

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор физтех-школы  
радиотехники и компьютерных  
технологий**

**Е.А. Белянко**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Нейронные сети в задачах радиолокации
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Радиотехника и компьютерные технологии Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра радиолокации, управления и информатики
<b>курс:</b>	4
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 8 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 15 час.

Всего часов: 45, всего зач. ед.: 1

Программу составил: Н.Е. Гайдученко, ассистент

Программа обсуждена на заседании кафедры радиолокации, управления и информатики 30.04.2021

## Аннотация

Программа курса включает обучение знаниям и навыкам в областях радиолокации, машинного обучения, глубокого обучения, создание нейросетевых моделей для решения задач распознавания, классификации и сопровождения баллистических и маневрирующих целей, экспертных систем на основе нейронных сетей, нейронных сетей в качестве вспомогательных модулей в блоках обработки радиолокационной информации (РЛИ).

В результате освоения дисциплины обучающийся узнает об этапах обработки РЛИ и применении нейронных сетей на каждом этапе, познакомится с архитектурами нейронных сетей для работы с РЛИ, узнает о программных решениях для проектирования моделей глубокого обучения, методы и программы для сбора и анализа научной литературы по нейронным сетям.

Обучающийся научится использовать нейросетевые методы в задачах обработки РЛИ, работать в команде, проектировать и программировать собственные модели глубокого обучения для обработки РЛИ, получит базовые навыки ведения научного поиска литературы в специализированных программах, её анализа и использования для проектирования нейронных сетей.

Обучающийся будет владеть терминами и методами, используемыми на пересечении областей глубокого обучения и радиолокации, способен самостоятельно искать и анализировать научные статьи по нейронным сетям, проектировать и программировать собственные нейронные сети для обработки РЛИ.

## 1. Цели и задачи

### Цель дисциплины

Целью освоения дисциплины «Нейронные сети в задачах радиолокации» являются приобретение обучающимися знаний о применении нейронных сетей и других методов машинного обучения в обработке радиолокационной информации, навыков по разработке собственных нейросетевых моделей для обработки РЛИ.

### Задачи дисциплины

- Формирование базовых знаний о возможностях применения нейронных сетей на различных этапах обработки радиолокационной информации (РЛИ), существующих на данный момент архитектурах нейронных сетей для обработки РЛИ.
- Обучение студентов использованию нейросетевых методов в задачах обработки РЛИ, проектированию и программированию собственных моделей глубокого обучения для обработки РЛИ.
- Получение студентами навыков ведения научного поиска литературы по машинному обучению в специализированных программах, её анализа и использования для проектирования нейронных сетей.

## 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
	УК-1.4 Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки
	УК-1.5 Определяет и оценивает практические последствия возможных вариантов решения задачи
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук и использовать их в	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки

естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	ОПК-2.1 Способен применять современные вычислительную технику и сервисы сети Интернет в области (сфере) профессиональной деятельности
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- этапы обработки РЛИ и варианты применения нейронных сетей на каждом этапе;
- архитектуры нейронных сетей для работы с РЛИ;
- программные решения для проектирования моделей глубокого обучения;
- методы и программы для сбора и анализа научной литературы по нейронным сетям.

уметь:

- эффективно использовать на практике законы, понятия, суждения, умозаключения;
- использовать нейросетевые методы в задачах обработки РЛИ;
- проектировать и программировать собственные модели глубокого обучения для обработки РЛИ;
- вести научный поиск литературы в специализированных программах, анализировать и использовать ее для проектирования нейронных сетей.

владеть:

- методами, используемыми в пересечении областей глубокого обучения и радиолокации;
- навыками самостоятельного поиска и анализа научных статей по нейронным сетям, проектирования и программирования собственных нейронных сетей для обработки РЛИ.

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

#### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Принципы использования нейросетевых технологий при обработке РЛИ	4			1
2	Методы ведения научного поиска и анализа литературы по нейронным сетям	4			3
3	Архитектуры нейросетей для обработки РЛИ	4			2

4	Программные средства для проектирования и обучения нейронных сетей	4			4
5	Нейросетевые методы формирования и сопровождения траекторий целей	4			1
6	Нейросетевые методы классификации целей	4			1
7	Нейросетевые методы обработки SAR-изображений	2			1
8	Нейросетевые экспертные системы в задачах радиолокации	2			1
9	Аппаратные акселераторы вычислений для поддержки нейросетевых методов при решении задач обработки РЛИ.	2			1
Итого часов		30			15
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		45 час., 1 зач.ед.			

#### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 8 (Весенний)

##### 1. Принципы использования нейросетевых технологий при обработке РЛИ

Необходимость полной автоматизации обработки информации в РЛС. Анализ основных этапов обработки РЛИ в радиолокаторах. Анализ недостатков сложившейся методологии синтеза методов обработки РЛИ. Применения зарубежного опыта для обработки РЛИ.

##### 2. Методы ведения научного поиска и анализа литературы по нейронным сетям

Обзор сайтов для поиска литературы. Обзор reference-менеджеров (программ). Обучение работе в Zotero. Знакомство с Zettelkasten. Знакомство с Obsidian.

##### 3. Архитектуры нейросетей для обработки РЛИ

История развития нейронных сетей. Многослойный перцептрон. Ассоциативная сеть Хопфилда. Самоорганизующиеся карты признаков Кохонена. Глубокие нейронные сети. Свёрточные нейронные сети. Рекуррентные нейронные сети. Архитектуры Transformer и вариационные автокодировщики.

##### 4. Программные средства для проектирования и обучения нейронных сетей

Обзор популярных библиотек глубокого обучения. Инструменты для контроля обучения нейронных сетей и учёта экспериментов. Данные для обучения нейронных сетей. Пример проектирования и обучения нейронной сети.

##### 5. Нейросетевые методы формирования и сопровождения траекторий целей

Анализ традиционных методов сопровождения целей. Основы предсказания траекторий движения целей. Постановка задачи сопровождения цели. Многослойный перцептрон для предсказания траекторий. Рекуррентные нейронные сети для предсказания траекторий. Transformer-нейросети для предсказания траекторий. Вариационные автокодировщики для предсказания траекторий. Свёрточные нейросети для предсказания траекторий.

## 6. Нейросетевые методы классификации целей

Постановка задачи классификации целей. Многослойный перцептрон для классификации целей. Свёрточные нейронные сети для классификации целей. Рекуррентные нейронные сети для классификации целей.

## 7. Нейросетевые методы обработки SAR-изображений

Изображения с подвижных радаров с синтезированной апертурой. Традиционные методы обработки SAR-изображений. Нейросетевые методы обработки SAR-изображений. Обзор нейросетевых улучшений традиционных методов обработки SAR-изображений.

## 8. Нейросетевые экспертные системы в задачах радиолокации

Обзор методов оценки ситуационной обстановки. Нейронные сети в качестве экспертных систем. Анализ задачи комплексирования информации от нескольких источников. Нейронные сети в задачах анализа и оценки обстановки.

9. Аппаратные акселераторы вычислений для поддержки нейросетевых методов при решении задач обработки РЛИ.

Реализация нейросетевых парадигм на традиционных процессорах. Вычисления на графических сопроцессорах, CUDA. Специализированные нейропроцессоры и платы.

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

Стандартная аудитория для лекций, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система). Доступ к Интернету.

## 6. Перечень рекомендуемой литературы

### Основная литература

1. Нейронные сети в задачах радиолокации [Текст]/А. Л. Татузов, -М., Радиотехника, 2009
2. Brownlee J. Deep Learning for Time Series Forecasting. 574 с.

### Дополнительная литература

1. Richards Mark A. Principles of Modern Radar: Basic Principles. 2010, 962 с

## 7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. <http://lib.mipt.ru/> – электронная библиотека Физтеха
2. <http://www.edu.ru> – федеральный портал «Российское образование».
3. <http://benran.ru> –библиотека по естественным наукам Российской академии наук.
4. <https://obsidian.md>
5. <https://forum.obsidian.md>
6. <https://zotero.org>
7. <https://machinelearningmastery.com/>
8. <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>
9. <https://www.researchgate.net>
10. <https://pytorch.org>
11. <https://pytorch-lightning.readthedocs.io/en/stable/>

**8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Мультимедийные технологии, Python, Jupyter, Zotero, Obsidian, Microsoft Powerpoint.

**9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Успешное освоение курса «Нейронные сети в радиолокации» требует самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы,
- проработку учебного материала (по конспектам лекций, учебной и научной литературе);
- работа над проектным заданием по предложенным темам;
- подготовку к дифференцированному зачету.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в результате индивидуальных консультаций.

Показателем владения материалом служит умение ставить и решать задачи. Для формирования умения применять теоретические знания на практике студенту необходимо представить презентацию по выполненному самостоятельно проекту.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Радиотехника и компьютерные технологии Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра радиолокации, управления и информатики
<b>курс:</b>	4
<b>квалификация:</b>	бакалавр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 8 (весенний) - Дифференцированный зачет	
<b>Разработчик:</b>	Н.Е. Гайдученко, ассистент

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
	УК-1.4 Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки
	УК-1.5 Определяет и оценивает практические последствия возможных вариантов решения задачи
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	ОПК-2.1 Способен применять современные вычислительную технику и сервисы сети Интернет в области (сфере) профессиональной деятельности
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Нейронные сети в задачах радиолокации» обучающийся должен:

### знать:

- этапы обработки РЛИ и варианты применения нейронных сетей на каждом этапе;
- архитектуры нейронных сетей для работы с РЛИ;
- программные решения для проектирования моделей глубокого обучения;
- методы и программы для сбора и анализа научной литературы по нейронным сетям.

