

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

УТВЕРЖДЕНО
Проректор по учебной работе

А.А. Воронов

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Фундаментальные принципы современного глубокого обучения
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Радиотехника и компьютерные технологии Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра проблем передачи информации и анализа данных
курс:	4
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 7 (осенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: М.Г. Беляев, канд. физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры проблем передачи информации и анализа данных 24.04.2023

Аннотация

В рамках курса обсуждаются основные концепции, лежащие в основе современных методов глубокого обучения. Основная цель курса - привить навыки работы с научной литературой, анализа современных методов машинного обучения, а также выявления открытых проблем и возможных способов их решения. Формат курса предполагает изучение и детальную проработку основных научных работ, определивших вид наиболее передовых методов детекции и сегментации объектов, классификации и генерации изображений.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

Дать понимание ключевых методов современного глубокого обучения и фундаментальных предпосылок, позволивших этим методам существенно превзойти подходы других типов в ряде задач анализа данных.

Задачи дисциплины

- изучение основных методов и алгоритмов глубокого обучения;
- детальное изучение научных работ, в которых были предложены методы, существенно повлиявшие на текущее состояние предметной области.

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 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-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:

- основные задачи, решаемые современными глубокими сетями;
- ключевые архитектуры сетей, используемые для решения основных задач;
- основные методы обучения глубоких нейронных сетей.

уметь:

- формулировать мотивацию авторов ключевых методов глубокого обучения;
- соотносить полученные экспериментальные результаты с исходной мотивацией;
- оценивать новизну предложенных алгоритмических решений.

владеть:

- навыком освоения большого объема информации;
- навыками постановки научно-исследовательских 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	Методы обучения глубоких сетей	6	6		6
2	Сверточные сети для классификации	6	6		6
3	Сверточные сети для сегментации и детектирования объектов	6	6		6
4	Генеративные модели	6	6		6
5	Методы для задач анализа видео, звука, медицинских изображений	6	6		6
Итого часов		30	30		30
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

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

Семестр: 7 (Осенний)

1. Методы обучения глубоких сетей

Обучение глубоких сверточных сетей. Нормализация батча для ускорения обучения. Методы стохастического отключения связей для повышения обобщающей способности сетей. Методы оптимизации параметров сети (включая метод Adam). Различные функции активации (включая ReLu, PReLu).

2. Сверточные сети для классификации

Эволюция сверточных сетей в конкурсе ImageNet. AlexNet - глубокая сверточная сеть, VGG - очень глубокая нейронная сеть, GoogleLeNet - опускаясь еще глубже. Остаточные соединения (resnet), их мотивация и сравнения с альтернативами. Resnet как способ построения ансамбля сверточных сетей.

3. Сверточные сети для сегментации и детектирования объектов

Методы семантической сегментации. Полносверточные сети Обучение иерархических признаков. Пространственный пирамидальный пулинг. Сегментация биомедицинских изображений (Unet, DeepMedic). Методы детектирования объектов на изображении. Эволюция подходов и их ускорение: Fast R-CNN, Faster R-CNN, Mask R-CNN.

4. Генеративные модели

Генеративно-состязательные сети и методы их обучения. Генеративно-состязательные сети Вассерштейна. Циклические генеративно-состязательные сети.

5. Методы для задач анализа видео, звука, медицинских изображений

Адаптированные архитектуры для анализа видео, звука, медицинских изображений, классификации лиц.

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

Учебная аудитория, оснащенная мультимедийным оборудованием (проектор или плазменная панель), доской.

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)

Фонд литературы базовой кафедры (организации):

1. Srivastava, R.K., Greff, K. and Schmidhuber, J., 2015. Training very deep networks. In Advances in neural information processing systems (pp. 2377-2385).
2. Ioffe, S. and Szegedy, C., 2015, June. Batch normalization: Accelerating deep network training by reducing internal covariate shift. In International conference on machine learning (pp. 448-456).
3. He, K., Zhang, X., Ren, S. and Sun, J., 2015. Delving deep into rectifiers: Surpassing human-level performance on imagenet classification. In Proceedings of the IEEE international conference on computer vision (pp. 1026-1034).

