

**Федеральное государственное учреждение  
«Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской  
академии наук»  
(ФИЦ ИУ РАН)**

Утверждена

Ученым советом ФИЦ ИУ РАН,  
протокол № 1 от «27» ноября 2015 г.

Председатель Ученого совета,  
директор ФИЦ ИУ РАН

И.А. Соколов

«30» ноября 2015 г.



## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

### **УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Обработка сигналов и многомерных массивов данных»**

#### **Направление подготовки**

02.06.01 Компьютерные и информационные науки

#### **Профиль (направленность программы)**

01.01.09 Дискретная математика и математическая кибернетика

#### **Квалификация выпускника**

Исследователь. Преподаватель-исследователь

#### **Форма обучения**

очная

Москва, 2015

Направление подготовки: 02.06.01 Компьютерные и информационные науки

Профиль (направленность программы): 01.01.09 Дискретная математика и математическая кибернетика

Дисциплина: «Обработка сигналов и многомерных массивов данных»

Форма обучения: очная

Рабочая программа составлена с учетом ФГОС ВО по направлению подготовки 01.01.09  
Дискретная математика и математическая кибернетика, утвержденного приказом  
Министерства образования и науки Российской Федерации от 30 июля 2014 года № 864,  
зарегистрировано в Минюсте Российской Федерации 20 августа 2014 года № 33703.

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА РЕКОМЕНДОВАНА

Отделом интеллектуальных систем ФИЦ ИУ РАН

Руководитель отдела К.Воронцов Воронцов К.В./

«21» 11 2015 г.

ИСПОЛНИТЕЛИ (разработчики программы):

В.В.Моттль, ФИЦ ИУ РАН, в.н.с., д.ф.-м.н., профессор

Рабочая программа зарегистрирована в аспирантуре под учетным номером

41 на правах учебно-методического издания

Начальник отдела докторантury и аспирантуры С.И. Клименко / Клименко С.И. /  
02.12.15

## **Оглавление**

АННОТАЦИЯ .....	4
1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	4
2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	6
3.1. Структура дисциплины.....	6
3.2. Содержание разделов дисциплины .....	6
3.3. Семинарские занятия .....	13
3.4. Практические занятия.....	13
3.5. Самостоятельная работа аспирантов.....	13
4. ТЕКУЩАЯ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ.....	14
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	16
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	16

## **АННОТАЦИЯ**

Дисциплина «Обработка сигналов и многомерных массивов данных» реализуется в рамках Блока 1 Основной профессиональной образовательной программы высшего образования - программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук» (ФИЦ ИУ РАН) по направлению подготовки 02.06.01 Компьютерные и информационные науки, профиль (направленность программы) 01.01.09 Дискретная математика и математическая кибернетика аспирантам очной формы обучения.

Рабочая программа разработана с учетом требований ФГОС ВО по направлению подготовки 02.06.01 Компьютерные и информационные науки, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30 июля 2014 года № 864, зарегистрировано в Минюсте Российской Федерации 20 августа 2014 года № 33703.

Основным источником материалов для формирования содержания программы являются: материалы конференций, симпозиумов, семинаров, Интернет-ресурсы, научные издания и монографические исследования и публикации.

Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану составляет - 5 зач.ед. (180 часа), из них лекций - 72 час., семинарских занятий – 0 час., практических занятий – 0 час. и часов самостоятельной работы – 108 час. Дисциплина реализуется на 2 курсе, 4 семестре, продолжительность обучения – 1 семестр.

Текущая аттестация проводится не менее 2 раз в соответствии с заданиями и формами контроля, предусмотренными настоящей программой.

Промежуточная оценка знания осуществляется в период зачетно-экзаменационной сессии в форме: зачет.

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Цели и задачи дисциплины «Обработка сигналов и многомерных массивов данных»

### **Цель:**

Целью дисциплины является изучение аспирантами статистических и алгоритмических основ анализа сигналов и многомерных массивов данных, а также знакомство с практическими приложениями статистических методов анализа сигналов и многомерных массивов данных.

