

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич  
Должность: врио ректора  
Дата подписания: 30.09.2022 10:11:07  
Уникальный программный ключ:  
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»

Утверждаю:

Руководитель ООП:

/С.М.Дудаков /

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021г.

**Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)**

**МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ОЦЕНИВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ  
СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ**

Направление подготовки

01.03.02 Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль)

Математическое моделирование

Для студентов 3 курса, 6 семестр

форма обучения – очная

Составитель:

д. ф. - м. н., профессор Зингерман К.М. \_\_\_\_\_

Тверь, 2021

## **I. Аннотация**

### **1. Цели и задачи дисциплины**

Целью освоения дисциплины является: формирование и развитие у обучающихся общекультурных и профессиональных компетенций; уметь разрабатывать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач; уметь анализировать постановки и обоснования задач научной и проектно-технологической деятельности; планировать научно-исследовательскую деятельность.

Задачами освоения дисциплины являются:

способность применять математические модели и методы математического моделирования при анализе проблем в различных областях науки и техники на основе глубоких знаний фундаментальных математических дисциплин и компьютерных наук; способность к разработке и реализации методов компьютерного моделирования, вычислительных методов и алгоритмов при решении сложных математических задач.

### **2. Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина относится к разделу "Дисциплины профиля подготовки", части, формируемой участниками образовательных отношений, элективные дисциплины 2. Блок 1.

Для изучения данной дисциплины требуются предварительные знания: линейной алгебры; теории вероятностей, математической статистики.

Данная дисциплина необходима для изучения дисциплины "Методы идентификации динамических систем".

### **3. Объем дисциплины:**

5 зач. единиц, 180 академических часов, **в том числе:**

**контактная аудиторная работа:** лабораторная работа 64 часов; в т.ч. практическая подготовка 15 часов.

контактная внеаудиторная работа:

**самостоятельная работа** 116 часов, в том числе контроль 32 часа.

#### **4. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Способен собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям	ПК-1.1 Знает методы поиска информации, необходимой для проведения современных научных исследований ПК-1.2 Обрабатывает и интерпретирует данные современных научных исследований ПК-1.3 Формирует выводы по научным исследованиям на основе соответствующих данных
ПК-4 Способен использовать современные методы разработки алгоритмов и программного обеспечения для выполнения расчетов на базе математических моделей	ПК-4.1 Разрабатывает алгоритмы решения задач на базе математических моделей ПК-4.2 Разрабатывает программное обеспечение для реализации алгоритмов решения задач на базе математических моделей

**6. Форма промежуточной аттестации – экзамен, РГР (6 семестр).**

**7. Язык преподавания русский**

**II. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)				Самостоя тельная работа, в том числе Контроль (час.)
		Лекции	Лабораторные работы		Контроль самостоятельной работы	
			всего	В т.ч. практическая подготовка		
Место и роль статистических методов оценивания параметров в задачах управления. Задача оценивания в общей постановке. Типы методов оценки параметров. Точностные характеристики методов оценки.	45	0	16	5	0	29

<p>Фильтр Калмана.  Постановка задачи и исходные данные.  Критерий оптимальности.  Эволюция статистических моментов второго порядка.  Прогнозирование оцениваемых параметров.  Вывод уравнений для определения рекуррентных выражений расчета оцениваемых параметров и корреляционной матрицы оценок. Численные примеры и практическое применение фильтра Калмана.</p>	45	0	16	2	0	29
<p>Экспоненциальный фильтр. Основная теорема экспоненциального сглаживания.  Выбор начальных условий.  Прогнозирование.  Численные примеры.</p>	45	0	16	3	0	29
<p>Метод минимальных модулей . Постановка задачи и критерий оптимальности. Методы решения уравнений для оценки параметров метода минимальных модулей.  Численные примеры.</p>	45	0	16	5	0	29
<b>ИТОГО</b>	<b>180</b>	<b>0</b>	<b>64</b>	<b>15</b>	<b>0</b>	<b>116</b>

### III. Образовательные технологии

Учебная программа – наименование разделов и тем <i>(в строгом соответствии с разделом II РПД)</i>	Вид занятия	Образовательные технологии
Место и роль статистических методов оценивания параметров в задачах управления. Задача оценивания в общей постановке. Типы методов оценки параметров. Точностные характеристики методов оценки.	Лабораторные работы	1. Изложение теоретического материала. 2. Решение задач.
Фильтр Калмана. Постановка задачи и исходные данные. Критерий оптимальности. Эволюция статистических моментов второго порядка. Прогнозирование оцениваемых параметров. Вывод уравнений для определения рекуррентных выражений расчета оцениваемых параметров и корреляционной	Лабораторные работы	1. Изложение теоретического материала. 2. Решение задач.

