающей и приемной антенн на пропускную способность MIMO-канала связи.

32. Проанализируйте влияние пространственного блочного кодирования Аламути на вероятность ошибки приема сигналов.

33. Проанализируйте влияние пространственного кодирования BLAST на вероятность ошибки приема сигналов.

34. Проанализируйте влияние распределения мощности сигналов в передающих антеннах на вероятность ошибки приема сигналов.

35. Опишите схему MIMO-канала связи, его основные характеристики.

36. Опишите алгоритм блочного пространственного кодирования и декодирования Аламути.

37. Опишите алгоритм пространственного кодирования и декодирования BLAST.

38. Опишите алгоритм пространственного кодирования и декодирования методом собственных лучей.

39. Корреляционные свойства канальной матрицы, ее зависимость от углового спектра.

40. Опишите особенности MIMO-каналов с обратной связью (CLTD) и без обратной связи (OLTD).

6.2.2. Планы практических занятий

Модуль 1. Оптимальная обработка сигналов

1.1. Модели сигналов и помех

Детерминированные и статистические модели сигналов. Пространственные модели сигналов. Непрерывные и дискретные модели сигналов.

1.2. Цифровая обработка пространственно-временных сигналов

Алгоритмы обработки сигналов при различных описаниях сигналов и помех. Структурные схемы устройств, реализующих алгоритмы обработки сигналов.

Модуль 2. Пространственная обработка сигналов

2.1. Оценочно-корреляционная и оценочно-корреляционно-компенсационная обработка сигналов

Алгоритмы оценочно-корреляционной и оценочно-корреляционно-компенсационной обработки сигналов. Структурные схемы устройств, реализующих алгоритмы пространственной и пространственно-временной обработки сигналов.

2.2. Оптимальная фильтрация случайных сигналов

Линейная и нелинейная фильтрация сигналов на фоне помех. Алгоритмы и устройства ви-неровской фильтрации. Алгоритмы и устройства марковской фильтрации.

Модуль 3. Пространственное кодирование и декодирование

3.1. Пространственная обработка при частично заданной структуре

Пространственная компенсация помех. Разработка алгоритмов пространственной компенсации помех по различным критериям оптимальности: минимум среднего квадрата ошибки, максимум отношения сигнал-помеха, максимального правдоподобия, минимум мощности помехи. Защита главного максимума диаграммы направленности антенны.

3.2. Адаптивные алгоритмы обработки сигналов

Параметрическая и непараметрическая адаптация. Разработка алгоритмов адаптивной подстройки параметров устройств обработки сигналов. Динамический режим адаптации.

6.2.3. Лабораторный практикум

Модуль 1. Оптимальная обработка сигналов

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторной работы
1	3.1	Оптимальная пространственная обработка сигналов
2	3.1	Оптимальная пространственная структура системы обработки сигналов

2-й модуль. Пространственная обработка сигналов

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторной работы
3	3.2	Адаптивная пространственная компенсация помех
4	3.2	Пространственная компенсация помех с фазовым управлением

3-й модуль. Пространственное кодирование и декодирование

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторной работы
5	3.3	Пространственное кодирование сигналов
6	3.3	Пространственное декодирование сигналов

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Основная учебная литература:

1. Сосулин Ю.Г., Костров В.В., Паршин Ю.Н. Оценочно-корреляционная обработка сигналов и компенсация помех. – М.: Радиотехника, 2014. – 632 с.

2. Бакулин М.Г., Варукина Л.А., Крейнделин В.Б. Технология ММО: принципы и алгоритмы. - М.: Горячая линия- Телеком, 2014. - 244 с.

3. Пространственно-временная обработка сигналов. Метод. указания к лаб. работам / РГРТУ, Рязань, 2017.

Дополнительная учебная литература:

4. Сосулин Ю.Г. Теоретические основы радиолокации и радионавигации: Учеб. пособие для вузов. - М.: Радио и связь, 1992. - 304 с.

5. Обработка сигналов в многоканальных РЛС / А.П.Лукошкин, С.С. Каринский, А.А. Шаталов и др.; Под ред. А.П.Лукошкина. - М.: Радио и связь, 1983. - 328 с.

