

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им.
Н.И. Лобачевского»

Радиофизический факультет
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол от
«30» ноября 2022 г. №13

Рабочая программа дисциплины

Цифровой спектральный анализ
(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования
магистратура

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность
03.04.03 Радиофизика

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность программы
Информационные процессы и системы

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения
очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород
2023 год

1. Место и цели дисциплины в структуре ООП

Дисциплина Б1.В.ДВ.04.02 «Цифровой спектральный анализ» относится к части ООП направления подготовки 03.04.03 Радиофизика, формируемой участниками образовательных отношений.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
<i>ПК-1: Способен анализировать и обрабатывать научную информацию и результаты исследований в области физики и радиофизики при решении задач своей профессиональной деятельности</i>	<i>ПК-1.1. Применяет принципы сбора и анализа информации, рассматривает и оценивает современные научные достижения, а также генерирует новые идеи при решении исследовательских и практических задач.</i>	Знать: методы критического анализа и оценки современных научных достижений в области своей профессиональной деятельности Уметь: определять наиболее актуальные направления исследований в области профессиональной деятельности Владеть: навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований	Собеседование
	<i>ПК-1.2. Работает с большим объемом данных, систематизирует и анализирует информацию, полученную из различных источников, в том числе с использованием современных информационных и коммуникационных технологий.</i>	Знать: современные информационные и коммуникационные технологии сбора и анализа большого объема данных Уметь: систематизировать и анализировать данные большого объема Владеть: навыками работы с большим объемом данных, полученных из различных источников	Собеседование
<i>ПК-2: Способен выполнять теоретические и экспериментальные исследования и разработки по отдельным разделам тем научно-исследовательских и опытно-</i>	<i>ПК-2.1. Анализирует современное состояние исследований в области физики и радиофизики, современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений</i>	Знать: современное состояние исследований, современные подходы к описанию различных явлений в области своей профессиональной деятельности Уметь: анализировать современное состояние исследований в области физики и радиофизики Владеть: навыками моделирования различных явлений в области физики и радиофизики	Собеседование

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
конструкторских работ в области физики и радиофизики и оформлять их результаты	и оценке полученных результатов.		
	ПК-2.2. Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи.	Знать: современные подходы к моделированию различных явлений Уметь: выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования Владеть: навыками проведения моделирования или эксперимента для решения конкретной научно-исследовательской задачи	Собеседование
	ПК-2.3. Участвует в планировании, подготовке и проведении НИР.	Знать: основные принципы организации научного исследования Уметь: анализировать процесс выполнения научного исследования и, в случае необходимости, корректировать план исследования на определенных этапах Владеть: навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов	Собеседование
	ПК-2.4. Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики.	Знать: современные подходы к оценке полученных результатов в области своей профессиональной деятельности Уметь: анализировать полученные данные, формулировать выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики Владеть: навыками оценки полученных результатов и формулировки выводов для выполненной научно-исследовательской задачи	Собеседование
ПК-3: Способен разрабатывать и подготавливать составные части документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок	ПК-3.1. Использует знание нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР, применяет заданные требования и правила при оформлении рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях.	Знать: основные требования к составлению научно-технических отчетов и документации Уметь: применять заданные требования и правила к оформлению рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях Владеть: навыками составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов и обзоров, публикаций	Собеседование
	ПК-3.2. Представляет	Знать: основные способы представления и продвижения результатов НИР	Собеседование

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
	результаты НИР академическому и бизнес-сообществу.	Уметь: структурировать презентационный материал, выделять основные результаты деятельности для их представления и расставлять акценты Владеть: навыками представления результатов НИР перед научным и академическим сообществом	
	ПК-3.3. Участвует в составлении и подаче конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности Радиофизика.	Знать: основные этапы подготовки НИР и составления проекта НИР Уметь: анализировать проектную документацию на выполнение НИР Владеть: навыками составления части проектной документации для проведения НИР	Собеседование