<p>Экспоненциальный фильтр. Основная теорема экспоненциального сглаживания. Выбор начальных условий. Прогнозирование. Численные примеры.</p>	<p>Лабораторные работы</p>	<p>1. Изложение теоретического материала. 2. Решение задач.</p>
<p>Метод минимальных модулей. Постановка задачи и критерий оптимальности. Методы решения уравнений для оценки параметров метода минимальных модулей. Численные примеры.</p>	<p>Лабораторные работы</p>	<p>1. Изложение теоретического материала. 2. Решение задач.</p>

#### **IV. Оценочные материалы для проведения текущей и промежуточной аттестации**

**ПК-1** Способен собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям

ПК-1.1 Знает методы поиска информации, необходимой для проведения

проведен недостаточно полно- 1 балл.

2. Сбор информации по методу минимальных модулей.

Дан полный обзор информации по данному научному направлению-2 балла;

Обзор проведен и достаточно полно- 1 балл.

современных научных исследований

1. Поиск информации по теории фильтра Калмана.

Дан полный обзор информации по данному научному направлению-2 балла;

Обзор ПК-1.2 Обработывает и интерпретирует данные современных научных исследований

1. Написать реферат по применению экспоненциального фильтра в практических задачах.

Оригинальность текста по данной теме составляет свыше 75% - 5баллов,

оригинальность текста составляет 50-74 % - 4 балла,

оригинальность текста составляет менее 25% - 3 балла.

2. Написать реферат по практическим применениям фильтра Калмана.

Оригинальность текста по данной теме составляет свыше 75% - 5баллов,

оригинальность текста составляет 50-74 % - 4 балла,

оригинальность текста составляет менее 25% - 3 балла.

ПК-1.3. Формирует выводы по научным исследованиям на основе соответствующих данных

1. Провести анализ численных методов решения уравнений методом наименьших модулей.

Дан правильный подробный анализ-2балла,

дан краткий анализ или содержит неточности-1 балл.

2. Провести анализ статистических методов оценивания параметров в практических задачах.

Дан правильный подробный анализ-2балла,

дан краткий анализ или содержит неточности-1 балл.

**ПК-4** Способен использовать современные методы разработки алгоритмов и программного обеспечения для выполнения расчетов на базе математических моделей

Пк-4.1 Разрабатывает алгоритмы решения задач на базе математических моделей

1. Разработать алгоритмы математических моделей оценки параметров случайных процессов для дискретного фильтра Калмана.



Имеется полный верный алгоритм математической модели –5 баллов,  
дан верный алгоритм математической модели, но получен неправильный  
ответ из-за арифметической ошибки – 4 балла,  
имеется неверное построение алгоритма из-за логической ошибки  
-3 балла,  
в построении алгоритма имеются арифметические и логические ошибки  
-2-балла.

2. Разработать алгоритмы математической модели для решения задач  
оценки параметров методом многократного экспоненциального сглаживания.  
Имеется полный верный алгоритм математической модели –5 баллов,  
дан верный алгоритм математической модели, но получен неправильный  
ответ из-за арифметической ошибки – 4 балла,  
имеется неверное построение алгоритма из-за логической ошибки  
–3 балла,  
в построении алгоритма имеются арифметические и логические ошибки  
-2-балла.

ПК-4.2 Разрабатывает программное обеспечение для реализации алгоритмов  
решения задач на базе математических моделей

1. Разработать программное обеспечение для реализации алгоритмов  
математической модели оптимальной линейной фильтрации непрерывных  
случайных процессов.

Разработано полностью и верно программное обеспечение математической  
модели –5 баллов:

разработано правильное программное обеспечение математической модели,  
но содержит арифметическую ошибку – 4 балла,  
имеется неверное построение программного обеспечения из-за логической  
ошибки –3 балла,  
в программном обеспечении имеются арифметические и логические ошибки  
-2-балла.

