

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

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
прикладной математики и
информатики**

А.М. Райгородский

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Машинное обучение в компьютерном зрении
по направлению:	Информатика и вычислительная техника
профиль подготовки:	Прикладная математика и информатика Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики кафедра управляющих и информационных систем
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

1 (осенний) - Дифференцированный зачет

2 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 120 всего, в том числе:

лекции: 60 час.

семинары: 60 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 60 час.

Всего часов: 180, всего зач. ед.: 4

Количество контрольных работ, заданий: 2

Программу составил: В.А. Горбачев, канд. физ.-мат. наук, доцент

Программа обсуждена на заседании кафедры управляющих и информационных систем 14.03.2024

Аннотация

Целями освоения дисциплины "Машинное обучение в компьютерном зрении" являются получение знаний в области теории обучения машин, основных методов и алгоритмов решения задач обучения и овладение студентами навыками применения этих знаний в практической деятельности. Курс "Машинное обучение в компьютерном зрении" предназначен для тех, кто хочет изучить принципы и методы машинного обучения, применяемые в области компьютерного зрения. В рамках курса студенты узнают о различных подходах к обработке изображений, извлечению признаков, классификации объектов на изображениях, а также о применении глубокого обучения для решения задач компьютерного зрения.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- сформировать теоретические и практические знания в области обучения машин, современных методов восстановления зависимостей по эмпирическим данным, включая дискриминантный, кластерный и регрессионный анализ.

Задачи дисциплины

- правильно формулировать задачу в терминах машинного обучения;
- овладеть навыками практического решения задач интеллектуального анализа данных.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-2 Понимает и способен применить в научно-исследовательской и прикладной деятельности основные законы естествознания, современный математический аппарат и алгоритмы, современные информационно-коммуникационные технологии	ПК-2.1 Знает основы научно-исследовательской деятельности в области информационных технологий, владеет знанием основ философии и методологии науки; знанием методов научных исследований и навыками их проведения
	ПК-2.2 Умеет применять полученные знания в области фундаментальных научных основ теории информации и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности
	ПК-2.3 Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области информационно-коммуникационных технологий
	ПК-2.4 Владеет методами и алгоритмами решения задач цифровой обработки сигналов, использования сети Интернет, аннотирования, реферирования, библиографического поиска, опыт работы с научными источниками
ПК-3 Владеет навыками участия в научных дискуссиях, выступления с сообщениями и докладами устного, письменного и виртуального (размещение в информационных сетях) характера, представления материалов собственных исследований	ПК-3.1 Знает основы ведения научной дискуссии и формы устного научного высказывания
	ПК-3.2 Умеет вести корректную дискуссию в области информационных технологий задавать вопросы и отвечать на поставленные вопросы по теме научной работы
	ПК-3.3 Имеет практический опыт участия в научных студенческих конференциях, очных, виртуальных, заочных обсуждениях научных проблем в области информационных технологий
ПК-1 Готов к включению в профессиональное сообщество; способен	ПК-1.1 Знает принципы построения научной работы, методы сбора и анализа полученного материала, способы аргументации; владеет навыками подготовки научных обзоров, публикаций, рефератов и библиографий по тематике проводимых исследований на русском и английском языке

проводить под научным руководством локальные исследования на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности	ПК-1.2 Умеет решать научные задачи с пониманием существующих подходов к верификации моделей программного обеспечения в связи с поставленной целью и в соответствии с выбранной методикой
	ПК-1.3 Имеет практический опыт выступлений и научной аргументации при анализе объекта научной и профессиональной деятельности

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основы машинного обучения,
- устройство полносвязных, свёрточных, рекуррентных, генеративно-состязательных и спайковых нейронных сетей,
- оптимальные архитектуры для решения задач классификации, регрессии, детектирования и других - методы обучения нейронных сетей.

уметь:

- пользоваться библиотеками для конфигурации нейронных сетей,
- генерировать признаки по исходным данным в задаче машинного обучения,
- отбирать наиболее эффективные для конкретной задачи архитектуру нейронной сети и метод обучения.

владеть:

- навыком программирования на языке Python 3,
- навыком работы со средой Jupyter Notebook,
- библиотеки Keras, TensorFlow, PyTorch.

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	Свёрточные нейронные сети для обработки изображений.	10	10		10
2	Задача классификации изображений.	10	10		10
3	Трансфер знаний и дообучение.	10	10		10
4	Задача создания и преобразования изображений.	6	6		6
5	Распознавание скелетных и лицевых точек.	6	6		6
6	Атаки на сети.	6	6		6
7	Обработка видео.	6	6		6
8	Облегчение сетей.	6	6		6
Итого часов		60	60		60
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		180 час., 4 зач.ед.			

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

Семестр: 1 (Осенний)

1. Свёрточные нейронные сети для обработки изображений.

