

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

УТВЕРЖДЕНО  
решением ученого совета ННГУ  
протокол от "30"ноября 2022 г. №13

**Рабочая программа дисциплины**  
**«Современные информационно-оптимальные методы и модели**  
**в задачах обработки сигналов и изображений»**

Уровень высшего образования  
**Подготовка научных и научно-педагогических кадров**

Научные специальности

1.1.2. Дифференциальные уравнения и математическая физика, 1.1.4. Теория вероятностей и математическая статистика, 1.1.5. Математическая логика, алгебра, теория чисел и дискретная математика, 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела, 1.2.1. Искусственный интеллект и машинное обучение, 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, 1.3.11. Физика полупроводников, 1.3.19. Лазерная физика, 1.3.4. Радиофизика, 1.3.7. Акустика, 1.3.8. Физика конденсированного состояния, 1.4.1. Неорганическая химия, 1.4.2. Аналитическая химия, 1.4.3. Органическая химия, 1.4.4. Физическая химия, 1.4.7. Высокомолекулярные соединения, 1.4.8. Химия элементоорганических соединений, 1.5.11. Микробиология, 1.5.15. Экология, 1.5.2. Биофизика, 1.5.21. Физиология и биохимия растений, 1.5.5. Физиология человека и животных, 2.2.2. Электронная компонентная база микро и наноэлектроники, квантовых устройств, 3.2.7. Аллергология и иммунология, 5.1.1. Теоретико-исторические правовые науки, 5.1.2. Публично-правовые (государственно-правовые) науки, 5.1.3. Частно-правовые (цивилистические) науки, 5.1.4. Уголовно-правовые науки, 5.1.5. Международно-правовые науки, 5.12.1. Междисциплинарные исследования когнитивных процессов, 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика, 5.2.4. Финансы, 5.2.6. Менеджмент, 5.3.7. Возрастная психология, 5.4.2. Экономическая социология, 5.4.4. Социальная структура, социальные институты и процессы, 5.4.6. Социология культуры, 5.4.7. Социология управления, 5.5.2. Политические институты, процессы, технологии, 5.5.4. Международные отношения, глобальные и региональные исследования, 5.6.1. Отечественная история, 5.6.2. Всеобщая история, 5.6.7. История международных отношений и внешней политики, 5.7.1. Онтология и теория познания, 5.8.2. Теория и методика обучения и воспитания, 5.8.7. Методология и технология профессионального образования, 5.9.2. Литературы народов мира, 5.9.5. Русский язык. Языки народов России, 5.9.6. Языки народов зарубежных стран (с указанием конкретного языка или группы языков), 5.9.9. Медиакоммуникации и журналистика

Нижегород  
2023 год

### 1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Современные информационно-оптимальные методы и модели в задачах обработки сигналов и изображений» является факультативной дисциплиной и изучается на 2 году обучения в 4 семестре.

#### Цели освоения дисциплины:

Радиотехника и электроника; Данный курс направлен на формирование у обучающегося в аспирантуре углубленных знаний в области современных методов и программных средств обработки сигналов и изображений, получаемых в ходе проведения физического эксперимента, включая разделы, относящиеся моделям, методам и средствам их обработки при наличии различных типов искажений, шумов и помех, интерпретации и представления результатов. Основное внимание уделяется моделям и методам обработки на основе оптимальных и информационно-оптимальных функционалов и критериев.

Дисциплина «Современные информационно-оптимальные методы и модели в задачах обработки сигналов и изображений» опирается на знания, умения, навыки и компетенции, сформированные на двух предшествующих уровнях образования

- Математика (математический анализ, линейная алгебра, векторный и тензорный анализ, теория вероятностей и математическая статистика);
- Информатика (численные методы);
- Информационные технологии;
- Информационные системы обработки многомерных данных.

### 3. Структура и содержание дисциплины.

Объем дисциплины (модуля) составляет всего - 36 часов, из которых 36 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа – 18 часа, 18 часа – занятия семинарского типа).