Дополнительная литература

Фонд литературы базовой кафедры (организации):

1. He, K., Zhang, X., Ren, S. and Sun, J., 2016. Deep residual learning for image recognition. In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition (pp. 770-778).
2. Veit, A., Wilber, M.J. and Belongie, S., 2016. Residual networks behave like ensembles of relatively shallow networks. In Advances in Neural Information Processing Systems (pp. 550-558).
3. He, K., Zhang, X., Ren, S. and Sun, J., 2016, October. Identity mappings in deep residual networks. In European Conference on Computer Vision (pp. 630-645). Springer, Cham. Vancouver
4. Girshick, R., 2015. Fast r-cnn. arXiv preprint arXiv:1504.08083.
5. Long, J., Shelhamer, E. and Darrell, T., 2015. Fully convolutional networks for semantic segmentation. In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition (pp. 3431-3440).

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.

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

На лекционных занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций. Используются электронные учебники.

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

Студент, изучающий дисциплину, должен, с одной стороны, овладеть общими понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике.

В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения, понятия, модели и методы глубокого обучения.

Успешное освоение курса требует напряженной самостоятельной работы студента. В программе курса отведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала (по конспектам занятий, учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенные для самостоятельного изучения, доказательство отдельных утверждений, свойств, решение задач;
- подготовка к дифференцированному зачёту.

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

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов следует обращаться за консультациями к лектору.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Радиотехника и компьютерные технологии Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра проблем передачи информации и анализа данных
курс:	4
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 7 (осенний) - Дифференцированный зачет

Разработчик: М.Г. Беляев, канд. физ.-мат. наук

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-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 «Фундаментальные принципы современного глубокого обучения» обучающийся должен:

знать:

- основные задачи, решаемые современными глубокими сетями;
- ключевые архитектуры сетей, используемые для решения основных задач;
- основные методы обучения глубоких нейронных сетей.

уметь:

- формулировать мотивацию авторов ключевых методов глубокого обучения;
- соотносить полученные экспериментальные результаты с исходной мотивацией;
- оценивать новизну предложенных алгоритмических решений.

владеть:

- навыком освоения большого объема информации;
- навыками постановки научно-исследовательских задач.

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

1. Обучение глубоких сверточных сетей.
2. Нормализация батча для ускорения обучения.
3. Методы стохастического отключения связей для повышения обобщающей способности сетей.
4. Методы оптимизации параметров сети (включая метод Adam).
5. Различные функции активации (включая ReLu, PReLu).

6. Эволюция сверточных сетей в конкурсе ImageNet.
7. AlexNet - глубокая сверточная сеть.
8. VGG - очень глубокая нейронная сеть.
9. GoogleLeNet - опускаясь еще глубже.
10. Остаточные соединения (resnet), их мотивация и сравнения с альтернативами.
11. Resnet как способ построения ансамбля сверточных сетей.
12. Методы семантической сегментации.
13. Полносверточные сети.
14. Обучение иерархических признаков.
15. Пространственный пирамидальный пулинг.
16. Сегментация биомедицинских изображений (Unet, DeepMedic).
17. Методы детектирования объектов на изображении.
18. Эволюция подходов и их ускорение: Fast R-CNN, Faster R-CNN, Mask R-CNN.
19. Генеративно-сопоставительные сети и методы их обучения.
20. Генеративно-сопоставительные сети Вассерштейна.
21. Циклические генеративно-сопоставительные сети.

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

1. Методы оптимизации параметров нейронных сетей.
2. Методы борьбы с переобучением.
3. Квалификация изображений.
4. Ключевые архитектуры для классификации изображений.
5. Основные методы решения задачи семантической сегментации.
6. Методы детектирования объектов.
7. Подходы к ускорению детектированию объектов.
8. Иерархическое представление признаков.
9. Методы для синтеза реалистичных изображений.
10. Методы для задач анализа видео, звука, медицинских изображений.
11. Адаптированные архитектуры для анализа видео, звука, медицинских изображений, классификации лиц.

Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - 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 баллов - 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 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, 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 баллов - 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 баллов - 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 баллов - 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 балла - 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 балла - 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 балла - 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 балл - 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 зачёт проводится в устной форме. При проведении дифференцированного зачёта обучающемуся предоставляется 20 минут на подготовку. Опрос обучающегося проводится в течение 30 минут.

Во время проведения дифференцированного зачёта обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также справочной литературой, вычислительной техникой и проч.