3. Структура и содержание дисциплины

3.1.Трудовоемкость дисциплины

	очная форма обучения
Общая трудовоемкость	3 ЗЕТ
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	
самостоятельная работа	29
КСР	2
Промежуточная аттестация – экзамен	45

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
	очная	очная	очная	очная	очная	очная
Тема 1. Спектральные представления детерминированных сигналов	5	3			3	2
Тема 2. Спектральные представления случайных процессов.	5	3			3	2
Тема 3. Классические методы цифрового спектрального оценивания.	5	3			3	2
Тема 4. Параметрические модели случайных процессов.	5	3			3	2
Тема 5. Алгоритмы авторегрессионного спектрального оценивания.	5	3			3	2
Тема 6. Спектральное оценивание на основе АРСС-моделей.	5	3			3	2
Тема 7. Метод Прони.	5	3			3	2
Тема 8. Введение в измерение спектров нестационарных сигналов.	6	3			3	3
Тема 9. Частотно-временные распределения.	7	3			3	4
Тема 10. Wavelet-преобразование.	7	3			3	4
Тема 11. Преобразование Гильберта-Хуанга.	6	2			2	4
Аттестация	45					
КСР	2				2	
Итого	108	32	0	0	34	29

Практические занятия (семинарские занятия /лабораторные работы) организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка предусматривает: решение практических заданий и задач, организация семинаров по отдельным разделам дисциплины.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП:

- изучение, анализ научно-технической информации, обобщение отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования;
- аналитическое и численное исследование физических явлений и процессов радиофизическими методами;
- разработка новых комплексов программ по численному моделированию объектов различной физической природы;
- планирование и проведение экспериментов с применением современных методов и

- измерительной аппаратуры (акустической, радиоэлектронной, оптоэлектронной);
- формулировка новых задач, возникающих в ходе научных исследований;
 - совершенствование известных и разработка новых методов исследований;
 - анализ получаемых результатов и, при необходимости, корректировка направлений исследований;
 - подготовка и оформление научных статей;
 - составление отчетов и докладов о научно-исследовательской работе;
 - участие в научных конференциях, в том числе международных
 - руководство научной работой обучающихся
- компетенций – ПК-1, ПК-2, ПК-3.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа, групповых или индивидуальных консультаций.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся обеспечена учебными пособиями и методическими разработками для лабораторных работ. Учебно-методические разработки содержат необходимый для контроля освоения дисциплины перечень вопросов, по ответам на которые производится контроль приобретённых знаний.

Промежуточная аттестация по дисциплине - экзамен.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю),

включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие	При решении	Имеется	Продemonстри	Продemonстри	Продemonстри	Продemonстри

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
	владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	рованы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	рованы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	рованы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	рован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

5.2.1. Контрольные вопросы Вопросы к экзамену

Вопрос	Код компетенции (согласно РПД)
1) Спектральные представления детерминированных сигналов непрерывного и дискретного времен	ПК-1
2) Спектральные представления случайных стационарных сигналов непрерывного и дискретного времен	ПК-1
3) Периодограммный метод оценки спектральной плотности мощности	ПК-1