**Таблица 2**

**Структура дисциплины**

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
	Очное					
1. Современные методы обнаружения, реконструкции и оценки параметров сигналов	36	6	-	8	14	24
2. Реконструкция сигналов и экспериментальных данных на основе информационно-оптимальных алгоритмов	33	6	-	4	10	23
3. Методы нелинейного спектрального анализа в задачах обнаружения и оценивания параметров сигналов	35	6	-	6	12	23

В т.ч.текущий контроль	2
Промежуточная аттестация – зачет	

**Таблица 3**

**Содержание дисциплины**

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование раздела дисциплины</b>	<b>Содержание раздела</b>	<b>Форма проведения занятий</b>	<b>Форма текущего контроля</b>
1	Виды многомерных сигналов и систем. Специфика задач обработки многомерных данных.	Основные понятия и определения. Модели принятия решений в задачах обнаружения и оценивания параметров. Прямые и обратные задачи обработки сигналов и изображений.	Лекция	-
2	Линейные модели и алгоритмы обработки сигналов и изображений.	Специфика цифровой обработки, характеристики линейных систем обработки данных. Фильтрация и предварительная обработка данных. Авторегрессионные модели сигналов и случайных процессов.	Лекция, практические занятия	Представление результатов компьютерного моделирования
3	Линейная и нелинейная цифровая фильтрация.	Линейное предсказание на основе решения задачи на собственные числа автокорреляционной матрицы. Применение субоптимальных цифровых фильтров при обработке ФМн и ЧМн сигналов. Нейросетевые алгоритмы в обработке сигналов.	Лекция, практические занятия.	Контрольные вопросы. Представление результатов компьютерного моделирования.
4	Нелинейные методы решения обратных задач реконструкции сигналов и изображений.	Определение временной задержки на основе метода адаптивной нелинейной фильтрации сигналов. Методы обработки данных, основанные на анализе эволюции топологии поверхности тел.	Лекция, практические занятия. Индивидуальные консультации.	Представление результатов компьютерного моделирования
5	Информационные функционалы, применение к задачам обработки, улучшения качества и реконструкции многомерных данных.	Математические основы решения задач в условиях недостаточной информации. Информационные функционалы, метод максимальной энтропии. Информационно-	Лекция, практические занятия. Индивидуальные консультации.	Контрольные вопросы

		оптимальный подход к синтезу фильтров. Применение принципа максимальной энтропии в итерационных алгоритмах реконструкции изображений.		
6	Методы цифрового нелинейного спектрального оценивания сигналов и изображений с использованием информационно-оптимальных подходов.	Спектральная оценка методом максимальной энтропии на основе прямого вычисления множителей Лагранжа (метод инверсии). Аналитическое выражение для оценки спектров сигналов на основе байесовского подхода.	Лекция, практические занятия. Индивидуальные консультации.	Представление результатов компьютерного моделирования
7	Применение методов нелинейного спектрального оценивания к обработке сигналов.	Оценивание параметров на основе нелинейного спектрального анализа. Формирование приемных диаграмм направленности антенных систем. Построение функции неопределенности на основе нелинейного спектрального преобразования. Реализация метода максимальной энтропии в задачах обращения свертки.	Лекция, практические занятия. Индивидуальные консультации.	Представление результатов компьютерного моделирования. Сравнительный анализ линейных и нелинейных алгоритмов.

#### **4. Формы организации и контроля самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа обучающихся предполагает изучение конспектов лекций, выделенных разделов основной литературы, а также дополнительной литературы, подготовку устного доклада (публичного выступления), подготовку к промежуточной аттестации.

Перечень основной и дополнительной литературы для самостоятельного изучения приведен в п. 7 настоящей Рабочей программы дисциплины.

Контрольные вопросы для промежуточной аттестации, примерные темы для устного доклада (публичного выступления) приведены в п. 6.4 настоящей Рабочей программы дисциплины.

#### **5. Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине**

##### ***5.1. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.***

При выполнении всех работ учитываются следующие **основные критерии**:

- уровень теоретических знаний (подразумевается не только формальное воспроизведение информации, но и понимание предмета, которое подтверждается правильными ответами на дополнительные, уточняющие вопросы, заданные экзаменаторами);
- умение использовать теоретические знания при анализе конкретных проблем, ситуаций;
- качество изложения материала, то есть обоснованность, четкость, логичность ответа, а также его полнота (то есть содержательность, не исключающая лаконичности);
- способность устанавливать внутри- и межпредметные связи,
- оригинальность мышления, знакомство с дополнительной литературой и другие факторы.

### ***Описание шкалы оценивания на промежуточной аттестации в форме экзамена***

#### ***Описание шкалы оценивания на промежуточной аттестации в форме зачета***

<b>Оценка</b>	<b>Уровень подготовленности, характеризуемый оценкой</b>
<i>Зачтено</i>	владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, умение самостоятельно обозначить проблемные ситуации в организации научных исследований, способность критически анализировать и сравнивать существующие подходы и методы к оценке результативности научной деятельности, свободное владение источниками, умение четко и ясно излагать результаты собственной работы, следовать нормам, принятым в научных дискуссиях.
<i>Не зачтено</i>	непонимание смысла ключевых проблем, недостаточное владение науковедческой терминологией, неумение самостоятельно обозначить проблемные ситуации, неспособность анализировать и сравнивать существующие концепции, подходы и методы, неумение ясно излагать результаты собственной работы, следовать нормам, принятым в научных дискуссиях.