2. Разработать программное обеспечение для реализации алгоритмов математических моделей оценки параметров дискретным фильтром Калмана.

Разработано полностью и верно программное обеспечение математической модели –5 баллов:

разработано правильное программное обеспечение математической модели, но содержит арифметическую ошибку – 4 балла,

имеется неверное построение программного обеспечения из-за логической ошибки –3 балла,

в программном обеспечении имеются арифметические и логические ошибки -2-балла.

#### **V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

##### 1) Рекомендуемая литература

а) основная литература:

1. Кацман Ю. П. Теория вероятностей, математическая статистика и случайные процессы: учебник. - Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2013. - [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=442107>
2. Матальцкий М.А. Теория вероятностей, математическая статистика и случайные процессы: учебное пособие / М.А. Матальцкий, Г.А. Хацкевич. – Минск: Выш. шк., 2012. – 720 с.: ил. - ISBN 978-985-06-2105-4. –  
Электронный ресурс. - Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=508401>
3. Аркашов Н. С. Теория вероятностей и случайные процессы / Н. С. Аркашов, А.П. Ковалевский. - Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет (НГТУ), 2014. - 238 с. - ISBN 9785778223820.  
Режим доступа:  
<http://znanium.com/go.php?id=546213>

б) Дополнительная литература:

1. Бородин А.Н. Случайные процессы: учебное пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2013. — 640 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/12935>
2. Лубенцова Е.В. Системы управления с динамическим выбором структуры, нечеткой логикой и нейросетевыми моделями: монография / Е.В. Лубенцова. - Ставрополь : СКФУ, 2014. - 248 с.: ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-88648-902-6 ;[Электронный ресурс]. –Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457413>
4. 2) Программное обеспечение
5. а) Лицензионное программное обеспечение

Помещение для самостоятельной работы обучающихся: Компьютерный класс №3 факультета ПМиК № 243 170002, Тверская обл., г.Тверь, Садовый переулок, д.35	Foxit Reader - бесплатно Google Chrome - бесплатно Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows – Акт на передачу прав №2129 от 25 октября 2016 г. Lazarus 1.4.0 - бесплатно Mathcad 15 M010 - Акт предоставления прав ИС00000027 от 16.09.2011 MATLAB R2012b - Акт предоставления прав № Us000311 от 25.09.2012 Microsoft Visual Studio Ultimate 2013 - Акт предоставления прав № Tr035055 от 19.06.2017 MySQL Workbench 6.3 CE - бесплатно NetBeans IDE 8.0.2 - бесплатно Notepad++ - бесплатно OpenOffice - бесплатно Python 3.4.3 - бесплатно Microsoft Windows 10 Enterprise - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017 MS Office 365 pro plus - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017
--	---

- 6.
7. б) Свободно распространяемое программное обеспечение
8. 3) Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:
9. 1. ЭБС «ZNANIUM.COM» [www.znanium.com](http://www.znanium.com);
- 10.2. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <https://biblioclub.ru/>;
- 11.3. ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com>.

- 12.4) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Ин-тернет», необходимых для освоения дисциплины:
13. Интернет – университет [http:// www. Intuit.ru](http://www.Intuit.ru).

## **VI. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины**

### **1.Лабораторные работы**

1. Оценка параметров фильтром Калмана второго порядка.
2. Оценка параметров линейной регрессии суммы двух экспонент фильтром Калмана.
3. Оценка параметров линейной регрессии тригонометрических функций фильтром Калмана.
4. Оценка параметров полинома четвертой степени экспоненциальным фильтром.
5. Оценка параметров гиперболических функций методом минимальных модулей.
6. Оценка параметров логистического уравнения фильтром Калмана .
7. Оценка параметров фильтром Калмана при коррелированных ошибках измерений.
- 8 Оценка параметров экспоненциальным фильтром третьего порядка.
- 9.Оценка параболы третьего порядка методом минимальных модулей.

### **2. Контрольные вопросы для проведения экзамена**

- 1.Уравнения состояния и наблюдения фильтра Калмана.
- 2.Уравнения экстраполяции параметров и ковариационной матрицы ошибок.
- 3.Рекуррентные уравнения дискретного фильтра Калмана.
- 4.Функция правдоподобия.
5. Функция апостериорного распределения вектора оцениваемых параметров.
- 6.Первая лемма обращения матриц.
- 7.Вторая лемма обращения матриц.