Вопрос	Код компетенции (согласно РПД)
стационарных случайных сигналов непрерывного и дискретного времен	
4) Корреллограммный метод оценки спектральной плотности мощности стационарных случайных сигналов непрерывного и дискретного времен	ПК-1
5) Модель авторегрессии случайных сигналов дискретного времени и свойства ее спектра	ПК-1
6) Методы блочной оценки спектральной плотности мощности стационарных случайных сигналов дискретного времени на основе авторегрессионной модели (алгоритм Юла-Уолкера)	ПК-1
7) Методы блочной оценки спектральной плотности мощности стационарных случайных сигналов дискретного времени на основе авторегрессионной модели (алгоритм Берга)	ПК-1
8) Методы блочной оценки спектральной плотности мощности стационарных случайных сигналов дискретного времени на основе авторегрессионной модели (ковариационный алгоритм)	ПК-1
9) Методы блочной оценки спектральной плотности мощности стационарных случайных сигналов дискретного времени на основе авторегрессионной модели (модифицированный ковариационный алгоритм)	ПК-1
10) Модель авторегрессии-скользящего среднего случайных сигналов дискретного времени и свойства ее спектра.	ПК-1
11) Оценивание спектральной плотности случайных сигналов дискретного времени на основе модели авторегрессии-скользящего среднего.	ПК-1
12) Оценивание спектральной плотности случайных сигналов дискретного времени на основе модели Прони.	ПК-1
13) Определения простых и сложных сигналов, базы сигнала, времени корреляции. Соотношение длины сигнала и ширины спектра. Недостатки Фурье-анализа по сравнению с частотно-временным анализом	ПК-2
14) Обобщенная функция корреляции и Функция неопределенности Вудворта в контексте частотно-временного анализа	ПК-2
15) Основные понятия частотно-временного анализа: текущий спектр, оконное преобразование Фурье (скользящий спектр), спектрально-временная плотность энергии (мгновенный спектр)	ПК-2
16) Распределение Вигнера-Вилля и его свойства. Достоинства и недостатки распределения Вигнера-Вилля по сравнению с другими методами спектрального анализа	ПК-2
17) Локализация энергии в плоскости частота-время для распределения Вигнера-Вилля	ПК-2
18) Частотно-временные распределения Габора, Пейджа и Рихачека	ПК-2
19) Класс Козна частотно-временных распределений и их свойства. Характеристическая функция. Локальная автокорреляционная функция.	ПК-2
20) Перекрестные члены частотно-временных распределений и методы борьбы с ними. Распределение Цзуи-Уильямса. Сглаженные распределения.	ПК-2
21) Линейная фильтрация во время-частотной области на примере распределения Вигнера-Вилля.	ПК-2
22) Дискретное преобразование Вигнера-Вилля. Периодичность распределения Вигнера	ПК-2
23) Определение непрерывного вейвлет преобразования. Примеры базисных функций вейвлет-преобразования и их свойства	ПК-2
24) Свойства вейвлет-преобразования. Частотно-временная локализация вейвлет-преобразования. Способы представления результатов вейвлет-преобразования	ПК-2

5.2.2. Типовые вопросы для оценки сформированности компетенций ПК-1

1. Спектральные представления детерминированных сигналов непрерывного и дискретного времен.
2. Спектральные представления случайных стационарных сигналов непрерывного и дискретного времен.
3. Периодограммный метод оценки спектральной плотности мощности стационарных случайных сигналов непрерывного и дискретного времен.
4. Коррелограммный метод оценки спектральной плотности мощности стационарных случайных сигналов непрерывного и дискретного времен.
5. Модель авторегрессии случайных сигналов дискретного времени и свойства ее спектра.
6. Методы блочной оценки спектральной плотности мощности стационарных случайных сигналов дискретного времени на основе авторегрессионной модели (алгоритм Юла-Уолкера).
7. Примеры контрольных вопросов для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины (ПК-2):
8. Перекрестные члены частотно-временных распределений и методы борьбы с ними. Распределение Цзуи-Уильямса. Сглаженные распределения.
9. Линейная фильтрация во время-частотной области на примере распределения Вигнера-Вилля.
10. Дискретное преобразование Вигнера-Вилля. Периодичность распределения Вигнера
11. Определение непрерывного вейвлет преобразования. Примеры базисных функций вейвлет-преобразования и их свойства.
12. Свойства вейвлет-преобразования. Частотно-временная локализация вейвлет-преобразования. Способы представления результатов вейвлет-преобразования.