### **Задачи:**

- освоение аспирантами базовых знаний (понятий, концепций, методов и моделей),
- приобретение теоретических знаний и практических умений и навыков, проведение собственных теоретических исследований
- консультирование студентов в области анализа сигналов и многомерных массивов данных.

## **2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Процесс изучения дисциплины «Обработка сигналов и многомерных массивов данных» направлен на формирование компетенций или отдельных их элементов в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 02.06.01 Информатика и вычислительная техника, профиль (направленность программы) 01.01.09 Дискретная математика и математическая кибернетика аспирантам очной формы обучения:  
а) универсальных (УК)

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
- способность следовать этическим нормам в профессиональной деятельности (УК-5);
- способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-6).

б) общепрофессиональных (ОПК):

- владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);
- владение культурой научного исследования, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);
- способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности (ОПК-3);
- готовность организовать работу исследовательского коллектива в области профессиональной деятельности (ОПК-4);
- способность представлять полученные результаты научно-исследовательской деятельности на высоком уровне и с учетом соблюдения авторских прав (ОПК-6);
- владение методами проведения патентных исследований, лицензирования и защиты авторских прав при создании инновационных продуктов в области профессиональной деятельности (ОПК-7);
- готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-8).

в) профессиональных (ПК):

- готовность использовать знание основных методов искусственного интеллекта в последующей профессиональной деятельности в качестве научных сотрудников, преподавателей вузов, инженеров, технологов (ПК-1);
- готовность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности в области моделирования и анализа сложных естественных и искусственных систем (ПК-3);
- способность к созданию математических и информационных моделей исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере (ПК-4);
- способность применять на практике умения и навыки в организации исследовательских работ и проводить научные исследования, готовность к участию в инновационной деятельности (ПК-5).

**В результате освоения дисциплины «Обработка сигналов и многомерных массивов данных» обучающийся должен:**

**Знать:**

- фундаментальные понятия, современные подходы, методы и проблемы обработки сигналов и многомерных массивов данных.

**Уметь:**

- понять и формализовать поставленную задачу анализа данных;
- использовать современные методы обработки сигналов и многомерных массивов данных для практического решения задач анализа данных;
- при необходимости, продиктованной особенностями поставленной задачи, создавать новые методы обработки сигналов и многомерных массивов данных;

- проводить численные эксперименты на модельных и реальных данных и интерпретировать их результаты;
- представлять результаты исследований в устной и письменной форме.

**Владеть:**

- навыками освоения большого объема информации и решения сложных теоретических и практических задач обработки сигналов и многомерных массивов данных;
- навыками самостоятельной работы и освоения новых дисциплин;
- культурой постановки, анализа и решения математических и прикладных задач, требующих для своего решения использования математических подходов и методов;
- предметным языком обработки сигналов и многомерных массивов данных, навыками описания решения задач и представления полученных результатов.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1. Структура дисциплины

##### Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебных работ

Вид учебной работы	Трудоемкость					
	общая		Из них			
	Зач. Ед.	Час.	Лекц.	Прак.	Сем.	Сам.р.
<b>ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ</b> по Учебному плану	5	180	72			108
<i>Аудиторные занятия</i>						
Лекции (Л)	2	72	72			
Практические занятия (ПЗ)						
Семинары (С)						
<i>Самостоятельная работа (СР) без учёта промежуточного контроля:</i>						
Самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к семинарским и практическим занятиям) и самостоятельное изучение тем дисциплины	3	108				108
<i>Вид контроля:</i> зачет						

#### 3.2. Содержание разделов дисциплины

##### Общее содержание дисциплины

№ раздела	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)	Количество часов
1	Обобщенная модель задачи анализа сигналов	Обобщенное понимание сигнала как последовательности значений некоторой переменной.  Примеры сигналов: речевой сигнал (действительная скалярная переменная),	4