8. Вывод соотношений последовательной оценки параметров фильтра Калмана.

9. Теорема о нормальной корреляции.

10. Многократное экспоненциальное сглаживание.

11. Основная теорема экспоненциального сглаживания.

12. Вывод уравнений медианного фильтра.

13. Вывод уравнения для оценки параметров методом минимальных модулей.

### **3. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы и лабораторных работ**

**Тема 1.** Место и роль статистических методов оценивания параметров в задачах управления. Методы и алгоритмы оценивания параметров для непрерывных систем. Рекуррентные методы и алгоритмы оценивания параметров динамических систем. Написание отчета по данной теме.

Основ. лит-ра (1). Доп. лит-ра (3,4).

**Тема 2.** Фильтр Калмана. Разработка вычислительных алгоритмов и выполнение вычислительных экспериментов по оценке параметров инерционного звена дискретным фильтром Калмана с использованием пакетов MATLAB, MAPLE. Основ. лит-ра (1). Доп. лит-ра (2, 4).

**Тема 3.** Экспоненциальный фильтр. Разработка алгоритма и выполнение вычислительного эксперимента по оценке параметров полинома четвертой степени с использованием пакетов MATLAB, MAPLE.

Доп. лит-ра (1,2,3).

**Тема 4.** Метод минимальных модулей. Разработка алгоритма оценки параметров полинома заданной степени методом последовательных приближений. Проведение вычислительных экспериментов с использованием пакетов MATLAB, MAPLE, Доп. лит-ра (1,5).

### **4. Требования к рейтинг-контролю**

Контроль знаний проводится в три этапа (два модуля и экзамен), за которые для получения положительной оценки необходимо набрать более 50 баллов. Максимально возможный балл за дисциплину равен 100. За

первые два модуля максимально можно набрать 60 баллов. За экзамен максимально можно набрать 40 баллов.

## VII. Материально-техническое обеспечение

Для аудиторной работы.

<p>Учебная аудитория № 310 (170002, Тверская обл., г.Тверь, Садовый переулок, д.35)</p>	<p>Ауд. 310 приспособлена для проведения лекционных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации и оснащена комплектом учебном мебели и меловой доской.</p>
<p>Учебная аудитория № 304 (170002, Тверская обл., г.Тверь, Садовый переулок, д.35)</p>	<p>Ауд. 304 приспособлена для проведения лекционных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации и оснащена набором учебной мебели, меловой доской, проекционным оборудованием (мультимедийный проектор Casio XJ-N2650 с потолочным креплением и моториз.экраном), звуковым оборудованием (радиосистема Shure PG288/PG58, петличный радиомикрофон AKG WMS40Pro, стационарный микрофон SOUNDKING EG002 с настольным держателем, усилитель Roxton AA-120, микшер Mackie 402 VLZ, акустическая система Roxton MS-40T 000000000008641 (4 шт.)), ноутбуком ASUS "N45SF", шкафом напольным 19".</p>

Для самостоятельной работы.

<p>Помещение для самостоятельной работы обучающихся: Компьютерный класс №3 факультета ПМиК № 243 170002, Тверская обл., г.Тверь, Садовый переулок, д.35</p>	<p>Персональные ЭВМ (компьютер (1. Системный блок Norbel в сборе: мат.плата Gigabyte GA-H110M-S2V, Процессор CPU Intel Pentium G4560 Kaby Lake, ОЗУ Crucial DDR4 DIMM 4GB CT4G4DFS8213, твердотельный накопитель Patriot SSD 256Gb Spark PSK256GS25SSDR, Блок питания 350w) (2. Мышь Oklick 185M черный оптическая (800dpi) USB) (3. Клавиатура Oklick 130M черный USB) (4. Коврик BURO BU-M90002 автомобиль для мыши, пластиковый, 230x180x2мм) (5. Монитор LCD BenQ 21.5" GW2270HM) – 12 штук.</p>
---	--

## VIII. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины

п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины	Описание внесенных изменений	Реквизиты документа, утвердившего

			<b>изменения</b>
1.	I. 3. Объем дисциплины	Выделение часов на практическую подготовку	От 29.10.2020 года, протокол № 3 ученого совета факультета
2.	II. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий	Выделение часов на практическую подготовку по темам	От 29.10.2020 года, протокол № 3 ученого совета факультета