5.2.3. Типовые вопросы для оценки сформированности компетенций ПК-2

1. Опишите алгоритм спектрального оценивания по методу Юла-Уолкера.
2. Опишите гармонический алгоритм (Берга) оценивания СПМ.
3. Опишите ковариационный алгоритм оценивания СПМ.
4. Опишите модифицированный ковариационный алгоритм оценивания СПМ.
5. Как выбирается порядок моделей при нахождении оценок СПМ?
6. Каковы частотное разрешение и дисперсия АР- оценок СПМ?
7. Каковы достоинства и недостатки АР-оценок СПМ?
8. Опишите методы раздельного оценивания АР- и СС- параметров АРСС- модели.
9. Каковы достоинства и недостатки АРСС-оценок СПМ?
10. Опишите процедуру моделирования выборочных данных суммой экспоненциальных функций.
11. В чем сущность обобщенного метода Прони?
12. Что такое модифицированный метод наименьших квадратов Прони?
13. Какова спектральная интерпретация метода Прони?
14. Каковы достоинства и недостатки оценок СПМ по методу Прони?
15. Чем отличаются простые сигналы от сложных?
16. Что такое база сигнала?
17. Что называют временем корреляции?
18. Что такое текущий, скользящий и мгновенный спектры?
19. Как связаны обобщенная корреляционная функция и функция неопределенности Вудворда?
20. Напишите преобразование Вигнера-Вилля
21. Какого предельного разрешения на плоскости время-частота можно достичь при использовании преобразования Вигнера-Вилля?

22. На какие величины из области время-частотного анализа можно переносить принцип неопределенности энергия – время из квантовой механики, а на какие нет?
23. В чем преимущества преобразования Вигнера-Вилля?
24. Какие основные недостатки преобразования Вигнера-Вилля?
25. Какими способами можно подавить перекрестные члены в распределении Вигнера-Вилля?
26. Какие время-частотные распределения вам известны?
27. Напишите соотношение для wavelet-преобразования.
28. Что такое базисная функция wavelet-преобразования?
29. Какими свойствами должна обладать базисная функция?
30. Какие базисные wavelet функций вам известны?
31. Можно ли отнести преобразование Габора к wavelet-преобразованиям?
32. В чем особенность частотно-временного разрешения для wavelet-преобразования?
33. Какие особенности позволяет обнаружить wavelet-преобразование?
34. Что такое преобразование Гильберта-Хуанга?
35. Объясните принцип эмпирического метода декомпозиции
36. Что называют Гильбертовым спектральным анализом?
37. В чем достоинства преобразования Гильберта-Хуанга?

5.2.4. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенций ПК-1 и ПК-2

Задание 1

Оценить частотное разрешение классических методов спектрального анализа для гармонических сигналов с частотами 0.2 и 0.21.

Задание 2

Оценить потенциальный выигрыш в частотно-временном разрешении при использовании преобразования Вигнера-Вилля по сравнению с классическими алгоритмами для ЛЧМ сигнала длительностью 100 отсчетов в полосе [0.1 0.2].

Задание 3

Известно, что исследуемый процесс представляет собой сумму одного или двух гармонических сигналов, ОСШ большое. Аргументируйте выбор метода спектрального оценивания и его параметры.

Задание 4

Известно, что исследуемый процесс представляет собой нестационарный процесс, в котором может присутствовать несколько ЛЧМ слагаемых. Аргументируйте выбор метода частотно-временного оценивания и его параметры.

Задание 5

Оценить частотное разрешение классических методов спектрального анализа для гармонических сигналов с частотами 0.2 и 0.22.

Задание 6

Оценить потенциальный выигрыш в частотно-временном разрешении при использовании преобразования Вигнера-Вилля по сравнению с классическими алгоритмами для ЛЧМ сигнала длительностью 200 отсчетов в полосе [0.1 0.25].

Задание 7

Известно, что исследуемый процесс представляет собой сумму двух или трех гармонических сигналов, ОСШ большое. Аргументируйте выбор метода спектрального оценивания и его параметры.

Задание 8

Известно, что исследуемый процесс представляет собой нестационарный процесс, в котором присутствует составляющая с частотной модуляцией. Аргументируйте выбор метода частотно-временного оценивания и его параметры.

Задание 9

Оценить частотное разрешение классических методов спектрального анализа для гармонических сигналов с частотами 0.3 и 0.32.

Задание 10

Оценить потенциальный выигрыш в частотно-временном разрешении при использовании преобразования Вигнера-Вилля по сравнению с классическими алгоритмами для ЛЧМ сигнала длительностью 50 отсчетов в полосе [0.1 0.4].