### ***5.2. Примеры типовых контрольных заданий или иных материалов, используемых для оценивания результатов обучения по дисциплине***

5.2.1. При проведении зачета обучающимся предлагаются следующие контрольные вопросы, охватывающие программу дисциплины

1. Классификация типов задач обнаружения и оценивания параметров сигналов
2. Модели принятия решений в задачах обнаружения и оценивания параметров
3. Линейная оптимальная фильтрация
4. Нелинейная и адаптивная фильтрация
5. Методы обнаружения сигналов на фоне помех
6. Критерии оптимального обнаружения сигналов
7. Теоретические оценки точности определения параметров на основе неравенства Крамера-Рао
8. Линейное предсказание на основе решения задачи на собственные числа автокорреляционной матрицы
9. Линейное предсказание в задачах демодуляции радиосигналов
10. Определение временной задержки на основе метода адаптивной нелинейной фильтрации сигналов
11. Информационно-оптимальный подход к синтезу фильтров

12. Общая схема использования информационных функционалов в задачах синтеза субоптимальных фильтров
13. Применение субоптимальных цифровых фильтров при обработке ФМн и ЧМн сигналов
14. Алгоритм нелинейной цифровой фильтрации гармонического заполнения фазоманипулированных сигналов
15. Нейросетевые алгоритмы в обработке сигналов
16. Реконструкция сигналов на основе принципа МЭ
17. Формализм информационно-оптимального подхода к обработке сигналов и изображений
18. Восстановление изображений, искаженных ядром типа свертки на основе принципа максимальной энтропии
19. Вычислительно эффективный алгоритм реализации метода максимальной энтропии в задачах обращения свертки
20. Линейные методы спектрального анализа
21. Методы нелинейного спектрального оценивания
22. Спектральная оценка методом максимальной энтропии на основе прямого вычисления множителей Лагранжа (метод инверсии)
23. Применение методов нелинейного спектрального оценивания к обработке сигналов
24. Спектральные методы в задачах определения взаимной временной задержки сигналов

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

### **а) основная литература:**

1. Радиотехнические системы: учебник для вузов. / Под ред. Ю.М. Казаринова – М.: Высшая школа, 1990. – 496 с.  
(<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=328942&DB=1> 3 экз)
2. Марпл С.Л. мл. Цифровой спектральный анализ и его приложения. – М.: Мир, 1990.  
(<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=37042> 1 экз)
3. Сизиков В.С. Математические методы обработки результатов измерений. – СПб.: Политехника, 2001. (<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=47232> 1 экз)
4. Магазинникова А.Л. Основы цифровой обработки сигналов. Учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2016. – 132 с. – Режим доступа: [https://e.lanbook.com/book/76274#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/76274#book_name)

### **б) дополнительная литература:**

1. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. – СПб.: Питер, 2003. – 608 с.  
(<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=58864&DB=1> 1 экз)
2. Дмитриев В.И. Прикладная теория информации. – М.: Высш. шк., 1989. – 319 с.  
(<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=325655> 2 экз)
3. Бендат Дж., Пирсол А. Прикладной анализ случайных данных. – М.: Мир, 1989. – 540 с. (<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=93406> 1 экз)
4. Овчинников П.Е. "Применение искусственных нейронных сетей для обработки сигналов". Учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский

госуниверситет, 2012. – 32 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.unn.ru/books/met\\_files/Ovch\\_ANN.pdf](http://www.unn.ru/books/met_files/Ovch_ANN.pdf)

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Пакет разработки приложений для операционной системы Windows Microsoft Visual Studio. (<http://www.visualstudio.com>)
2. Microsoft Developer Network Library. (<http://msdn.microsoft.com/library>)

**2. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

- помещения для проведения занятий: лекционного типа (оснащено мультимедийным проектором), компьютерный класс, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ННГУ, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций;
- лицензионное программное обеспечение
  - Microsoft Visual Studio средства создания компьютерных программ на языке C++.
  - Microsoft Office текстовый редактор и программы презентационной графики.

Автор  
профессор кафедры ИТФИ  
физического факультета ННГУ

\_\_\_\_\_Морозов О.А.

Рецензент  
Заведующий кафедрой ИТФИ,  
профессор

\_\_\_\_\_Фидельман В.Р.

Программа одобрена на заседании методической комиссии физического факультета от \_\_\_\_\_2022 года, протокол № б/н