Слои Conv, Pool, ReLU, tanh, mish, swish. Нормализация BatchNorm, LayerNorm, InstanceNorm, GroupNorm, Оптимизаторы SGD, Nesterov, Adagrad, ADAM. Бинарная кросс-энтропия, мультиклассовая кросс-энтропия, фокальная функция потерь.

2. Задача классификации изображений.

Архитектуры для классификации изображений. Функции потерь. LeNet. AlexNet, VGG, GoogleNet. Inception, DenseNet, Resnet и его модификации (XResnet, ResNeXt, ResNeSt). Лёгкие сети. MobileNet, ShuffleNet, EfficientNet. Трансформеры в компьютерном зрении

3. Трансфер знаний и дообучение.

Проблема чувствительности к домену данных. Дистилляция знаний. Задача преобразования стиля. Задача детектирования объектов. SSD, YOLO. Механизм немаксимального подавления (NMS). RCNN, Fast RCNN, Faster R-CNN. Агрегация признаков. FPN, PAN, EfficientDet. YOLOv4. CenterNet. ATSS. Выбор положительных и отрицательных примеров. Задача межкадрового сопровождения объектов (трекинга). Проблема реидентификации. Основные алгоритмы. Подходы трекинга на базе детектирования и сквозные алгоритмы. Задача сегментации. U-net, PSPNet. DeepLab и её модификации. HRNet. Mask-RCNN

Семестр: 2 (Весенний)

4. Задача создания и преобразования изображений.

Генеративно-состязательные сети. StyleGAN. Условные GAN. Pix2pix. Pix2pixHD. Непарное обучение. CycleGAN, StarGAN. Вероятностные диффузные модели (DDPM). Улучшение изображений, Inpainting.

5. Распознавание скелетных и лицевых точек.

PoseNet. AlphaPose. CosFace, ArcFace, FaceNet, S3FD, RetinaFace, MTCNN. Triplet Loss, Contrastive loss.

6. Атаки на сети.

adversarial examples, adversarial attack. L-BFGS, FGSM, DeepFool, JSMA. PGD Model poisoning. evasion attack

7. Обработка видео.

Оптический поток и его предсказание. FlowNet. Модели для анализа видео. 3D свёртки и I3D. Синтез видео, DeepFake.

8. Облегчение сетей.

Обрезка. Квантование. Разделяемые и блочные свёртки. 2. Свёрточные нейронные сети. Архитектуры сетей для классификации. Механизм внимания. Архитектуры сетей для детектирования и трекинга. Трансформеры.

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

Учебная аудитория, оснащенная персональными компьютерами с доступом в сеть Internet.

6.Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

Фонд литературы кафедры

1. Базы знаний интеллектуальных систем [Текст] : учебное пособие для вузов / Т. А. Гаврилова, В. Ф. Хорошевский .— СПб. : Питер, 2000 .— 384 с.
2. Системы искусственного интеллекта [Текст] : [учеб. пособие для вузов] / Ж.-Л. Лорьер ; пер. с фр. под ред. В. Л. Стефанюка .— М. : Мир, 1991 .— 568 с

Дополнительная литература

Фонд литературы кафедры

1. Интеллектуальные информационные системы [Текст]/Ю. Я. Любарский, -М., Наука, 1990
2. Нейрокомпьютеры [Текст]. Кн. 3 : учеб. пособие для вузов / А. И. Галушкин .— М. : ИПРЖР, 2000 .— 528 с.

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

1. <http://www.machinelearning.ru> – профессиональный информационно-аналитический ресурс, посвященный машинному обучению, распознаванию образов и интеллектуальному анализу данных.
2. <http://shad.yandex.ru> – сайт школы анализа данных Яндекса.
3. <http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title>.

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

В процессе самостоятельной работы обучающихся предполагается использование таких программных средств, как Python, Jupyter Notebook, PyCharm.

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

Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой.

Для успешного освоения данной дисциплины студенту необходимо:

- посещать семинары;
- выполнять задания, задаваемые преподавателем на семинарах;
- написать промежуточную контрольную работу по дисциплине;
- написать итоговую контрольную работу по дисциплине.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Информатика и вычислительная техника
профиль подготовки:	Прикладная математика и информатика Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики кафедра управляющих и информационных систем
курс:	<u>1</u>
квалификация:	магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

- 1 (осенний) - Дифференцированный зачет
- 2 (весенний) - Дифференцированный зачет