		<p>динамический спектр речевого сигнала (действительная векторная переменная), последовательность аминокислот в полимерной молекуле белка (переменная с конечным множеством значений) .</p> <p>Двухкомпонентный случайный процесс со скрытой и наблюдаемой компонентами .</p> <p>Классификация задач оценивания скрытой компоненты по Норберту Винеру: задача фильтрации, задача интерполяции, задача экстраполяции (прогноза).</p> <p>Примеры моделей задач анализа сигналов: задача сегментации, задача сглаживания зашумленного сигнала, задача оценивания нестационарной регрессионной зависимости, задача нестационарного спектрального анализа, задача мэтчинга двух сигналов.</p> <p>Примеры прикладных задач: спектральное представление речевого сигнала, оценивание портфеля инвестиционной компании, измерение попарного несходства подписей, измерение попарного несходства белков как последовательностей аминокислот.</p>	
2	Общая структура оператора оценивания скрытого случайного процесса	<p>Теоретическая справка (краткое выборочное повторение основных понятий теории вероятностей): пространство элементарных исходов опыта, сигма-алгебра измеримых событий и вероятностная мера на ней сигма-конечная мера, интеграл Лебега вероятностная мера, абсолютно непрерывная относительно заданной сигма-конечной меры, теорема Радона-Никодима, понятие плотности распределения вероятности примеры плотностей распределений вероятности Байесовский подход к оцениванию функция потерь: средний риск ошибки, принцип минимизации среднего риска. Виды функции потерь при оценивании скрытого процесса: мгновенная функция потерь, общая аддитивная функция потерь, общая сингулярная функция потерь. Структура оптимальной оценки для общей</p>	8

		<p>аддитивной функции потерь общий вид оптимальной оценки: частный случай антидиагональной мгновенной функции потерь, частный случай сингулярной мгновенной функции потерь, задача определения апостериорных плотностей распределений мгновенных значений скрытого процесса.</p> <p>Структура оптимальной оценки для общей сингулярной функции потерь: задача определения реализации скрытого процесса, максимизирующей совместную апостериорную плотность распределения значений скрытого процесса.</p> <p>Совпадение оценок для аддитивной и сингулярной функций потерь в условиях симметрии как аддитивной функции потерь, так и априорных плотностей распределений в модели скрытого процесса.</p>	
3	Марковская модель скрытой компоненты сигнала (скрытая марковская модель сигнала)	<p>Априорные предположения о марковском свойстве скрытого случайного процесса и об условных вероятностных свойствах наблюдаемого процесса.</p> <p>Теорема о марковском свойстве апостериорного скрытого случайного процесса.</p> <p>Фильтрационные и интерполяционные апостериорные плотности распределения мгновенных значений скрытого процесса.</p> <p>Обобщенная процедура фильтрации сигнала: последовательное определение фильтрационных плотностей распределения скрытого процесса в ходе наблюдения сигнала.</p> <p>Обобщенная процедура интерполяции: последовательное определение интерполяционных плотностей распределения скрытого процесса в обратном направлении.</p>	8
4	Оптимальные оценки марковского скрытого процесса	<p>Оптимальная оценка скрытого процесса для аддитивной функции потерь.</p> <p>Процедура фильтрации-интерполяции.</p> <p>Оптимальная оценка скрытого процесса для сингулярной функции потерь.</p> <p>Задача минимизации парно- сепарабельной целевой функции.</p>	8
5	Численная реализация	Алгоритм фильтрации-интерполяции.	4