6. Уидроу Б., Стирнз С. Адаптивная обработка сигналов: Пер. с англ. - М.: Радио и связь, 1989. - 440 с.

7. Пространственно-временная обработка сигналов / И.Я.Кремер, А.И.Кремер, В.М.Петров и др; Под ред. И.Я.Кремера. - М.: Радио и связь, 1984. - 224 с.

8. Журавлев А.К., Лукошкин А.П., Поддубный С.С. Обработка сигналов в адаптивных антенных решетках. - Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1983. - 240 с.

9. Монзинго Р.А, Миллер Т.У. Адаптивные антенные решетки: Введение в теорию: пер. с англ. - М.: Радио и связь, 1986. - 448 с.

10. Коростелев А.А. Пространственно-временная теория радиосистем: Учеб. пособие для вузов. - М.: Радио и связь, 1987. - 320 с.

11. Многопозиционные радиотехнические системы / В.С. Кондратьев, А.Ф. Котов, Л.Н. Марков; Под ред. В.В. Цветнова. - М.: Радио и связь, 1986. - 264 с.
12. Первачев С.В., Перов А.И. Адаптивная фильтрация сообщений - М.: Радио и связь, 1991. - 160 с.
13. Тихонов В.И. Оптимальный прием сигналов. - М.: Радио и связь, 1983. - 320 с.
14. Введение в теорию адаптивных антенн / А.А. Пистолькорс, О.С. Литвинов. - М.: Наука, 1991. - 200 с.
15. Обработка сигналов в радиотехнических системах / Под ред. А.П. Лукошкина, ЛГУ, 1987.
16. Стратонович Р.Л. Принципы адаптивного приема. - М.: Сов. радио, 1973. - 144 с.

8. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

8.1. Рекомендации по планированию и организации времени, необходимого для изучения дисциплины

Рекомендуется следующим образом организовать время, необходимое для изучения дисциплины:

- Изучение конспекта лекции в тот же день, после лекции – 10...15 минут.
- Изучение конспекта лекции за день перед следующей лекцией – 10...15 минут.
- Изучение теоретического материала по учебнику и конспекту – 1 час в неделю.

8.2. Описание последовательности действий студента («сценарий изучения дисциплины»)

При изучении дисциплины очень полезно самостоятельно изучать материал, который еще не прочитан на лекции. Для понимания материала и качественного его усвоения рекомендуется такая последовательность действий:

1). После прослушивания лекции и окончания учебных занятий, при подготовке к занятиям следующего дня, нужно сначала просмотреть и обдумать текст лекции, прослушанной сегодня (10...15 минут).

2). При подготовке к лекции следующего дня, нужно просмотреть текст предыдущей лекции, подумать о том, какая может быть тема следующей лекции (10...15 минут).

В течение недели выбрать время (1 час) для работы с литературой по в библиотеке.

8.3. Рекомендации по работе с литературой

Теоретический материал курса становится более понятным, когда дополнительно к прослушиванию лекции и изучению конспекта, изучаются и книги по педагогике высшей школы. Литературу по курсу рекомендуется изучать в библиотеке. Полезно использовать несколько учебников по курсу. Рекомендуется после изучения очередного параграфа ответить на несколько простых вопросов по данной теме.

Для освоения дисциплины требуется предварительная подготовка в области статистической теории радиосистем. Желательно начальное знакомство с основами программного пакета MatLab. Методические указания при проведении лабораторных работ описаны в соответствующих методических указаниях к лабораторным работам. Обязательное условие успешного усвоения курса – большой объем самостоятельно проделанной работы.

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

Для освоения дисциплины необходимы:

- 1) лекционная аудитория, оборудованная средствами отображения презентаций и других лекционных материалов на экран;
- 2) классы для проведения практических занятий;
- 3) дисплейный класс, оснащенный персональными компьютерами с установленными операционными системами Microsoft Windows XP (или выше) и программой MatLab, для проведения лабораторных работ в виртуальной среде MatLab.

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки 11.04.01 «Радиотехника», квалификация выпускника – магистр, форма обучения – очная.

Программу составил
д.т.н., профессор

Ю.Н. Паршин

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры радиотехнических устройств (протокол № 4. от 28.11.2019).

Заведующий кафедрой радиотехнических устройств
д.т.н., профессор

Ю.Н. Паршин