Задание 11

Известно, что исследуемый процесс представляет собой сумму двух гармонических сигналов, ОСШ маленькое. Аргументируйте выбор метода спектрального оценивания и его параметры.

Задание 12

Известно, что исследуемый процесс представляет собой нестационарный процесс. Необходимо найти моменты времени, в которые производная терпит разрыв. Аргументируйте выбор метода частотно-временного оценивания и его параметры.

Задание 13

Оценить частотное разрешение классических методов спектрального анализа для гармонических сигналов с частотами 0.2 и 0.3.

Задание 14

Оценить потенциальный выигрыш в частотно-временном разрешении при использовании преобразования Вигнера-Вилля по сравнению с классическими алгоритмами для ЛЧМ сигнала длительностью 1000 отсчетов в полосе [0.1 0.15].

Задание 15

Известно, что исследуемый процесс представляет собой сумму двух гармонических сигналов, ОСШ маленькое. Аргументируйте выбор метода спектрального оценивания и его параметры.

Задание 16

Известно, что исследуемый процесс представляет собой нестационарный процесс. Необходимо найти моменты времени, в которые вторая производная терпит разрыв. Аргументируйте выбор метода частотно-временного оценивания и его параметры.

Задание 17

Оценить частотное разрешение классических методов спектрального анализа для гармонических сигналов с частотами 0.4 и 0.41.

Задание 18

Оценить потенциальный выигрыш в частотно-временном разрешении при использовании преобразования Вигнера-Вилля по сравнению с классическими алгоритмами для ЛЧМ сигнала длительностью 5000 отсчетов в полосе [0.2 0.21].

Задание 19

Известно, что исследуемый процесс представляет собой стационарный цветной шум с слабо изменяющейся в частотной области СПМ. Аргументируйте выбор метода спектрального оценивания и его параметры.

Задание 20

Известно, что исследуемый процесс представляет собой частотно модулированное колебание со сложным законом модуляции. Необходимо оценить тонкую структуру закона модуляции. Аргументируйте выбор метода частотно-временного оценивания и его параметры.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Цифровая обработка сигналов [Электронный ресурс] / Оппенгейм А., Шафер Р. - Издание 3-е, исправленное. - М. : Техносфера, 2012. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948363295.html>
2. Методы спектрального оценивания случайных процессов [Электронный ресурс] :

Учеб. пособие / Шахтарин Б.И., Ковригин В.А. - 2-е изд, исправ. - М. : Горячая линия - Телеком, 2011. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991201681.html>

3. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB [Электронный ресурс] / Смоленцев Н. К. - М. : ДМК Пресс, 2009. - <http://www.studentlibrary.ru/book/5-94074-415-X.html>

4. Кривошеев В.И. Современные методы цифровой обработки сигналов (цифровой спектральный анализ). Учебно-методический материал по программе повышения квалификации «Современные системы мобильной цифровой связи, проблемы помехозащищенности и защиты информации». Нижний Новгород, ННГУ, 2006. - http://www.rf.unn.ru/rus/chairs/k7/RF_NNSU/Krivosheev_Book_DSA.pdf

б) дополнительная литература:

1. Цифровая обработка сигналов в LabVIEW [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Федосов В. П., Нестеренко А. К. - М. : ДМК Пресс, 2009. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5940743420.html>

2. Вейвлеты. От теории к практике [Электронный ресурс] / В.П. Дьяконов - М. : СОЛОН-ПРЕСС, 2008. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5980031715.html>

3. Оконные функции для гармонического анализа сигналов [Электронный ресурс] / Дворкович В.П., Дворкович А.В. - М. : Техносфера, 2014. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948363738.html>

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. <http://www.labview.ru>

2. <http://www.dsp-book.narod.ru>

3. <http://www.pselab.ru>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещение представляет собой учебную аудиторию для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенное оборудованием и техническими средствами обучения: компьютер, мультимедийный проектор.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду, среда программирования LabView.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 03.04.03 Радиофизика (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования РФ 07.08.2020 № 918).

Автор: Сорокин И.С.

Рецензент:

Заведующий кафедрой: Мальцев А.А.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от «14» ноября 2022 года, протокол № 08/22.