	процедуры фильтрации-интерполяции для скрытого марковского процесса с конечным числом состояний	Проблема параметрического представления фильтрационных и интерполяционных апостериорных плотностей распределений в случае скрытого процесса с бесконечным множеством состояний.	
6	Вычисление оптимальной оценки скрытого процесса с конечным числом состояний для сингулярной функции потерь	Классическая процедура динамического программирования для минимизации парно-сепарабельных целевых функций функции Беллмана: прямое рекуррентное соотношение, обратное рекуррентное соотношение маргинальные функции. Проблема параметрического представления функций Беллмана в случае скрытого процесса с бесконечным множеством состояний.	8
7	Вычисление оптимальной оценки нормального скрытого марковского процесса в конечномерном пространстве	Аддитивная квадратичная функция потерь. Апостериорные математические ожидания значений скрытого процесса как их оптимальные оценки. Параметрическое семейство нормальных фильтрационных и интерполяционных апостериорных распределений. Фильтр-интерполятор Калмана-Бьюси: рекуррентное вычисление апостериорных математических ожиданий и ковариационных матриц нормальных фильтрационных и интерполяционных распределений. Сингулярная функция потерь. Квадратичная парно-сепарабельная целевая функция оценивания скрытого процесса. Квадратичное параметрическое семейство функций Беллмана. Процедура квадратичного динамического программирования и ее полная эквивалентность фильтру-интерполятору Калмана-Бьюси	8
8	Оценивание неизвестных параметров скрытой марковской модели фиксированной структуры	Специфика применения принципа максимального правдоподобия для оценивания параметров в вероятностных моделях со скрытой случайной переменной: принцип максимального правдоподобия специфика функции правдоподобия в моделях со скрытой случайной переменной, идея ЕМ-процедуры, алгоритм разделения смеси распределений М.И. Шлезингера.	8

		Численная реализация ЕМ-процедуры (скрытый процесс с конечным числом состояний, нормальный скрытый процесс в конечномерном линейном пространстве). Сегментация шумоподобного сигнала с повторяющимся характером колебаний как пример оценивания параметров модели сигнала.	
9	Выбор структуры скрытой марковской модели сигнала	<p>Семейство вложенных классов моделей скрытого процесса возрастающей сложности: скрытый процесс с неизвестным конечным множеством состояний, скрытый процесс в линейном пространстве неизвестной размерности</p> <p>неприменимость «прямого» использования принципа максимального правдоподобия.</p> <p>Информационный критерий Акаике.</p> <p>Метод скользящего контроля.</p> <p>Примеры выбора структуры скрытой марковской модели в практических задачах обработки сигналов:</p> <p>определения числа чередующихся элементарных программ действия в составе процесса длительного поддержания позы человеком,</p> <p>определения оптимальной степени сглаживания в задаче оценивания состава портфеля инвестиционной компании.</p>	8
10	Сохранение локальных особенностей в процессе обработки сигнала	<p>Скрытая марковская модель как условие обобщенной гладкости скрытого процесса.</p> <p>Принцип встречных процедур фильтрации (динамического программирования).</p> <p>Последовательное обнаружение и сохранение локальных особенностей сигнала.</p> <p>Примеры обработки сигналов с сохранением локальных особенностей: сглаживание зашумленного сигнала, нестационарный спектральный анализ сигнала,</p> <p>обнаружение скрытых событий в изменении состава инвестиционного портфеля.</p>	8

## Лекционный курс

Порядковый номер лекции	Раздел, тема учебного курса, содержание лекции	Трудоемкость	
		час.	зач. ед.*
1	<p>1. Обобщенная модель задачи анализа сигналов Двухкомпонентный случайный процесс со скрытой и наблюдаемой компонентами .</p> <p>Классификация задач оценивания скрытой компоненты по Норберту Винеру.</p> <p>Примеры моделей задач анализа сигналов, прикладных задач.</p>	4	
2	<p>2. Общая структура оператора оценивания скрытого случайного процесса</p> <p>Теоретическая справка (краткое выборочное повторение основных понятий теории вероятностей). Байесовский подход к оцениванию функция потерь. Виды функции потерь при оценивании скрытого процесса.</p> <p>Структура оптимальной оценки для общей аддитивной функции потерь, задача определения апостериорных плотностей распределений мгновенных значений скрытого процесса. Структура оптимальной оценки для общей сингулярной функции потерь.</p>	4	
3	<p>3. Марковская модель скрытой компоненты сигнала (скрытая марковская модель сигнала)</p> <p>Априорные предположения о марковском свойстве скрытого случайного процесса. Теорема о марковском свойстве апостериорного скрытого случайного процесса.</p> <p>Фильтрационные и интерполяционные апостериорные плотности распределения мгновенных значений скрытого процесса.</p>	4	
4	<p>4. Оптимальные оценки марковского скрытого процесса</p> <p>Оптимальная оценка скрытого процесса для аддитивной функции потерь. Процедура фильтрации-интерполяции.</p> <p>Оптимальная оценка скрытого процесса для сингулярной функции потерь. Задача минимизации парно-сепарабельной целевой функции</p>	4	
5	<p>5. Численная реализация процедуры фильтрации-интерполяции для скрытого марковского процесса с конечным числом состояний</p> <p>Алгоритм фильтрации-интерполяции.</p>	4	
6	<p>6. Вычисление оптимальной оценки скрытого процесса с конечным числом состояний для сингулярной функции потерь</p>	4	
7	<p>Проблема параметрического представления фильтрационных и интерполяционных апостериорных плотностей распределений в случае скрытого процесса с бесконечным множеством состояний .</p>	4	
8		4	

	Классическая процедура динамического программирования для минимизации парно-сепарабельных целевых функций функции Беллмана: прямое рекуррентное соотношение, обратное рекуррентное соотношение маргинальные функции.		
9	Проблема параметрического представления функций Беллмана в случае скрытого процесса с бесконечным множеством состояний. 7. Вычисление оптимальной оценки нормального скрытого марковского процесса в конечномерном пространстве	4	
10	Аддитивная квадратичная функция потерь. Апостериорные математические ожидания значений скрытого процесса как их оптимальные оценки. Параметрическое семейство нормальных фильтрационных и интерполяционных апостериорных распределений. Фильтр-интерpolator Калмана-Бьюси.	4	
11	Сингулярная функция потерь. Квадратичная парно-сепарабельная целевая функция оценивания скрытого процесса. Процедура квадратичного динамического программирования.	4	
12	8. Оценивание неизвестных параметров скрытой марковской модели фиксированной структуры Специфика функции правдоподобия в моделях со скрытой случайной переменной, идея ЕМ-процедуры, алгоритм разделения смеси распределений М.И. Шлезингера. Численная реализация ЕМ-процедуры. Сегментация шумоподобного сигнала с повторяющимся характером колебаний как пример оценивания параметров модели сигнала.	4	
13	9. Выбор структуры скрытой марковской модели сигнала Семейство вложенных классов моделей скрытого процесса возрастающей сложности. Информационный критерий Акаике. Метод скользящего контроля. Примеры выбора структуры скрытой марковской модели в практических задачах обработки сигналов.	4	
14	10. Сохранение локальных особенностей в процессе обработки сигнала Скрытая марковская модель как условие обобщенной гладкости скрытого процесса.	4	
15	Принцип встречных процедур фильтрации (динамического программирования).	4	
16	Последовательное обнаружение и сохранение локальных особенностей сигнала. Примеры обработки сигналов с сохранением локальных особенностей.	4	
<b>ИТОГО</b>		<b>72</b>	<b>2</b>

### **3.3. Семинарские занятия**

Не предусмотрены

### **3.4. Практические занятия**

Не предусмотрены

### **3.5. Самостоятельная работа аспирантов**

Внеаудиторная самостоятельная работа аспирантов включает следующие виды деятельности:

- конспектирование и рефериование первоисточников и другой научной и учебной литературы;
- проработку учебного материала (по конспектам, учебной и научной литературе);
- изучение учебного материала, перенесенного с аудиторных занятий на самостоятельную проработку;
- написание рефератов.

#### **Содержание и объем самостоятельной работы аспирантов**

Разделы и темы рабочей программы самостоятельного изучения	Перечень домашних заданий и других вопросов для самостоятельного изучения	Сроки выполнения (№ недели)	Трудоемкость	
			час.	зач. ед.
Обобщенная модель задачи анализа сигналов	Проработка учебного материала (по конспектам, учебной и научной литературе)	1н	10	0,27
Общая структура оператора оценивания скрытого случайного процесса	Проработка учебного материала (по конспектам, учебной и научной литературе)	2-3н	10	0,27
Марковская модель скрытой компоненты сигнала (скрытая марковская модель сигнала)	Проработка учебного материала (по конспектам, учебной и научной литературе)	4-5н	12	0,33
Оптимальные оценки марковского скрытого процесса	Проработка учебного материала (по конспектам, учебной и научной литературе)	6-7н	12	0,33
Численная реализация процедуры фильтрации-интерполяции для скрытого марковского процесса с конечным числом состояний	Проработка учебного материала (по конспектам, учебной и научной литературе)	8н	6	0,17
Вычисление оптимальной оценки скрытого процесса с конечным числом состояний для сингулярной функции потерь	Проработка учебного материала (по конспектам, учебной и научной литературе)	9-10н	10	0,27
Вычисление оптимальной оценки нормального	Проработка учебного материала (по конспектам,	11-12н	8	0,23

скрытого марковского процесса в конечномерном пространстве	учебной и научной литературе)			
Оценивание неизвестных параметров скрытой марковской модели фиксированной структуры	Проработка учебного материала (по конспектам, учебной и научной литературе)	13-14н	10	0,27
Выбор структуры скрытой марковской модели сигнала	Проработка учебного материала (по конспектам, учебной и научной литературе)	15-16н	10	0,27
Сохранение локальных особенностей в процессе обработки сигнала	Подготовка рефератов по материалам актуальных научно-исследовательских работ и международных конференций	17-18н	20	0,56

#### **4. ТЕКУЩАЯ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**Текущая аттестация аспирантов.** Текущая аттестация аспирантов проводится в соответствии с локальным актом ФИЦ ИУ РАН - Положением о текущей, промежуточной и итоговой аттестации аспирантов ФИЦ ИУ РАН по программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине проводится в форме опроса, а также оценки вопроса-ответа в рамках участия обучающихся в дискуссиях и различных контрольных мероприятиях по оцениванию фактических результатов обучения, осуществляемых преподавателем, ведущим дисциплину.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина – активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость занятий;
- степень усвоения теоретических знаний и уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы, проводимых в рамках семинаров, практических занятий и самостоятельной работы.

Оценивание обучающегося на занятиях осуществляется с использованием нормативных оценок по 4-х бальной системе (5-отлично, 4-хорошо, 3-удовлетворительно, 2-не удовлетворительно).

**Промежуточная аттестация аспирантов.** Промежуточная аттестация аспирантов по дисциплине проводится в соответствии с локальным актом ФИЦ ИУ РАН - Положением о текущей, промежуточной и итоговой аттестации аспирантов ФИЦ ИУ РАН по программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре и является обязательной.

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется в форме зачета в период зачетно-экзаменационной сессии в соответствии с Графиком учебного процесса по приказу (распоряжению) заместителя директора по научной работе). Аспирант допускается к зачету в случае выполнения аспирантом всех учебных заданий и мероприятий, предусмотренных настоящей программой. В случае наличия учебной задолженности (пропущенных занятий и (или) невыполненных заданий) аспирант отрабатывает пропущенные занятия и выполняет задания.