Разработчик: В.А. Горбачев, канд. физ.-мат. наук, доцент

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-2 Понимает и способен применить в научно-исследовательской и прикладной деятельности основные законы естествознания, современный математический аппарат и алгоритмы, современные информационно-коммуникационные технологии	ПК-2.1 Знает основы научно-исследовательской деятельности в области информационных технологий, владеет знанием основ философии и методологии науки; знанием методов научных исследований и навыками их проведения
	ПК-2.2 Умеет применять полученные знания в области фундаментальных научных основ теории информации и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности
	ПК-2.3 Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области информационно-коммуникационных технологий
	ПК-2.4 Владеет методами и алгоритмами решения задач цифровой обработки сигналов, использования сети Интернет, аннотирования, реферирования, библиографического поиска, опыт работы с научными источниками
ПК-3 Владеет навыками участия в научных дискуссиях, выступления с сообщениями и докладами устного, письменного и виртуального (размещение в информационных сетях) характера, представления материалов собственных исследований	ПК-3.1 Знает основы ведения научной дискуссии и формы устного научного высказывания
	ПК-3.2 Умеет вести корректную дискуссию в области информационных технологий задавать вопросы и отвечать на поставленные вопросы по теме научной работы
	ПК-3.3 Имеет практический опыт участия в научных студенческих конференциях, очных, виртуальных, заочных обсуждениях научных проблем в области информационных технологий
ПК-1 Готов к включению в профессиональное сообщество; способен проводить под научным руководством локальные исследования на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности	ПК-1.1 Знает принципы построения научной работы, методы сбора и анализа полученного материала, способы аргументации; владеет навыками подготовки научных обзоров, публикаций, рефератов и библиографий по тематике проводимых исследований на русском и английском языке
	ПК-1.2 Умеет решать научные задачи с пониманием существующих подходов к верификации моделей программного обеспечения в связи с поставленной целью и в соответствии с выбранной методикой
	ПК-1.3 Имеет практический опыт выступлений и научной аргументации при анализе объекта научной и профессиональной деятельности

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Машинное обучение в компьютерном зрении» обучающийся должен:

знать:

- основы машинного обучения,
- устройство полносвязных, свёрточных, рекуррентных, генеративно-состязательных и спайковых нейронных сетей,
- оптимальные архитектуры для решения задач классификации, регрессии, детектирования и других - методы обучения нейронных сетей.

уметь:

- пользоваться библиотеками для конфигурации нейронных сетей,
- генерировать признаки по исходным данным в задаче машинного обучения,
- отбирать наиболее эффективные для конкретной задачи архитектуру нейронной сети и метод обучения.

владеть:

- навыком программирования на языке Python 3,
- навыком работы со средой Jupyter Notebook,
- библиотеки Keras, TensorFlow, PyTorch.

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.

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

Вопросы к дифференциальному зачёту в 9 семестре:

1. Напишите формулы, по которым, согласно алгоритму, дельта-правила корректируются синаптические веса и нейронные смещения.
2. Какая теорема считается самой доказанной в мире теоремой?
3. Дайте формулировку теоремы сходимости персептрона
4. Нарисуйте сигмоидную активационную функцию и напишите ее математическую формулу.
5. Чем сигмоидная функция активации лучше (или хуже) функции ступеньки?
6. Напишите формулу для вычисления квадратичной ошибки персептрона. От каких величин она зависит?
7. Дайте определение линейно неразделимых задач
8. Объясните, в чем состоит идея алгоритма обратного распространения ошибки? Отражает ли название алгоритма его идею?
9. Какую роль в методе обратного распространения ошибки выполняет коэффициент скорости обучения η ?
10. Сколько ваш персептрон должен иметь входов и выходов?

Вопросы к дифференцированному зачёту в 10 семестре:

1. Откуда нейросетевая система получает технические знания и в каком виде она их хранит в памяти?
2. Для чего нужно тестирующее множество примеров, и чем оно отличается от обучающего множества примеров?
3. В чем состоит задача оптимизации моделируемого объекта или процесса, и как она решается с помощью нейросетевых технологий?
4. В чем состоит задача прогнозирования свойств моделируемого объекта, явления или процесса, и как она решается с помощью нейросетевых технологий?
5. В чем состоит задача управления моделируемым объектом или процессом, и как она решается с помощью нейросетевых технологий?
6. В чем состоит задача распознавания (классификации) образов, и как она решается с помощью нейросетевых технологий?
7. Как на практике подбирается количество нейронов скрытых слоев персептрона?
8. Перечислите этапы создания нейросетевой математической модели предметной области.
9. Как формируется структура входного вектора X , и выходного вектора D ?
10. Перечислите способы формирования содержимого пар векторов X и D .
11. Как выполняется проектирование сети? 5. В чем состоит цель обучения сети, и как она достигается?
12. Назовите шесть причин, по которым сеть может не поддаваться обучению
13. Назовите преимущества и недостатки нейронной сети Фальмана—Либьера по сравнению с персептроном.

14. Назовите преимущества и недостатки радиально-базисной нейронной сети по сравнению с персептроном.
15. Назовите преимущества и недостатки нейронных сетей Эльмана, Хопфилда и Кохонена по сравнению с персептроном.
16. Дайте определение инварианта и приведите примеры инвариантов, известных вам из математики, физики.

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 зачет проводится с учетом итогов текущей успеваемости и сдачи заданий, самостоятельных и других видов работ, предусмотренных программой дисциплины. При подготовке и ответе разрешается использовать материалы, полученные в рамках курса обучения. При проведении дифференцированного зачёта обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку.