

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

УТВЕРЖДЕНО
Заместитель директора

Ю.О. Соболев

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Глубокое обучение в науках о данных
по направлению:	Прикладная математика и информатика
профиль подготовки:	Науки о данных
	центр дополнительного, дополнительного профессионального и онлайн-образования "Пуск"
	центр дополнительного, дополнительного профессионального и онлайн-образования "Пуск"
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 28 всего, в том числе:

лекции: 2 час.

семинары: 26 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 167 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 225, всего зач. ед.: 5

Программу составил: К.А. Лапин, старший методист

Программа обсуждена на заседании центра дополнительного, дополнительного профессионального и
онлайн-образования "Пуск" 01.03.2025

Аннотация

На дисциплине студент научится решать прикладные задачи при помощи глубоких нейронных сетей. Дисциплина представляет собой введение в концепцию глубокой нейронной сети, направлен на изучение архитектур нейросетей и методик их применения для различных задач с последовательным вводом / выводом. Ориентирована на формирование системных знаний и компетенций, необходимых для профессиональной деятельности и проведения научно-исследовательской работы для решения прикладных задач.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- сформировать у студентов навыки решения прикладных задач при помощи глубоких нейронных сетей.

Задачи дисциплины

- изучить модель искусственного нейрона и искусственной нейронной сети;
- изучить алгоритмы обучения нейронных сетей;
- изучить популярные в настоящее время архитектуры глубоких нейронных сетей;
- изучить способы применения глубоких нейронных сетей для задач компьютерного зрения и анализа текстов;
- изучить программные системы обучения глубоких нейронных сетей.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
ОПК-3 Способен разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности	ОПК-3.1 Умеет анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Владеет исследовательскими методами и способен использовать их при решении новых задач, применяя знания из различных областей науки (техники)
	ОПК-3.4 Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте
ОПК-4 Способен комбинировать и адаптировать существующие информационно-коммуникационные технологии для решения задач в области профессиональной деятельности	ОПК-4.1 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для поиска и анализа профессиональной информации, выделения в ней главного, структурирования, оформления и представления в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями
	ОПК-4.2 Умеет применять знание информационно-коммуникационных технологий для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- процедуры критического анализа, методики анализа результатов исследования и разработки стратегий проведения исследований, организации процесса принятия решения;
- современные коммуникативные технологии на государственном и иностранном языках;
- современное программное и аппаратное обеспечение информационных и автоматизированных систем;
- принципы, методы и средства анализа и структурирования профессиональной информации;
- методы и средства разработки программного обеспечения, методы управления проектами разработки программного обеспечения, способы организации проектных данных, нормативно-технические документы (стандарты и регламенты) по разработке программных средств и проектов;
- современные информационно-коммуникационные и интеллектуальные технологии, инструментальные среды, программно-технические платформы для решения профессиональных задач.

уметь:

- принимать конкретные решения для повышения эффективности процедур анализа проблем, принятия решений и разработки стратегий;
- применять на практике коммуникативные технологии, методы и способы делового общения;
- разрабатывать программное и аппаратное обеспечение информационных и автоматизированных систем для решения профессиональных задач;
- анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров;
- выбирать средства разработки, оценивать сложность проектов, планировать ресурсы, контролировать сроки выполнения и оценивать качество полученного результата;
- обосновывать выбор современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, разрабатывать оригинальные программные средства для решения профессиональных задач.

владеть:

- методами установления причинно-следственных связей и определения наиболее значимых среди них; методиками постановки цели и определения способов ее достижения; методиками разработки стратегий действий при проблемных ситуациях;
- навыками межличностного делового общения на государственном и иностранном языках, с применением профессиональных языковых форм и средств;
- методами модернизации программного и аппаратного обеспечения информационных и автоматизированных систем для решения профессиональных задач;
- навыками подготовки научных докладов, публикаций и аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями;
- методами разработки технического задания, составления планов, распределения задач, тестирования и оценки качества программных средств;
- методами разработки оригинальных программных средств, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач.

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	Введение в нейронные сети	2	4		33
2	Фреймворки для глубокого обучения		5		34

3	Сверточные нейронные сети		7		33
4	Задача оптимизации		5		33
5	Finetuning & Transfer Learning		5		34
Итого часов		2	26		167
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		225 час., 5 зач.ед.			

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

Семестр: 2 (Весенний)

1. Введение в нейронные сети

Как строить нейронные сети. Какие типы нейронных сетей бывают. Где сегодня применяются нейронные сети.

2. Фреймворки для глубокого обучения

Работа с фреймворком для нейросетей Tensorflow. Реализация нейросетей на Python.

3. Сверточные нейронные сети

Понятие сверточной сети, свертки. Архитектура сверточной сети.

4. Задача оптимизации

Введение. Функции активации. Инициализация весов. Влияние learning rate и масштаба признаков на сходимость. Batch-нормализация. Dropout-регуляризация. Производная функции. Стохастический градиентный спуск (SGD). Adam — Adaptive Moment Estimation. Матричные операции.

5. Finetuning & Transfer Learning

Введение. Как получить такие картинки. Перенос обучения. Fine-tuning. Автокодировщики. Up-pooling. Поиск похожих изображений. Быстрый KNN. Пространство представлений

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

Занятия проходят с использованием дистанционных образовательных технологий.

6.Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Глубокое обучение / Я. Гудфеллоу, И. Бенджио, А. Курвилль . — Москва, ДМК Пресс, 2018.— URL: <https://e.lanbook.com/book/107901> (дата обращения: 29.01.2021). - Полный текст (Режим доступа : из сети МФТИ / Удаленный доступ)
2. Нейронные сети [Текст] : полный курс / С. Хайкин ; пер. с англ. Н. Н. Кусскуль, А. Ю. Шелестова ; под ред. Н. Н. Кусскуль .— 2-е изд., испр. — М. : Вильямс, 2006 .— 1103 с.

Литература из средств кафедры:

1. Барский А.Б. Логические нейронные сети : учебное пособие / Барский А.Б.. — Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2020. — 491 с. — ISBN 978-5-4497-0661-4.
2. Петровичев, Е. И. Введение в искусственные нейронные сети : учеб. пособие по дисц. "Нейротехнологии в управлении" / Е. И. Петровичев ; МГГУ, Каф. автоматизированных систем управления . — М. : Изд-во МГГУ, 2008 . — 85 с. : ил. +

Дополнительная литература

1. Нейронные сети: основы теории [Текст], [монография]/А. И. Галушкин, -М., Горячая линия-Телеком, 2010
2. Технологическая сингулярность [Текст]/М. Шанахан, -М. , Изд. группа "Точка", 2017

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

1. <http://web.stanford.edu/class/cs224n/>
2. <https://pytorch.org/>

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

Студенту для занятий потребуются:

1. Google Drive для доступа к материалам курса
2. Zoom
3. Ноутбук для участия в интерактивных занятиях

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

Студенту рекомендуется внимательно слушать лектора, следить за тем, что написано на доске или представлено на слайдах презентации, анализировать получаемую им информацию. В случае, если материал лекции непонятен, следует задать вопрос в отведенное для вопросов время. Студенту также рекомендуется конспектировать материал лекции в тетради, что улучшает запоминание.

При выполнении практических работ студенту рекомендуется внимательно анализировать поставленную задачу, уделяя особенное внимание критериям оценки точности решения задачи. Особенное внимание следует уделять методологическим аспектам решения задач.

При ведении самостоятельной работы студенту рекомендуется внимательно подходить к изучению научных статей, обращать внимание на значимость полученного результата, на требования к обучающей выборке, на скорость работы предлагаемых алгоритмов, на результаты их сравнения с существующими. В случае, если изучаемый материал понятен не до конца, рекомендуется обращение к дополнительной литературе.

Студенту рекомендуется внимательно анализировать вопросы в экзаменационном билете. Ответ на экзаменационный билет должен быть подробным и четким, все релевантные формулы должны быть приведены и пояснены. При ответе на вопрос студент должен проявить не столько умение запомнить материал, сколько глубокое его понимание. Рекомендуется избегать приведения в ответе материала, не относящегося к билету.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладная математика и информатика
профиль подготовки:	Науки о данных центр дополнительного, дополнительного профессионального и онлайн-образования "Пуск" центр дополнительного, дополнительного профессионального и онлайн-образования "Пуск"
курс:	<u>1</u>
квалификация:	магистр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Экзамен	
Разработчик:	К.А. Лапин, старший методист

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
ОПК-3 Способен разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности	ОПК-3.1 Умеет анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Владеет исследовательскими методами и способен использовать их при решении новых задач, применяя знания из различных областей науки (техники)
	ОПК-3.4 Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте
ОПК-4 Способен комбинировать и адаптировать существующие информационно-коммуникационные технологии для решения задач в области профессиональной деятельности	ОПК-4.1 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для поиска и анализа профессиональной информации, выделения в ней главного, структурирования, оформления и представления в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями
	ОПК-4.2 Умеет применять знание информационно-коммуникационных технологий для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Глубокое обучение в науках о данных» обучающийся должен:

знать:

- процедуры критического анализа, методики анализа результатов исследования и разработки стратегий проведения исследований, организации процесса принятия решения;
- современные коммуникативные технологии на государственном и иностранном языках;
- современное программное и аппаратное обеспечение информационных и автоматизированных систем;
- принципы, методы и средства анализа и структурирования профессиональной информации;
- методы и средства разработки программного обеспечения, методы управления проектами разработки программного обеспечения, способы организации проектных данных, нормативно-технические документы (стандарты и регламенты) по разработке программных средств и проектов;
- современные информационно-коммуникационные и интеллектуальные технологии, инструментальные среды, программно-технические платформы для решения профессиональных задач.

уметь:

- принимать конкретные решения для повышения эффективности процедур анализа проблем, принятия решений и разработки стратегий;
- применять на практике коммуникативные технологии, методы и способы делового общения;
- разрабатывать программное и аппаратное обеспечение информационных и автоматизированных систем для решения профессиональных задач;
- анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров;
- выбирать средства разработки, оценивать сложность проектов, планировать ресурсы, контролировать сроки выполнения и оценивать качество полученного результата;
- обосновывать выбор современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, разрабатывать оригинальные программные средства для решения профессиональных задач.

владеть:

- методами установления причинно-следственных связей и определения наиболее значимых среди них; методиками постановки цели и определения способов ее достижения; методиками разработки стратегий действий при проблемных ситуациях;
- навыками межличностного делового общения на государственном и иностранном языках, с применением профессиональных языковых форм и средств;
- методами модернизации программного и аппаратного обеспечения информационных и автоматизированных систем для решения профессиональных задач;
- навыками подготовки научных докладов, публикаций и аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями;
- методами разработки технического задания, составления планов, распределения задач, тестирования и оценки качества программных средств;
- методами разработки оригинальных программных средств, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач.

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

1. Введение в глубокое обучение. В чем преимущества?
2. Введение в глубокое обучение. Почему это стало возможным?
3. Архитектура нейронной сети. Нейрон.
4. Входы нейрона
5. Активация нейрона
6. Функция активации: Rectified Linear Unit
7. Веса нейронной сети
8. Многослойный персептрон
9. Обучение нейронной сети
10. Целевая функция для задачи регрессии
11. Целевая функция для задачи классификации
12. Функция Softmax
13. Стохастический градиентный спуск
14. Выбор количества элементов обучающей выборки для оценки вектора градиента (minibatch size)
15. Инициализация весов нейронной сети
16. Алгоритм обратного распространения
17. Вычисление частных производных для полносвязных слоев.
18. Сверточные нейронные сети.
19. Понятие свертки.
20. Архитектура сверточной нейронной сети
21. Receptive Field
22. Вычисление частных производных целевой функции в сверточных нейронных сетях.

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

1. Контрольная работа

Программная реализация многослойного персептрона для задачи классификации изображений:

1. Подготовить выборку изображений MNIST.
2. Реализовать считывание изображений.
3. Реализовать многослойный персептрон.
4. Реализовать вычисление целевой функции.
5. Реализовать процедуру обучения нейронной сети.
6. Обучить нейронную сеть на выборке MNIST.
7. Оценить точность на обучающей, валидационной и тестовой выборках.
8. Исследовать влияние архитектуры нейронной сети на точность классификации.
9. Реализовать сохранение параметров нейронной сети в файл.
10. Реализовать считывание из файла параметров нейронной сети.

2. Контрольная работа

Программная реализация сверточной нейронной сети для задачи классификации изображений:

1. Подготовить выборку изображений MNIST.
2. Реализовать считывание изображений.
3. Реализовать сверточную нейронную сеть.
4. Реализовать процедуру обучения сверточной нейронной сети с помощью градиентного спуска.
5. Обучить сверточную нейронную сеть на выборке MNIST.
6. Оценить точность на обучающей, валидационной и тестовой выборках.
7. Исследовать влияние количества сверточных слоев на точность классификации.
8. Реализовать сохранение параметров сверточной нейронной сети в файл.
9. Реализовать считывание из файла параметров сверточной нейронной сети.

3. Контрольная работа

Необходимо реализовать различные методы регуляризации нейронных сетей:

1. Реализовать метод регуляризации Weight Decay.
 2. Реализовать метод регуляризации Label Smoothing.
 3. Реализовать метод регуляризации Dropout.
 4. Реализовать метод регуляризации Batch Normalization.
 5. Реализовать метод регуляризации Weight Normalization.
 6. Реализовать метод Data Augmentation.
 7. Сравнить влияние реализованных методов на точность классификации.
 8. Исследовать влияние параметров реализованных методов на точность классификации.
- Исследовать эффект от одновременного применения реализованных методов регуляризации.
Исследовать эффект от каждого реализованного метода в зависимости от размера обучающей выборки.

Пример экзаменационных билетов:

Билет №1:

1. Введение в глубокое обучение. Что такое глубокое обучение
2. Цепное правило дифференцирования

Билет №2:

1. Метод Batch Normalization
2. Нейронные сети Residual Networks

Билет №3:

1. Рекуррентные нейронные сети Gated Recurrent Unit.
2. Сверточная нейронная сеть VGG.

Критерии оценивания

- оценка «отлично (10)» 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 (9)» выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений
- оценка «отлично (8)» выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение применять их на практике при решении конкретных задач, и правильное обоснование принятых решений
- оценка «хорошо (7)» 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 (6)» выставляется студенту, если он 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 знает материал, и, по существу, излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности;
- 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 владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации;
- оценка «удовлетворительно (3)» выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет фрагментарно основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации;
- оценка «неудовлетворительно (2)» выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач
- оценка «неудовлетворительно (1)» выставляется студенту, который не знает формулировок основных понятий дисциплины.

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

Промежуточная аттестация проходит в форме экзамена на lms.

Время, отведенное на экзамен, составляет 2 академических часа.