**Вопросы для контроля знаний:**

1. Описание обобщенной модели задачи анализа сигналов, скрытые и наблюдаемые компоненты.
2. Классификация задач оценивания скрытой компоненты по Норберту Винеру, примеры моделей задач анализа сигналов.
3. Описание общей структуры оператора оценивания скрытого случайного процесса, байесовский подход к оцениванию функция потерь.
4. Описание структур оптимальной оценки для общей аддитивной и сингулярных функций потерь.
5. Описание марковской модели скрытой компоненты сигнала, теорема о марковском свойстве апостериорного скрытого случайного процесса.
6. Описание обобщенных процедур фильтрации сигнала и интерполяции.
7. Оптимальная оценка скрытого процесса для аддитивной функции потерь.
8. Оптимальная оценка скрытого процесса для сингулярной функции потерь.
9. Описание алгоритма фильтрации-интерполяции, проблемы параметрического представления.
10. Алгоритм вычисления оптимальной оценки скрытого процесса с конечным числом состояний для сингулярной функции потерь
11. Описание классической процедуры динамического программирования для минимизации парно-сепарабельных целевых функций функции Беллмана.
12. Алгоритм вычисления оптимальной оценки нормального скрытого марковского процесса в конечномерном пространстве.
13. Фильтр-интерpolator Калмана-Бьюси.
14. Сингулярная функция потерь, описание процедуры квадратичного динамического программирования.
15. Описание EM-процедуры, алгоритм разделения смеси распределений М.И. Шлезингера.
16. Алгоритм реализации EM-процедуры.
17. Задача выбора структуры скрытой марковской модели сигнала
18. Информационный критерий Акаике.
19. Метод скользящего контроля, примеры выбора структуры скрытой марковской модели.
20. Скрытая марковская модель как условие обобщенной гладкости скрытого процесса.
21. Описание принципа встречных процедур фильтрации.

## **Оценивание аспиранта на промежуточной аттестации в форме зачета.**

<b>Оценка зачета (нормативная)</b>	<b>Требования к знаниям и критерии выставления оценок</b>
<b>Зачтено</b>	Аспирант при ответе демонстрирует знание фундаментальных понятий, современных подходов, методов и проблем обработки сигналов и многомерных массивов данных, обладает навыком формализации задач анализа данных, способен проводить численные эксперименты на модельных и реальных данных и интерпретировать их результаты.
<b>Не засчитано</b>	Аспирант при ответе демонстрирует плохое знание значительной части основного материала, изложенного на лекциях. Не информирован или слабо разбирается в проблемах, и или не в состоянии наметить пути их решения.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

1. Моттель В.В., Мучник И.Б.. Скрытые марковские модели в структурном анализе сигналов. М.: Наука, Физматлит, 1999, 351 с.
2. Виленкин С.Я. Статистическая обработка результатов исследования случайных функций. М.: Энергия, 1979.

### **Дополнительная литература**

3. Рабинер Л. Скрытые марковские модели и их применение в выбранных приложениях при распознавании речи: Обзор. ТИИЭР, 1989, т. 77, № 2, с. 86-120.
4. Беллман Р. Динамическое программирование. М.: Мир, 1960.
5. Беллман Р., Дрейфус С. Прикладные задачи динамического программирования. М.: Наука, 1965, 460 с.
6. Браммер К., Зиффлинг Г. Фильтр Калмана-Бьюси. М.: Наука, 1982.
7. Muchnik I., Mottl V. Bellman Functions on Trees for Segmentation, Generalized Smoothing, and Multi-Alignment in Massive Data Sets. DIMACS Technical Report 98-15, February, 1998, 63 p.  
<ftp://dimacs.rutgers.edu/pub/dimacs/TecnicalReports/TechReports/1998/98-15.ps.gz>
8. Сейдж Э., Мелса Дж. Теория оценивания и ее применение в связи и управлении. М.: Связь, 1976.

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

В соответствии с федеральными государственными требованиями к структуре основной профессиональной образовательной программы послевузовского профессионального образования по специальности 01.01.09 программа специальности «Дискретная математика и математическая кибернетика» предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерное моделирование и визуализация, разбор конкретных ситуаций) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

**ИСПОЛНИТЕЛИ (разработчики программы):**

д.ф.-м.н., проф. В.В.Моттель

 « 21 » 11 2015 г.