### уметь:

- эффективно использовать на практике законы, понятия, суждения, умозаключения;
- использовать нейросетевые методы в задачах обработки РЛИ;
- проектировать и программировать собственные модели глубокого обучения для обработки РЛИ;
- вести научный поиск литературы в специализированных программах, анализировать и использовать ее для проектирования нейронных сетей.

### владеть:

- методами, используемыми в пересечении областей глубокого обучения и радиолокации;
- навыками самостоятельного поиска и анализа научных статей по нейронным сетям, проектирования и программирования собственных нейронных сетей для обработки РЛИ.



### 3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия по теме прошлой лекции или в конце занятия по пройденной теме.

Для прохождения итоговой аттестации по курсу слушатель должен представить отчет в виде презентации о выполнении сквозного проекта «Нейронная сеть для обработки РЛИ». Выполнение сквозного проекта предполагает проектирование и реализацию в программном коде на языке Python модели машинного обучения, осуществляющей обработку и анализ РЛИ в рамках поставленной учебной задачи (темы проекта). Примеры тем проектов:

1. MLP для предсказания траекторий баллистической цели
2. RNN для предсказания траекторий баллистической цели
3. CNN для предсказания траекторий баллистической цели
4. Transformer для предсказания траекторий баллистической цели
5. CVAE для предсказания траекторий баллистической цели
6. CNN для классификации целей
7. CNN для обработки SAR-изображений
8. Усовершенствованный нейро-фильтр Калмана для сопровождения цели

Для выполнения проекта преподаватель предоставляет студентам наборы данных для обучения и тестирования моделей, методические материалы по программированию. На занятиях студенты получают от преподавателя рекомендации по выполнению работы, советы. При выполнении проекта студентам необходимо использовать методы и архитектуры, рассмотренные в ходе лекционных занятий. Результаты работы необходимо предоставить в виде презентации до зачёта. При невыполнении сквозного проекта итоговая оценка за предмет не превышает «хор.7».

### 4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Перечень контрольных вопросов для сдачи дифференцированного зачета:

1. Этапы обработки радиолокационной информации.
2. Традиционные методы обработки РЛИ на каждом этапе.
3. Методы научного поиска и анализа научной литературы. Инструменты для научного поиска.
4. Принципы Zettelkasten и суть системы. Инструменты для ведения Zettelkasten.
5. Виды архитектур нейронных сетей, используемых в задачах радиолокации.
6. Функции активации и их различия.
7. Алгоритм обратного распространения ошибки.
8. Алгоритмы обучения нейронных сетей.
9. Инструменты для проектирования, обучения нейронных сетей. Инструменты для учёта экспериментов.
10. Устройство многослойного перцептрона, принципы и особенности работы. Применение MLP в тракте обработки РЛИ.
11. Виды RNN, принципы и особенности работы. Применение RNN в тракте обработки РЛИ.
12. Принципы и особенности работы Transformer. Применение Transformer в тракте обработки РЛИ.
13. Принципы и особенности работы CVAE. Применение CVAE в тракте обработки РЛИ.
14. Традиционные алгоритмы сопровождения цели. Принцип работы фильтра Калмана.
15. Нейросетевые методы сопровождения цели.
16. Традиционные и нейросетевые методы классификации целей.
17. Традиционные и нейросетевые методы обработки SAR-изображений.
18. Традиционные и нейросетевые методы анализа и контроля обстановки.
19. Аппаратные средства реализации нейронных сетей. Алгоритмы обучения нейронных сетей.

## Критерии оценивания

Оценка отлично (10) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (9) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (8) выставляется студенту, показавшему систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо (7) выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо (6) выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо (5) выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно (4) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно (3) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно (2) выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно (1) выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

## 5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Дифференцированный зачет проводится в устной форме.

Для успешной сдачи дифференцированного зачёта, студенту требуется правильно ответить на контрольные вопросы и представить отчёт в виде презентации о выполненном сквозном проекте.

При проведении дифференциального зачета обучающемуся предоставляется 30-60 мин на подготовку. Разрешается пользоваться записями лекций, технической литературой, консультациями и вычислительной техникой.